

**IDENTIFIKASI SENYAWA ANTIOKSIDAN EKSTRAK BATANG BAKAU
HITAM (*Rhizophora mucronata*) MENGGUNAKAN METODE 1,1-DIPHENYL-
2-PICRYLHIDRAZYL (DPPH)**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN**

**OLEH:
WAHYU NEVI RESTINA
NIM. 0610830086**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

**IDENTIFIKASI SENYAWA ANTIOKSIDAN EKSTRAK BATANG BAKAU
HITAM (*Rhizophora mucronata*) MENGGUNAKAN METODE 1,1-DIPHENYL-
2-PICRYLHIDRAZYL (DPPH)**

LAPORAN SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya Malang**

Oleh :

WAHYU NEVI RESTINA

NIM. 0610830086

Dosen Penguji I

(Ir. Bambang Budi Sasmito, MS)

NIP. 19570119 198601 1 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Hardoko, MS)

NIP. 19620108 198802 1 001

Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Prof. Dr. Ir. Eddy Suprayitno, MS)

NIP. 19591005 198503 1 004

Tanggal :

Dosen Pembimbing II

(Ir. Titik Dwi Sulistiyati, MP)

NIP. 19581231 198601 2 002

Tanggal :

**Mengetahui,
Ketua Jurusan**

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)

NIP. 19600322 198601 1 001

Tanggal:

RINGKASAN

WAHYU NEVI RESTINA. Skripsi tentang Identifikasi Senyawa Antioksidan Ekstrak Batang Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*) menggunakan Metode 1,1-diphenyl-2-picrylhidrazyl (DPPH) (di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Eddy Suprayitno, MS dan Ir. Titik Dwi Sulistiyati, MP).

Antioksidan adalah senyawa kimia yang dapat menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam. Penggunaan senyawa antioksidan selama ini sebagian besar berasal dari bahan-bahan kimia sintetik. Berdasarkan penelitian bahan-bahan tersebut dapat menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan. Sebagai alternatif pemecahannya dapat digunakan bahan-bahan alami yang mempunyai kelebihan karena lebih aman untuk dikonsumsi. Salah satu tanaman yang dilaporkan mengandung senyawa antioksidan adalah mangrove.

Tumbuhan mangrove mempunyai kecenderungan untuk mengakumulasi logam-logam berat yang terdapat dalam ekosistem tempat tumbuhnya. *Rhizophora mucronata* merupakan salah satu spesies mangrove. Menurut penelitian terdahulu kulit pohon *Rhizophora mucronata* ini banyak mengandung bahan tannin dan alkaloid. Senyawa alkaloid merupakan hasil metabolisme sekunder tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan.

Salah satu uji untuk menentukan aktivitas antioksidan penangkap radikal adalah metode DPPH (1,1 Diphenyl-2-picrylhidrazyl). Metode DPPH memberikan informasi reaktivitas senyawa yang diuji dengan suatu radikal stabil. DPPH memberikan serapan kuat pada panjang gelombang 517 nm dengan warna violet gelap.

Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah untuk mengetahui adanya aktivitas antioksidan dalam ekstrak kasar batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dan untuk mengetahui adanya perbedaan aktivitas antioksidan dari dua ekstrak metanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) yang diambil dari dua habitat yang berbeda.

Ekstraksi batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dilakukan dengan pelarut methanol pa. Metode ekstraksi yang digunakan yaitu ekstraksi maserasi selama 3x24 jam. Ekstrak pekat diuji aktivitas antioksidannya dengan metode DPPH, diuji kandungan fitokimia menggunakan reagen dan dianalisa lebih lanjut menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Selain itu juga dilakukan uji kadar logam Timbal (Pb) dan kualitas tanah pada kedua sampel. Aktivitas antioksidan batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dianalisis dengan regresi linear untuk mengetahui nilai IC_{50} .

Berdasarkan hasil skrining fitokimia, ekstrak metanol batang *R. mucronata* mengandung senyawa antioksidan alkaloid dan tanin. Pada uji DPPH, diketahui bahwa sampel Surabaya memiliki IC_{50} sebesar 162,06 ppm dan pada sampel Sendang Biru memiliki IC_{50} sebesar 118,66 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak sampel dan vitamin C mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat karena mempunyai IC_{50} kurang dari 200 ppm. Berdasarkan hasil GC-MS diketahui adanya senyawa yang diduga sebagai antioksidan adalah *Eugenol*, *Phenol*, *2-methoxy-4-(1-propenyl)-*, *(E)-* (CAS) *(E)-Isoeugenol*, *BHT* (*Butylene Hydroxy Toluene*), *Metoxyeugenol*, dan *Isoferulic acid*.

Dengan tingkat pencemaran yang berbeda, menunjukkan aktivitas antioksidan yang berbeda pula. Ekstrak yang berasal dari Sendang Biru lebih efektif sebagai penangkap radikal bebas dibandingkan ekstrak yang berasal dari Surabaya, dimana kandungan logam Pb di Surabaya lebih tinggi daripada di Sendang Biru.



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu penulis dapat menyajikan Laporan skripsi dengan judul **“Identifikasi Senyawa Antioksidan Ekstrak Batang Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*) menggunakan Metode 1,1-diphenyl-2-picrylhidrazyl (DPPH)”** disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Perikanan (S.Pi) Program Studi Teknologi Industri Hasil Perikanan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perikanan pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Di dalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi ekstraksi batang bakau *R.mucronata*, aktivitas antioksidannya dengan metode DPPH, IC_{50} dan skrining fitokimia ekstrak batang bakau *R.mucronata* dari perairan yang berbeda (Surabaya dan Sendang Biru), serta pengaruh pencemaran logam timbal (Pb) terhadap aktivitas antioksidannya.

Penulis menyadari adanya keterbatasan kemampuan dan pengetahuan di dalam menyusun skripsi ini. Oleh karenanya penulis sangat mengharapkan masukannya, baik berupa saran dan kritik yang membangun demi perbaikan skripsi ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Malang, Februari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
 1. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Kegunaan	7
1.5 Tempat dan Waktu	7
 2. TINJAUAN PUSTAKA	 8
2.1 Tanaman Bakau Hitam (<i>Rhizophora mucronata</i>)	8
2.2 Radikal Bebas	10
2.2.1 Pengertian Radikal Bebas	10
2.2.2 Efek Radikal Bebas	13
2.2.3 Sumber Radikal Bebas	14

2.3 Antioksidan	15
2.4 Mekanisme Antioksidan	17
2.5 Kandungan Kimia Tanaman yang Berpotensi sebagai Antioksidan	20
2.6 Uji Aktivitas Penangkap Radikal	21
2.7 Senyawa Fenol	23
2.8 Senyawa Flavonoid	25
2.9 Senyawa Alkaloid	28
2.10 Senyawa Tanin	29
2.11 Timbal dan Penyerapannya pada Tumbuhan	31
2.12 Unsur Hara Tanah	34
2.13 Spektrofotometer ultraviolet-visibel (UV-vis)	35
2.14 Gas Chromatography-Mass Spectrofotometer (GC-MS)	36
3. METODOLOGI	39
3.1 Materi Penelitian	39
3.1.1 Alat	39
3.1.2 Bahan	39
3.2 Metode Penelitian	39
3.3. Variabel Penelitian	40
3.4 Prosedur Penelitian	40
3.4.1 Ekstrak Methanol Batang Bakau Hitam	40
3.4.2 Uji Antioksidan dengan Metode DPPH	41

3.4.3 Uji GC-MS.....	43
3.4.4 Pemeriksaan Kandungan Kimia menggunakan Pereaksi Kimia.....	44
3.4.4.1 Uji Total Fenol (Metode Folin-Ciocalteu)	44
3.4.4.2 Uji Flavonoid (Hanani, <i>et al.</i> , 2005)	45
3.4.4.3 Uji Alkaloid (Hanani, <i>et al.</i> , 2005)	45
3.4.4.4 Uji Tanin (Farnsworth, 1966)	46
3.4.5 Uji Timbal (Pb) (Metode SSA)	47
3.4.6 Uji Kualitas Tanah	48
3.4.6.1 Uji N-total (Metode Kjeldahl)	48
3.4.6.2 Uji C - Organik.....	49
3.4.6.3 Fosfor Tersedia (Metode Olsen)	51
3.4.6.4 Tekstur.....	52
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Ekstraksi Batang <i>R. mucronata</i> dengan Pelarut Metanol.....	53
4.2 Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH	57
4.3 Skrining Fitokimia	62
4.4 Total Fenol	66
4.5 Timbal (Pb)	67
4.6 Kualitas Tanah	70
4.7 Senyawa yang Berpotensi sebagai Antioksidan dari Ekstrak Batang <i>R.mucronata</i>	73

5. PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	84



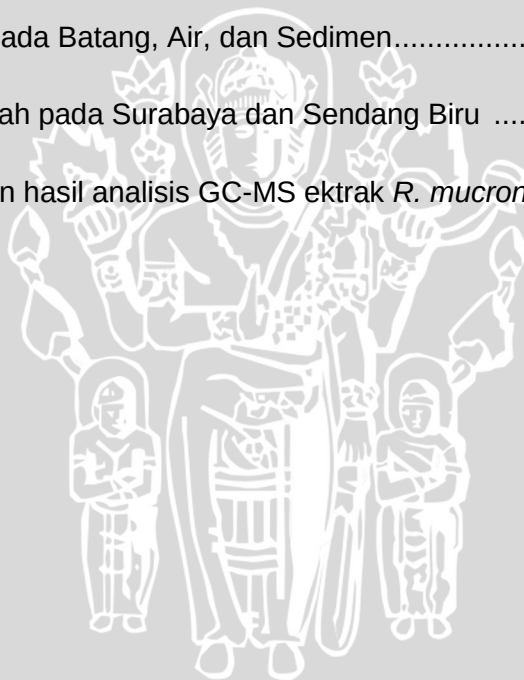
DAFTAR GAMBAR

No.	Gambar	Halaman
1.	Pohon <i>Rhizophora mucronata</i>	9
2.	Batang <i>Rhizophora mucronata</i>	10
3.	Mekanisme Transfer Hidrogen Senyawa Fenol.....	19
4.	Struktur Resonansi Radikal Bebas Fenol.....	19
5.	Mekanisme reaksi metode DPPH	22
6.	Hubungan Biosintesis Metabolit Primer menjadi Metabolit Sekunder	24
7.	Struktur flavonoid dengan aktivitas antiradikal yang tinggi	26
8.	Struktur tanin	30
9.	Diagram spektrofotometer UV-vis	36
10.	Diagram skematik instrumen GC Struktur	37
11.	Skema Metoda Spektrofotometri Massa	38
12.	Ekstrak Methanol Batang Bakau Hitam (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	41
13.	Uji Antioksidan dengan Metode DPPH.....	43
14.	Skema uji GC-MS	44
15.	Skema uji total fenol	44
16.	Uji Flavonoid (Hanani, et al., 2005)	45
17.	Skema uji alkaloid dengan pereaksi Mayer	46
18.	Skema uji alkaloid dengan pereaksi Wagner	46
19.	Skema uji tanin	47
20.	Skema uji timbal (Pb).....	48

21. Skema uji penentuan kadar N-total dalam sedimen	49
22. Skema uji penentuan kadar C - Organik dalam sedimen	51
23. Skema uji penentuan kadar fosfor tersedia dalam sedimen	52
24. Proses maserasi batang <i>R. mucronata</i> dengan pelarut methanol	55
25. Penyaringan ekstrak serbuk batang <i>R. mucronata</i>	55
26. Rotary evaporator	56
27. Hasil pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH	58
28. Perbandingan IC50 pada Sampel Surabaya, Sendang Biru, dan Vitamin C	61
29. Hasil skrining fitokimia	63
30. Reaksi dugaan antara alkaloid dengan pereaksi Meyer	63
31. Reaksi antara magnesium dengan asam klorida pekat	64
32. Perbandingan total fenol	66
33. Perbandingan Kadar Timbal (Pb) pada Batang, Air, dan Sedimen	68
34. Kromatogram GC-MS dari Ekstrak Batang Bakau Hitam (<i>Rhizophora mucronata</i>)	73
35. Struktur Eugenol	75
36. Struktur Isoeugenol.....	75
37. Struktur BHT (<i>Butyl hydroxy toluene</i>)	76
38. Rumus bangun <i>Metoxyeugenol</i> dan <i>Isoferulic acid</i>	77

DAFTAR TABEL

No.	Tabel	Halaman
1.	Tabel Parameter Pengukuran untuk Logam timbal (Pb).....	47
2.	Hasil ekstrak batang <i>Rhizophora mucronata</i>	56
3.	Hasil pengukuran absorbansi dengan spektrovotometer UV – Vis	59
4.	Nilai IC ₅₀ aktivitas antioksidan penangkap radikal DPPH	60
5.	Hasil skrining fitokimia ekstrak batang <i>Rhizophora mucronata</i>	62
6.	Kadar Timbal (Pb) pada Batang, Air, dan Sedimen.....	67
7.	Hasil uji kualitas tanah pada Surabaya dan Sendang Biru	71
8.	Senyawa antioksidan hasil analisis GC-MS ekstrak <i>R. mucronata</i>	74



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Lampiran	Halaman
1.	Grafik Hubungan antara Konsentrasi (ppm) dan % inhibisi Ekstrak Batang <i>Rhizophora mucronata</i>	84
2.	Hasil uji GC-MS ekstrak methanol batang <i>R.mucronata</i>	86
3.	Senyawa hasil GC-MS ekstrak methanol batang <i>R.mucronata</i>	115



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun belakangan ini telah banyak dilakukan penelitian untuk menemukan antioksidan dan antibakteri alami yang bersumber dari tanaman khususnya tanaman-tanaman asli Indonesia. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sejumlah ekstrak tanaman yang biasa digunakan sebagai bumbu dan obat tradisional, beberapa diantaranya berpotensi sebagai sumber antioksidan (Kresnawaty dan Zainuddin, 2009).

Dalam pengobatan secara tradisional, sebagian besar ramuan berasal dari tumbuhan, baik berupa akar, kulit batang, kayu, daun, bunga atau bijinya. Ada pula yang berasal dari organ binatang dan bahan-bahan mineral. Agar pengobatan secara tradisional dapat dipertanggung jawabkan maka diperlukan penelitian-penelitian ilmiah seperti penelitian-penelitian di bidang farmakologi, toksikologi, identifikasi dan isolasi zat kimia aktif yang terdapat dalam tumbuhan. Senyawa aktif pada tumbuhan umumnya dalam bentuk metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, kumarin, dll. Seperti metabolit sekunder lainnya, flavonoid mempunyai aktifitas beragam, diantaranya mempunyai efek sebagai antivirus, ant kanker, antiinflamasi, antioksidan, anti hepatoksik, anti diabetes dan juga sebagai pencelup tekstil (Adfa, 2005).

Antioksidan adalah senyawa kimia yang dapat menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam. Berdasarkan sumber perolehannya ada 2 macam antioksidan, yaitu antioksidan alami dan antioksidan buatan (sintetik). Tubuh manusia tidak mempunyai cadangan antioksidan dalam jumlah berlebih, sehingga jika terjadi paparan radikal berlebih maka tubuh membutuhkan antioksidan eksogen (antioksidan yang didapatkan di luar tubuh) (Kuncahyo dan Sunardi, 2007).

Penggunaan senyawa antioksidan yang berfungsi sebagai bahan pengawet dan untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi sehingga mencegah produk makanan dari kerusakan karena terpapar oleh udara dan cahaya. Berdasarkan penelitian bahan-bahan tersebut dapat menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan. Sebagai alternatif pemecahannya dapat digunakan bahan-bahan alami yang mempunyai kelebihan karena lebih aman untuk dikonsumsi (Widyawati, 2005). Salah satu tanaman yang dilaporkan mengandung senyawa antioksidan adalah mangrove.

Hutan mangrove atau disebut juga hutan bakau adalah hutan yang tumbuh di atas rawa-rawa berair payau yang terletak pada garis pantai dan dipengaruhi oleh pasang-surut air laut. Hutan ini tumbuh khususnya di tempat-tempat dimana terjadi pelumpuran dan akumulasi bahan organik. Baik di teluk-teluk yang terlindung dari gempuran ombak, maupun di sekitar muara sungai di mana air melambat dan mengendapkan lumpur yang dibawanya dari hulu.

Ekosistem hutan bakau bersifat khas, baik karena adanya pelumpuran yang mengakibatkan kurangnya aerasi tanah; salinitas tanahnya yang tinggi; serta mengalami daur penggenangan oleh pasang-surut air laut. Hanya sedikit jenis tumbuhan yang bertahan hidup di tempat semacam ini, dan jenis-jenis ini kebanyakan bersifat khas hutan bakau karena telah melewati proses adaptasi dan evolusi. Salah satu jenis mangrove yang menarik diteliti adalah *Rhizophora mucronata*. Menurut Sugiarto dan Ekariyono (2003), kulit pohon *Rhizophora mucronata* ini banyak mengandung bahan tannin.

Rhizophora mucronata sangat melimpah, biasanya berkelompok, pada tepi anak sungai yang pasang, di kuala dan pada daerah pantai rendah yang terendam air pasang normal dan harian. Pada umumnya menyukai tanah lumpur

dalam yang halus dan kaya akan humus dengan salinitas yang cocok dan sering tumbuh bagus di daerah iklim basah (Anonymous, 2010^a).

Air rebusan kulit batang dipakai untuk *astringen*, anti-diare dan anti muntah. Kulit batang yang sudah dilumatkan bila ditempelkan pada luka baru dapat menghentikan pendarahan luka. Gilingan daun muda yang dikunyah berfungsi untuk menghentikan pendarahan dan antiseptik (Kusmana, 2003). Kulit batang bakau mengandung senyawa alkaloid (Nursal dan Pasaribu, 2003). Ditambahkan oleh Purnobasuki (2004), sebagian besar bagian dari tumbuhan mangrove bermanfaat sebagai bahan obat. Ekstrak dan bahan mentah dari mangrove telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir untuk keperluan obat-obatan alamiah.

Aktivitas antioksidan yang dimiliki oleh senyawa metabolit sekunder tanaman sangat penting karena dapat berfungsi sebagai penangkap radikal bebas yang dapat melindungi dari penyakit kardiovaskuler, oksidasi lipoprotein densitas rendah dan beberapa penyakit kanker lainnya. Selain itu, juga diketahui memiliki peran dalam mekanisme pertahanan terhadap mikroorganisme, serangga dan herbivora. Aktivitas ini dimiliki karena kemampuannya membentuk kompleks dengan protein yang larut dan protein ekstraseluler, serta dapat membentuk kompleks dengan dinding sel bakteri sehingga dapat berfungsi sebagai antibakteri. Aktivitas antioksidan dan antibakteri ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan makanan yang akan menjaga makanan dari ketengikan dan kontaminasi bakteri (Kresnawaty dan Zainuddin, 2009).

Senyawa fenolik telah diketahui memiliki berbagai efek biologis seperti aktivitas antioksidan melalui mekanisme sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkhelat logam, peredam terbentuknya oksigen singlet, serta pendonor elektron (Pratimasari, 2009). Penggunaan senyawa antioksidan semakin berkembang ialah untuk makanan maupun untuk pengobatan seiring dengan

bertambahnya pengetahuan tentang aktivitas radikal bebas. Senyawa antioksidan merupakan suatu inhibitor yang digunakan untuk menghambat autooksidasi (Sriningsih, *et al.*, 2005). Antioksidan digunakan secara luas dalam industri makanan, industri farmasi, industri petroleum, industri karet dan sebagainya (Tahir, *et al.*, 2003).

Menurut Panjaitan (2009), mangrove yang tumbuh di muara sungai merupakan tempat penampungan bagi limbah-limbah yang terbawa aliran sungai. Mangrove memiliki kemampuan menyerap bahan-bahan organik dan non organik dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membrane sel. Proses ini merupakan bentuk adaptasi mangrove terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Beberapa unsur yang ditemukan di dalam tumbuh-tumbuhan ternyata dapat mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan, sebagai contoh adalah beberapa jenis logam berat seperti Al, Cd, Ag, dan Pb.

Mangrove yang tumbuh di muara sungai merupakan tempat penampungan bagi limbah-limbah yang terbawa aliran sungai. Mangrove memiliki kemampuan menyerap bahan-bahan organik dan non organik dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Proses ini merupakan bentuk adaptasi mangrove terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Aktivitas manusia dalam memanfaatkan kawasan pesisir seringkali menghasilkan limbah bahan pencemar yang dapat membahayakan kehidupan perairan laut dan secara khusus dapat mengganggu pertumbuhan komunitas mangrove yang ada di muara sungai (Panjaitan, 2009). Melalui akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air dan dapat pula berpengaruh pada mangrove itu sendiri (Amin, 2001).

Kawasan pantai timur Surabaya disebut termasuk dalam tiga kawasan lahan basah penting di Jawa Timur selain kawasan mangrove Ujung Pangkah dan hutan mangrove Taman Nasional Baluran. Kerusakan hutan mangrove di

kawasan pantai timur Surabaya disebabkan karena adanya konversi lahan dengan pembukaan hutan mangrove untuk keperluan pengembangan pemukiman, rekreasi, tanggul pantai dan pertambakan. Selain itu kerusakan hutan mangrove di kawasan pantai timur Surabaya juga disebabkan karena pencemaran limbah industri dan rumah tangga dari daerah hilir yang semakin tahun terus bertambah. Sampah terutama sampah plastik yang masuk ke daerah pesisir juga menjadi salah satu penyebab pertumbuhan vegetasi mangrove di pantai timur Surabaya terganggu. Industri yang tidak dilengkapi oleh sistem pengolahan limbah akan menghasilkan limbah yang mengandung logam (Anonymous, 2010^b).

Pada penelitian ini sebagai pembanding digunakan sampel batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) yang diambil dari pantai Sendang Biru, Malang dengan asumsi bahwa perairan di daerah tersebut masih bebas dari pencemaran logam berat karena di sekitar pantai Sendang Biru Malang tidak terdapat industri besar yang dapat mencemari perairan di pantai Sendang Biru. Pantai Sendang Biru merupakan salah satu kawasan mangrove di Jawa Timur yang terletak 69 km kearah selatan dari kota Malang. Tempatnya berada di kecamatan Sumber Manjing Wetan. Pantai Sendang Biru lebih dikenal sebagai tempat pendaratan dan pelelangan ikan kabupaten Malang (Anonymous, 2010^c).

Sehubungan dengan hal tersebut, maka dilakukan penelitian terhadap batang dari tanaman bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dari 2 perairan yang berbeda yang diduga potensial dalam menghasilkan bahan-bahan antioksidan. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan metoda efek penangkapan radikal bebas DPPH (*Diphenyl picryl hydrazil*) yang prinsipnya adalah penangkapan hidrogen dari antioksidan oleh radikal bebas. Dalam hal ini DPPH menjadi sumber radikal bebas, untuk dipertemukan dengan ekstrak batang dari tanaman bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) yang menjadi antioksidan

(Soeksmanto, *et al.*, 2007). Warna berubah dari violet menjadi kuning dan diikuti penurunan serapan pada panjang gelombang 517 nm. Adanya penurunan serapan tersebut maka aktivitas antioksidan penangkap radikal dapat diketahui (Sunarni, *et al.*, 2007).

1.2 Perumusan Masalah

1. Apakah ada senyawa antioksidan dari ekstrak metanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*)?
2. Apakah ada perbedaan aktivitas antioksidan dari dua ekstrak metanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) yang diambil dari dua habitat yang berbeda?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Untuk mengetahui adanya aktivitas antioksidan dalam ekstrak kasar batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*)
2. Untuk mengetahui adanya perbedaan aktivitas antioksidan dari dua ekstrak metanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) yang diambil dari dua habitat yang berbeda

1.4 Kegunaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membuktikan aktivitas penangkap radikal ekstrak ekstrak batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) sehingga dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengembangan obat-obat alami yang

baru sebagai pencegahan atau terapi terhadap berbagai penyakit degeneratif yang disebabkan oleh radikal bebas.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Laboratorium Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, dan Laboratorium Kimia Universitas Gadjah Mada pada bulan Desember 2010.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*)

Kedudukan dalam sistematika tumbuhan (taksonomi), tanaman bakau hitam mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Spesies	: <i>Rhizophora mucronata</i>

Rhizophora mucronata tumbuh di atas tanah lumpur. Lumpur tanah liat bercampur bahan organik merupakan tempat tumbuh yang paling umum bagi hutan bakau, selain tanah bergambut, lumpur dengan kandungan pasir yang tinggi, bahkan dominan pecahan karang, di pantai-pantai yang berdekatan dengan terumbu karang. Tanaman ini memiliki bunga berkelompok, 4 - 8 kuntum. Daun mahkotanya putih, berambut panjang hingga 9 mm. Buahnya bentuk telur, hijau kecoklatan, 5 – 7 cm. Mempunyai hipokotil besar, kasar dan berbintil, dengan panjang 36 – 70 cm. Leher kotiledon kuning jika matang. Batang memiliki diameter hingga 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan terdapat celah horizontal/memecah datar (Anonymous, 2010^d). Pohon *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon *Rhizophora mucronata* (Anonymous, 2010^d)

Pohon dengan ketinggian mencapai 27 m, jarang melebihi 30 m. Batang memiliki diameter hingga 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan terdapat celah horizontal. Akar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah. Kayunya digunakan sebagai bahan bakar dan arang. Tanin dari kulit kayu digunakan untuk pewarnaan, dan kadang-kadang digunakan sebagai obat dalam kasus hematuria (perdarahan pada air seni). Kadang-kadang ditanam di sepanjang tambak untuk melindungi pematang. (Anonymous, 2010^e).

Tumbuhan mangrove mengandung senyawa seperti *alkaloid*, *flavonoid*, *fenol*, *terpenoid*, *steroid* dan *saponin*. Golongan senyawa ini merupakan bahan obat-obatan modern. Kulit batang bakau mengandung senyawa alkaloid (Nursal dan Pasaribu, 2003). Batang *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Batang *Rhizophora mucronata* (Anonymous, 2010^d)

Hasil-hasil penelitian pada vegetasi mangrove menunjukkan mangrove cenderung mengakumulasi logam-logam berat yang terdapat pada ekosistem yang bersangkutan. Hal ini tidak lepas dari peranan mikroba-mikroba tanah yang membantu tumbuhan untuk mengakumulasi logam berat tersebut, baik mikroba yang mengonsumsi logam berat itu sendiri ataupun mikroba yang bersatu dengan jenis tanaman tertentu untuk mengakumulasi logam berat. Sebagian besar logam berat terjadi deposit di dinding sel-sel perakaran dan daun (Panjaitan, 2009).

2.2 Radikal Bebas

2.2.1 Pengertian Radikal Bebas

Radikal bebas adalah setiap senyawa kimia yang mempunyai satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan dalam strukturnya, sehingga bersifat tidak stabil dan sangat reaktif. Radikal bebas berada di dalam tubuh akibat proses respirasi aerobik dengan bentuk yang berbeda-beda, seperti superoksida, hidroksil, hidroperoksil, peroksil, dan alkoksil radikal. Peranan reaksi radikal bebas pada makhluk hidup telah menjadi objek penelitian yang banyak diminati. Secara

garis besar yang banyak dipahami, radikal bebas berperan penting pada kerusakan jaringan dan proses patologi dalam organisme hidup (Pribadi, 2009).

Radikal bebas sering kali dijumpai dalam bentuk oksigen yang reaktif. Molekul yang sangat reaktif ini, jika tidak kendalikan dapat merusak tubuh dan berperan terhadap timbulnya berbagai penyakit. Radikal bebas akan mengambil elektron dari molekul lain. Hal ini dapat menyebabkan pembentukan radikal bebas yang baru yang akan mencuri elektron dari molekul lainnya. Akibatnya, reaksi berantai ini akan terus berlanjut layaknya bola salju yang terus bergulir. Beberapa radikal bebas dapat bereaksi dengan struktur sel. Bila reaksi ini terus berlanjut berpotensi mengakibatkan kerusakan langsung atau kerusakan jangka panjang (Rohdiana, 2006).

Radikal bebas adalah atom atau gugus apa saja yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan. Karena jumlah elektron ganjil, maka tidak semua elektron dapat berpasangan. Suatu radikal bebas dapat bermuatan positif atau negatif, maka spesies semacam ini sangat reaktif karena adanya elektron tidak berpasangan. Radikal bebas disebut juga sebagai spesies oksigen yang reaktif (ROS), suatu istilah yang mencakup semua molekul yang berisi oksigen yang sangat reaktif. Istilah ROS merupakan radikal oksigen yang memusut seperti superoksida (O_2^-) dan hidroksil ($OH^\bullet$) dan juga spesies bukan radikal yang berasal dari oksigen seperti hidrogen peroksida (H_2O_2) singlet oksigen (1O_2) dan asam hipoklorus ($HOCl$) (Yuswantina, 2009).

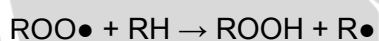
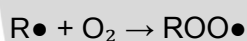
Untuk mencapai kestabilan atom atau molekul, radikal bebas akan bereaksi dengan molekul disekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron. Reaksi ini akan berlangsung terus menerus dalam tubuh dan bila tidak dihentikan akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, jantung, katarak, penuaan dini, serta penyakit degeneratif lainnya. Oleh karena itu tubuh memerlukan suatu substansi penting yaitu antioksidan yang mampu menangkap radikal bebas

tersebut sehingga tidak dapat menginduksi suatu penyakit (Andayani, *et al.*, 2008).

Menurut Pokorni, *et al.*, (2001), reaksi pembentukan radikal bebas merupakan mekanisme biokimia tubuh normal yang terjadi melalui reaksi yang langsung memutuskan ikatan atau melalui transfer elektron. Reaksi oksidasi lipid berlangsung dalam tiga tahap, yang pertama adalah inisiasi yang mana suatu radikal lipid terbentuk dari molekul lipid menurut reaksi :



Pengurangan atom hidrogen oleh spesies reaktif seperti radikal hidroksil berperan dalam inisiasi oksidasi lipid. Setelah inisiasi, reaksi propagasi (perambatan) terjadi yang mana dalam reaksi propagasi ini radikal lipid diubah menjadi radikal lipid yang berbeda. Reaksi ini umumnya melibatkan pengurangan atom hidrogen dari molekul lipid atau penambahan atom oksigen pada radikal alkil.



Tahap terakhir adalah reaksi terminasi. Dalam reaksi ini radikal bebas bergabung untuk membentuk molekul dengan elektron berpasangan.



Prekursor molekular untuk memulai proses tersebut umumnya merupakan produk hidroperoksida, sehingga peroksidasi lipid menyebabkan reaksi rantai dengan berbagai efek yang potensial merusak sel-sel tubuh.

2.2.2 Efek Radikal Bebas

Radikal bebas akan memicu efek patologis jika jumlahnya berlebihan. Radikal bebas yang berlebih dapat menyerang senyawa apa saja terutama yang rentan seperti lipid dan protein dan berimplikasi pada timbulnya berbagai penyakit degeneratif. Hal ini dapat terjadi sebagai akibat kurangnya antioksidan dalam tubuh, sehingga tidak mampu mengimbangi terjadinya produk oksidasi setiap saat (Yuswantina, 2009).

Radikal bebas bersifat reaktif, dan jika tidak diinaktifkan akan dapat merusak makromolekul pembentuk sel, yaitu protein, karbohidrat, lemak, dan asam nukleat, sehingga dapat menyebabkan penyakit degeneratif. Pada penelitian lebih lanjut telah diteliti bahwa sekitar 40 penyakit mencakup aterosklerosis, hipertensi, iskemik, Alzheimer, Parkinson, kanker dan peradangan disebabkan oleh radikal bebas (Pratimasari, 2009).

Radikal bebas dalam jumlah berlebih di dalam tubuh sangat berbahaya karena menyebabkan kerusakan sel, asam nukleat, protein dan jaringan lemak. Radikal bebas terbentuk di dalam tubuh akibat produk sampingan proses metabolisme ataupun karena tubuh terpapar radikal bebas melalui pernapasan (Praptiwi, *et al.*, 2006).

Selain itu, radikal bebas merupakan molekul yang relatif tidak stabil, memiliki elektron yang tidak berpasangan di orbital luarnya sehingga bersifat reaktif dalam mencari pasangan elektron. Jika terbentuk dalam tubuh, akan terjadi reaksi berantai dan menghasilkan radikal bebas baru yang jumlahnya terus bertambah. Radikal bebas yang berlebihan menyebabkan antioksidan seluler tidak dapat menetralkan sehingga berakibat pada kerusakan sel. Kondisi ini berimplikasi pada inisiasi dan progresi berbagai penyakit degeneratif seperti diabetes, kanker, inflamasi jaringan, kelainan imunitas, infark miokard dan penuaan dini (Sihombing, *et al.*, 2005).

Penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas bersifat kronis, yaitu dibutuhkan waktu bertahun-tahun untuk penyakit tersebut menjadi nyata. Radikal bebas yang mengambil elektron dari sel tubuh manusia dapat menyebabkan perubahan struktur DNA sehingga timbullah sel-sel mutan. Bila perubahan DNA ini terjadi bertahun-tahun, maka dapat menjadi penyakit kanker. Tubuh manusia, sebenarnya dapat menghasilkan antioksidan tetapi jumlahnya sering sekali tidak cukup untuk menetralkan radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh (Iswara, 2009).

2.2.3 Sumber Radikal Bebas

Radikal bebas (*Reactive oxygen species*) diproduksi secara kontinyu oleh tubuh manusia sebagai akibat dari proses metabolisme. Radikal bebas juga dapat terpapar dari lingkungan ke dalam tubuh (eksogen) melalui asap rokok, radiasi, polusi lingkungan, sinar ultra violet, obat-obatan tertentu, pestisida, dan ozon. Radikal bebas, baik yang eksogen maupun endogen merupakan etiologi penyakit degeneratif seperti jantung koroner, stroke, diabetes, dan kanker. Sumber radikal bebas dari dalam tubuh (endogen) diantaranya adalah: mitokondria, pembentukan arakidonat, inflamasi, reaksi yang melibatkan besi dan logam transisi, dan olah raga (Pribadi, 2009).

Radikal endogen terbentuk sebagai sisa proses metabolisme (proses pembakaran) protein, karbohidrat, dan lemak pada mitokondria, proses inflamasi atau peradangan, reaksi antara besi logam transisi dalam tubuh, fagosit, xantin oksidase, peroksisom, maupun pada kondisi iskemia. Beberapa contoh radikal bebas antara lain : anion superoksida ($\text{O}_2^{\bullet -}$), radikal hidroksil ($\text{OH}^{\bullet}$), nitril oksida ($\text{NO}^{\bullet}$), hidrogen peroksida (H_2O_2) dan sebagainya (Pratimasari, 2009). Radikal bebas terbentuk di dalam tubuh akibat produk sampingan proses metabolisme

ataupun karena tubuh terpapar radikal bebas melalui pernapasan (Praptiwi, *et al.*, 2006).

Tubuh menghasilkan radikal bebas sebagai hasil proses metabolisme. Olah raga, penyakit, dan pengobatan tertentu berpeluang meningkatkan jumlah radikal bebas dalam tubuh. Adakalanya tubuh dengan sengaja menghasilkan radikal bebas sebagai akibat dari respon sistem kekebalan tubuh. Serbuan bakteri dan mikroorganisme infeksius lainnya akan dihambat oleh sel darah putih khusus menggunakan radikal bebas yang berasal dari oksigen untuk membunuh senyawa potensial penyebab infeksi. Akan tetapi, jika radikal bebasnya terlalu berlebihan dan tidak sesuai dengan sistem keseimbangan dalam tubuh, maka radikal bebas akan berubah menjadi sosok yang menakutkan. Radikal bebas ini akan mendorong menurunnya akreditasi kesehatan tubuh (Rohdiana, 2006).

2.3 Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat spesies oksigen reaktif/spesies nitrogen reaktif (ROS/RNS) dan juga radikal bebas sehingga antioksidan dapat mencegah penyakit-penyakit yang dihubungkan dengan radikal bebas seperti karsinogenesis, kardiovaskuler dan penuaan. Antioksidan sintetik seperti BHA, (butyl hidroksi anisol), BHT (butil hidroksi toluen), PG (propil galat), dan TBHQ (*tert*-butil Hidrokuinon) dapat meningkatkan terjadinya karsinogenesis sehingga penggunaan antioksidan alami mengalami peningkatan (Rohman dan Riyanto, 2005).

Selain itu antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang mampu menunda, memperlambat atau menghambat reaksi oksidasi makanan atau obat. Antioksidan merupakan zat yang mampu melindungi sel melawan kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas (*Reactive Oxygen Species*), seperti singlet oksigen, superoksid, radikal peroksid dan radikal hidroksil. Antioksidan berlebih

dapat meningkatkan radikal bebas sehingga menimbulkan stress di tahap seluler yang dapat menyebabkan penyakit. Antioksidan mampu menembus ke dalam sel-sel dan menghalangi radikal bebas (Yuswantina, 2009).

Antioksidan adalah senyawa yang secara alami terdapat dalam hampir semua bahan makanan, karena bahan makanan dapat mengalami degradasi baik secara fisik maupun kimia sehingga fungsinya berkurang, untuk itu perlu ditambahkan antioksidan dari luar untuk melindungi bahan makanan dari reaksi oksidasi. Antioksidan diperlukan untuk mengawetkan makanan yang mengandung minyak atau lemak sehingga nilai gizi dari makanan itu tidak berkurang (Komayaharti dan Paryanti, 2000).

Beberapa senyawa yang bersifat sebagai antioksidan dan antiradikal antara lain adalah antosianin, flavon dan flavonol serta flavonoid. Flavonol memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dibanding jenis flavonoid lain. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan rangkap di antara C2 dan C3, serta gugus hidroksil pada posisi C3, yang berperan dalam menghambat proses oksidasi. Aktivitas antiradikal pada senyawa flavon dan flavonol, selain juga dipengaruhi oleh sebab di atas, juga oleh adanya gugus hidroksil yang terikat pada C-4'. Efektivitas senyawa dalam menangkap radikal bebas meningkat dengan adanya sistem orto-dihidroksi pada cincin B (Tahir, *et al.*, 2003).

Menurut Iswara (2009), berdasarkan fungsinya, antioksidan dapat dibagi menjadi :

- a. Tipe pemutus rantai reaksi pembentuk radikal bebas, dengan menyumbangkan atom H, misalnya vitamin E
- b. Tipe pereduksi, dengan mentransfer atom H atau oksigen, atau bersifat pemulung, misalnya vitamin C
- c. Tipe pengikat logam, mampu mengikat zat peroksidan, seperti Fe^{2+} dan Cu^{2+} , misalnya flavonoid

- d. Antioksidan sekunder, mampu mendekomposisi hidropersida menjadi bentuk stabil, pada manusia dikenal SOD, katalase, glutathione peroxidase.

Sunarni, *et al.*, (2007), menyatakan bahwa antioksidan merupakan senyawa yang mampu menghambat oksidasi molekul lain. Tubuh tidak mempunyai sistem pertahanan antioksidatif yang berlebihan, sehingga jika terjadi paparan radikal berlebih tubuh membutuhkan antioksidan eksogen. Kekhawatiran terhadap efek samping antioksidan sintetik maka antioksidan alami menjadi alternatif yang terpilih. Antioksidan alami mampu melindungi tubuh terhadap kerusakan yang disebabkan spesies oksigen reaktif, mampu menghambat penyakit degeneratif serta mampu menghambat peroksidasi lipid pada makanan. Beberapa tahun terakhir terjadi peningkatan minat untuk mendapatkan antioksidan alami. Studi menunjukkan senyawa fenolik seperti flavonoid mempunyai aktivitas antioksidan penangkap radikal.

2.4 Mekanisme Antioksidan

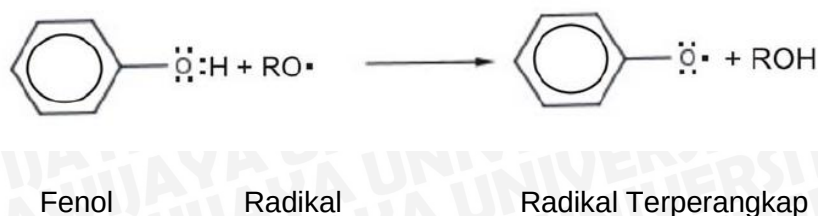
Oksidasi dapat dihambat oleh berbagai macam cara diantaranya mencegah masuknya oksigen, penggunaan temperatur yang rendah, inaktivasi enzim yang mengkatalis oksidasi, mengurangi tekanan oksigen dan penggunaan pengemas yang sesuai. Cara lain untuk melindungi terhadap oksigen adalah dengan menggunakan bahan tambahan spesifik yang dapat menghambat oksidasi yang secara tepat disebut dengan penghambat oksidasi (*oxidation inhibitor*), tetapi baru-baru ini lebih sering disebut antioksidan (Pokorni *et al.*, 2001).

Antioksidan adalah [molekul](#) yang berkemampuan memperlambat ataupun mencegah [oksidasi](#) molekul lain. Reaksi oksidasi dapat menghasilkan [radikal bebas](#) dan memicu [reaksi rantai](#), menyebabkan kerusakan sel tubuh. Antioksidan menghentikan reaksi berantai dengan melengkapi kekurangan elektron yang

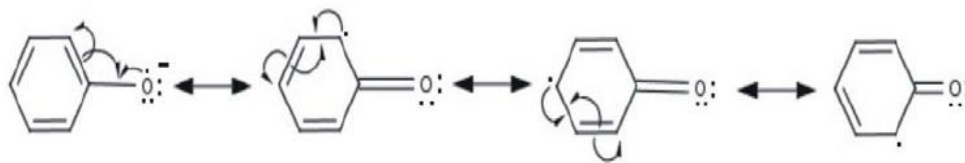
dimiliki [radikal bebas](#) dan menghambat reaksi oksidasi lainnya dengan sendirinya teroksidasi. Oleh karena itu, antioksidan sering kali merupakan [reduktor](#) seperti senyawa [tiol](#), [asam askorbat](#), ataupun [polifenol](#) (Anonymous, 2010^f).

Menurut Yuswantina (2009), berdasarkan mekanisme kerjanya antioksidan memiliki dua fungsi. Fungsi pertama merupakan fungsi utama dari antioksidan yaitu sebagai pemberi atom hidrogen. Antioksidan (AH) yang mempunyai fungsi utama tersebut sering disebut sebagai antioksidan primer. Senyawa ini dapat memberi atom hidrogen secara cepat ke radikal lipida ($R\cdot$, $ROO\cdot$) atau mengubahnya ke bentuk stabil, sementara turunan radikal antioksidan ($A\cdot$) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal lipid. Fungsi kedua merupakan fungsi sekunder antioksidan, yaitu memperlambat laju antioksidan dengan berbagai mekanisme di luar mekanisme pemutusan rantai oksidan dengan mengubah radikal lipida ke bentuk lebih stabil. Penambahan antioksidan (AH) primer dengan konsentrasi rendah pada lipida dapat menghalangi reaksi oksidasi pada tahap inisiasi maupun propagasi. Radikal-radikal antioksidan ($A\cdot$) yang terbentuk pada reaksi tersebut stabil dan tidak mempunyai cukup energi untuk dapat bereaksi dengan molekul lipida lain membentuk radikal lipida baru.

Secara kimiawi kerja antioksidan terdiri atas dua mekanisme saja yaitu transfer atom hidrogen dan transfer elektron tunggal. Adapun senyawa fenolik dapat menghambat radikal bebas dengan mekanisme sumbangan hidrogen dan stabilisasi resonansi (Gambar 3 dan 4) (Fessenden and Fessenden, 1986).



Gambar 3. Mekanisme Transfer Hidrogen Senyawa Fenol (Fessenden and Fessenden, 1986)



Gambar 4. Struktur Resonansi Radikal Bebas Fenol
(Fessenden and Fessenden, 1986)

Mekanisme yang paling penting adalah reaksi antara antioksidan dengan radikal bebas. Biasanya antioksidan bereaksi dengan radikal bebas peroksil atau hidroksil yang terbentuk dari hidroperoksida yang berasal dari lipid. Senyawa antioksidan lain dapat menstabilkan hidroperoksida menjadi senyawa non radikal. Peruraian hidroperoksida dapat dikatalisis oleh logam berat akibatnya senyawa-senyawa dapat mengkelat logam juga termasuk antioksidan. Beberapa senyawa disebut sinergis karena senyawa tersebut dengan sendirinya tidak mempunyai aktivitas antioksidan akan tetapi senyawa tersebut dapat meningkatkan aktivitas antioksidan senyawa lain. Kelompok lain adalah senyawa-senyawa yang mampu menguraikan hidroperoksida melalui jalur non radikal sehingga senyawa ini dapat mengurangi kandungan radikal bebas (Pokorni et al., 2001).

2.5 Kandungan Kimia Tanaman yang Berpotensi sebagai Antioksidan

Senyawa alami antioksidan tumbuhan umumnya adalah senyawa fenolik atau polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol. Senyawa ini diklasifikasikan dalam 2 bagian yaitu fenol sederhana dan polifenol (Yuswantina, 2009). Senyawa flavonoid dan polifenolat bersifat antioksidan, antidiabetik, antikanker, antiseptik, dan anti inflamasi,

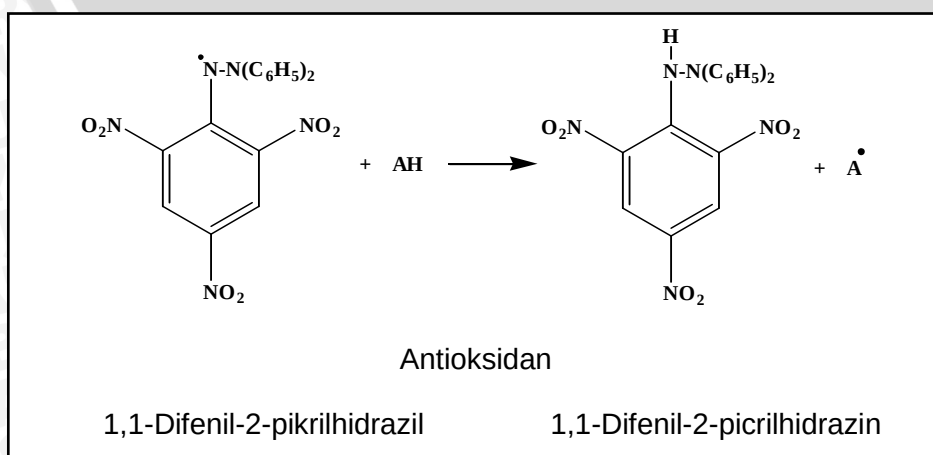
sedangkan senyawa alkaloid mempunyai sifat antineoplastik yang juga ampuh menghambat pertumbuhan sel-sel kanker (Suratmo, 2007).

Senyawa kimia yang tergolong dalam kelompok antioksidan dan dapat ditemukan pada tanaman, antara lain berasal dari vitamin C, vitamin E, β -karoten, katekin, dan resveratrol. Studi terbaru menunjukkan bahwa flavanoid dan polifenol juga memiliki kontribusi yang besar terhadap total aktifitas antioksidan dari suatu buah-buahan dan sayur-sayuran (Pribadi, 2009).

Beberapa senyawa metabolit baru-baru ini dengan struktur kimia dan tergolong salah satu diversitas dari kelas-kelas kimia telah dikarakterisasi dari tumbuhan mangrove dan tumbuhan asosiasinya. Di antara yang terbaru ditemukan adalah gugus substansi dari getah dan perekat sampai senyawa alkaloid dan saponin dan beberapa senyawa lainnya yang terkait dengan industri obat-obatan, seperti halnya: *derivate benzoquinone*, *naphthoquinone*, *naphthofurans*, *flavonoid*, *polyfenol*, *rotenone*, *flavoglican*, *sesquiterpene*, *di-* dan *triterpene*, *limonoid*, minyak esensial, sterols, karbohidrat, o-metil-inositol, gula, iridoid glikosida, alkaloid dan asam amino bebas, feromon, gibberellin, forbol ester, ketosiklik oksigen, senyawa sulfur, lemak dan hidrokarbon, alkohol alipatik rantai panjang dan lemak jenuh, asam lemak bebas termasuk PUFAs (asam lemak tak jenuh ganda) Selain itu mangrove kaya akan senyawa steroid, saponin, flavonoid dan tannin. Senyawa saponin dari tumbuhan adalah glikosida dari triterpene dan steroid, yang larut dalam air dan mempunyai kemampuan membentuk buih sabun bila dikocok di air. Saponin tumbuhan seperti halnya *dioscin*, bernilai komersial setelah ditemukan sebagai bahan untuk hormon steroid sintetis (Purnobasuki, 2004).

2.6 Uji Aktivitas Penangkap Radikal

Radikal bebas yang umumnya digunakan sebagai model dalam penelitian antioksidan atau peredam radikal bebas adalah 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Metode DPPH merupakan metode yang sederhana, cepat, dan mudah untuk skrening aktivitas penangkap radikal beberapa senyawa, selain itu metode ini terbukti akurat, reliabel dan praktis. Radikal DPPH adalah suatu senyawa organik yang mengandung nitrogen tidak stabil dengan absorbansi kuat pada λ max 517 nm dan berwarna ungu gelap. Setelah bereaksi dengan senyawa antioksidan, DPPH tersebut akan tereduksi dan warnanya akan berubah menjadi kuning. Perubahan tersebut dapat diukur dengan spektrofotometer, dan diplotkan terhadap konsentrasi. Penurunan intensitas warna yang terjadi disebabkan oleh berkurangnya ikatan rangkap terkonjugasi pada DPPH. Hal ini dapat terjadi apabila adanya penangkapan satu elektron oleh zat antioksidan, menyebabkan tidak adanya kesempatan elektron tersebut untuk beresonansi (Pratimasari, 2009). Mekanisme reaksi metode DPPH dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Mekanisme reaksi metode DPPH (Darmawan, 2004)

Uji daya antioksidan dengan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikril hidrazil) dimaksudkan untuk menguatkan aktivitas suatu senyawa uji (ekstrak metanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*)) sebagai antioksidan karena sebagaimana diketahui daya antioksidan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode. Meskipun suatu senyawa uji menunjukkan daya antioksidan yang tinggi dengan salah satu metode, tidak selalu akan memberikan hasil yang sama baiknya dengan menggunakan metode lainnya sehingga disarankan untuk mengukur daya antioksidan dengan berbagai macam metode. DPPH merupakan radikal sintetik yang larut dalam pelarut polar seperti metanol dan etanol. DPPH merupakan radikal yang stabil yang dapat diukur intensitasnya pada panjang gelombang 515 nm (Rohman dan Riyanto, 2005).

Senyawa 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) adalah sebuah molekul yang mengandung senyawa radikal bebas yang stabil. Keberadaan sebuah antioksidan yang mana dapat menyumbangkan elektron kepada DPPH, menghasilkan warna kuning yang merupakan ciri spesifik dari reaksi radikal DPPH (Pribadi, 2009).

2.7 Senyawa Fenol

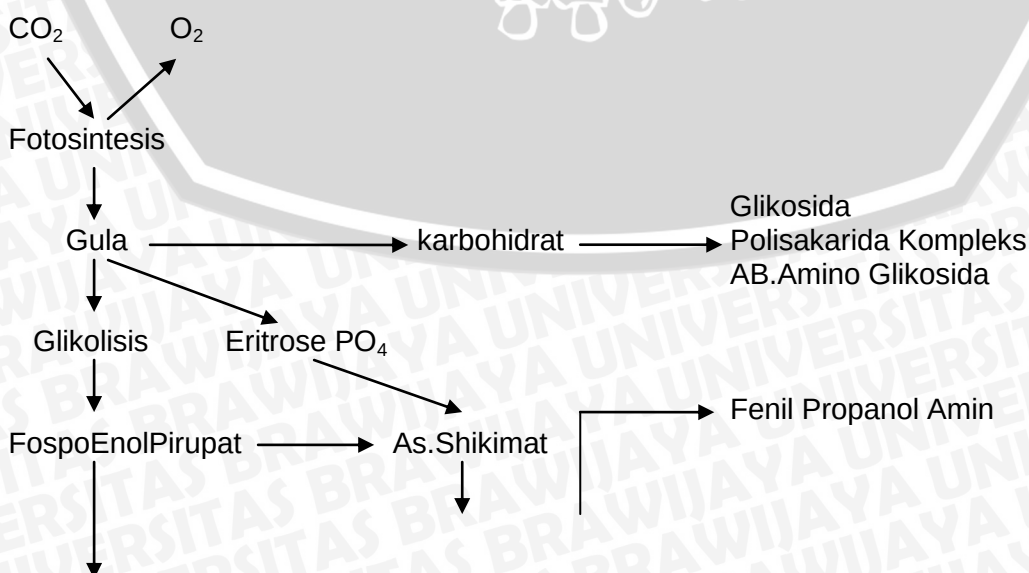
Dalam Wikipedia (2010^c), metabolit sekunder adalah senyawa [metabolit](#) yang tidak esensial bagi pertumbuhan organisme dan ditemukan dalam bentuk yang unik atau berbeda-beda antara spesies yang satu dan lainnya. Setiap organisme biasanya menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang berbeda-beda, bahkan mungkin satu jenis senyawa metabolit sekunder hanya ditemukan pada satu [spesies](#) dalam suatu [kingdom](#). Senyawa ini juga tidak selalu

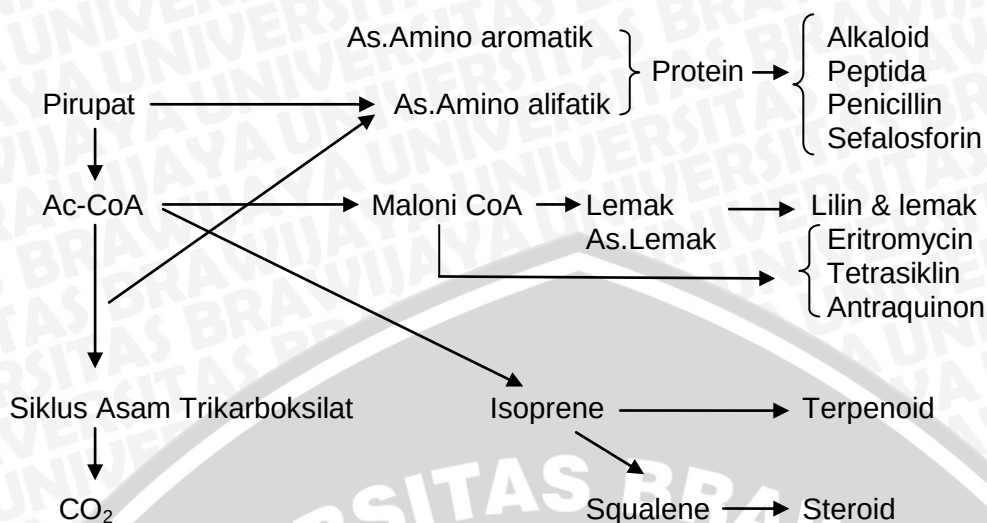
dihasilkan, tetapi hanya pada saat dibutuhkan saja atau pada fase-fase tertentu.

Senyawa metabolit sekunder diklasifikasikan menjadi 3 kelompok utama, yaitu:

- Terpenoid (Sebagian besar senyawa terpenoid mengandung karbon dan hidrogen serta disintesis melalui jalur metabolisme asam mevalonat) Contohnya monoterpena, seskuiterpena, diterpena, triterpena, dan polimer terpena.
- Fenolik (Senyawa ini terbuat dari gula sederhana dan memiliki cincin benzena, hidrogen, dan oksigen dalam struktur kimianya). Contohnya asam fenolat, kumarina, lignin, flavonoid, dan tanin.
- Senyawa yang mengandung nitrogen. Contohnya alkaloid dan glukosinolat.

Pada dasarnya metabolit sekunder yang terdapat pada bahan alam merupakan hasil metabolit primer yang mengalami reaksi yang spesifik sehingga menghasilkan senyawa-senyawa tertentu. Berikut ini adalah bagan yang menunjukkan hubungan antara metabolit primer dengan metabolit sekunder :





Gambar 6. Hubungan Biosintesis Metabolit Primer menjadi Metabolit Sekunder (Nadjeeb Wordpress, 2010)

Fenol adalah senyawa dengan suatu gugus OH yang terikat pada cincin aromatik (Fessenden dan Fessenden, 1982). Fenolik merupakan metabolit sekunder yang tersebar dalam tumbuhan. Senyawa fenolik dalam tumbuhan dapat berupa fenol sederhana, antraquinon, asam fenolat, kumarin, flavonoid, lignin dan tanin (Harborne, 1987). Senyawa fenolik telah diketahui memiliki berbagai efek biologis seperti aktivitas antioksidan melalui mekanisme sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkkelat logam, peredam terbentuknya oksigen singlet serta pendonor elektron (Pratimasari, 2009).

Senyawa asam fenolat ada hubungannya dengan lignin terikat sebagai ester atau terdapat pada daun di dalam fraksi yang tidak larut dalam etanol atau mungkin terdapat dalam fraksi yang larut dalam etanol, yaitu sebagai glikosida sederhana. Lignin ialah polimer fenol yang terdapat dalam dinding sel tumbuhan, yang bersama selulosa, menyebabkan kekakuan dan kekokohan batang tumbuhan. Lignin terutama terdapat pada tumbuhan berkayu karena sampai 30% bahan organik pepohonan terdiri atas zat ini. Bila dioksidasi dengan nitrobenzene, lignin menghasilkan tiga aldehida fenol sederhana yang ada kaitannya dengan asam fenolat tumbuhan umum (Harbrone,1987).

2.8 Senyawa Flavonoid

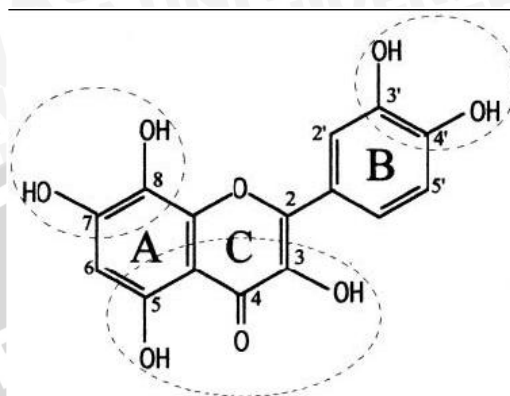
Senyawa flavonoid adalah suatu kelompok fenol yang terbesar ditemukan di alam. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu, dan biru dan sebagai zat warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan (Lenny, 2006). Flavonoid adalah suatu antioksidan alam dan mempunyai aktivitas biologis, antara lain sebagai antioksidan yang dapat menghambat berbagai reaksi oksidasi, serta mampu bertindak sebagai pereduksi radikal hidroksil, superoksida dan radikal peroksil (Soeksmanto, *et al.*, 2007).

Flavonoid merupakan salah satu dari sekian banyak senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh suatu tanaman, yang bisa dijumpai pada bagian daun, akar, kayu, kulit, tepung sari, bunga dan biji. Secara kimia, flavonoid mengandung cincin aromatik tersusun dari 15 atom karbon dengan inti dasar tersusun dalam konjugasi C6-C3-C6 (dua inti aromatik terhubung dengan 3 atom karbon) (10, 11). Keberadaan cincin aromatik menyebabkan pitanya terserap kuat pada daerah panjang UV-vis (Sriningsih, 2005).

Senyawa-senyawa polifenol seperti flavonoid dan galat mampu menghambat reaksi oksidasi melalui mekanisme penangkapan radikal (*radical scavenging*) dengan cara menyumbangkan satu elektron pada elektron yang tidak berpasangan dalam radikal bebas sehingga banyaknya radikal bebas menjadi berkurang. Flavonoid merupakan inhibitor yang kuat terhadap peroksidasi lipid, sebagai penangkap spesies oksigen atau nitrogen yang reaktif, dan juga mampu menghambat aktivitas enzim lipooksigenase dan siklooksigenase (Rohman dan Riyanto, 2005).

Di dalam tumbuhan flavonoid biasanya berikatan dengan gula sebagai glikosida. Molekul yang berikatan dengan gula tadi disebut glikon. Aglikon flavonoid adalah polifenol, oleh karena itu mempunyai sifat fenol. Flavonoid

mudah mengalami perusakan karena panas, kerja enzim dan pH (Yuswantina, 2009). Struktur flavonoid dengan aktivitas antiradikal yang tinggi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur flavonoid dengan aktivitas antiradikal yang tinggi (Yuswantina, 2009)

Flavonoid berperan sebagai antikanker, antiviral, antiinflamasi, mengurangi resiko penyakit kardiovaskuler dan penangkapan radikal bebas. Kekuatan aktivitas antioksidan dari flavonoid bergantung pada jumlah dan posisi dari gugus OH yang terdapat pada molekul. Semakin banyak substitusi gugus hidroksi pada flavonoid, maka aktivitas antiradikalnya semakin besar. Adanya gugus orto-katekol (3'4'-OH) pada cincin B flavonoid merupakan faktor penentu kapasitas antioksidan yang tinggi (Pratimasari, 2009).

Flavonoid merupakan senyawa polar karena mempunyai sejumlah gugus hidroksil yang tak tersulih atau suatu gula, sehingga akan larut dalam pelarut polar seperti etanol, metanol, butanol, aseton, dimetilsulfoksida, dimetilformamida, dan air. Adanya gula yang terikat pada flavonoid cenderung menyebabkan flavonoid lebih mudah larut dalam air dan dengan demikian campuran pelarut di atas dengan air merupakan pelarut yang lebih baik untuk glikosida. Analisa flavonoid lebih baik dengan memeriksa aglikon yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan yang telah dihidrolisis sebelum memperhatikan kerumitan glikosida yang ada dalam ekstrak asal (Sjahid, 2008).

Flavonoid sebagian besar senyawanya di alam ditemukan dalam bentuk glikosida, di mana unit flavonoid terikat pada suatu gula. Glikosida adalah kombinasi antara suatu gula dan suatu alkohol yang saling berikatan melalui ikatan glikosida. Pada prinsipnya, ikatan glikosida terbentuk apabila gugus hidroksil dari alkohol beradisi dengan gugus karbonil pada gula. Suatu glikosida akan terurai kembali atas komponen-komponennya menghasilkan gula dan alkohol yang sebanding ketika flavonoid dihidrolisa oleh asam. Alkohol yang dihasilkan disebut aglikon, sehingga dengan penambahan HCl pekat dapat menghidrolisis flavonoid dan glikosida terurai kembali. Residu gula dari glikosida flavonoid adalah glukosa, ramnosa, galaktosa dan gentiobiosa sehingga glikosida tersebut masing-masing disebut dengan glukosida, ramnosida, galaktosida dan gentiobiosa. Uji flavonoid dilakukan dengan penambahan magnesium dan asam klorida pekat. Reaksi antara magnesium dengan asam klorida pekat menghasilkan warna merah muda, membentuk senyawa kompleks (Taofik, 2010).

2.9 Senyawa Alkaloid

Alkaloid adalah sebuah golongan senyawa [basa](#) bernitrogen yang kebanyakan [heterosiklik](#) dan terdapat di [tumbuhan](#) (tetapi ini tidak mengecualikan senyawa yang berasal dari [hewan](#)). Asam amino, peptida, protein, nukleotid, asam nukleik, gula amino dan antibiotik biasanya tidak digolongkan sebagai alkaloid. Dan dengan prinsip yang sama, senyawa netral yang secara biogenetik berhubungan dengan alkaloid termasuk digolongkan ini (Wikipedia^b, 2010). Batasan mengenai alkaloid seperti dinyatakan di atas perlu dikaji dengan hati-hati. Karena banyak senyawa heterosiklik nitrogen lain yang ditemukan di alam bukan termasuk alkaloid. Misalnya pirimidin dan asam nukleat, yang kesemuanya itu tidak pernah dinyatakan sebagai alkaloid (Widodo, 2007).

Alkaloid merupakan golongan zat tumbuhan sekunder terbesar yang bersifat basa dan mengandung satu atau lebih atom nitrogen, sering kali beracun bagi manusia, mempunyai fungsi fisiologis yang menonjol dan digunakan secara luas dalam bidang pengobatan. Alkaloid diekstraksi dengan pelarut yang bersifat asam lemah (HCl 2,5%) dengan metode asam basa (Minarti, 2002).

Selanjutnya dalam *Meyer's Conversation Lexicons* tahun 1896 dinyatakan bahwa alkaloid terjadi secara karakteristik di dalam tumbuh-tumbuhan, dan sering dibedakan berdasarkan kereaktifan fisiologi yang khas. Senyawa ini terdiri atas karbon, hidrogen, dan nitrogen, sebagian besar diantaranya mengandung oksigen. Sesuai dengan namanya yang mirip dengan alkali (bersifat basa) dikarenakan adanya sepasang elektron bebas yang dimiliki oleh nitrogen sehingga dapat mendonorkan sepasang elektronnya. Kesulitan mendefinisikan alkaloid sudah berjalan bertahun-tahun. Definisi tunggal untuk alkaloid belum juga ditentukan (Widodo, 2007).

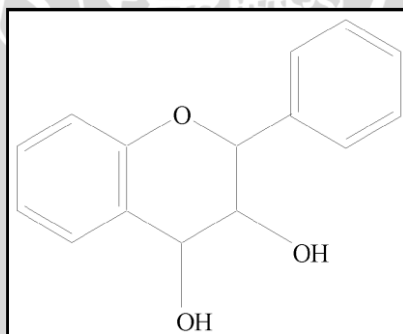
Hampir semua alkaloida yang ditemukan di alam mempunyai keaktifan biologis tertentu, ada yang sangat beracun tetapi ada pula yang sangat berguna dalam pengobatan. Misalnya kuinin, morfin, dan stiknin adalah alkaloida yang terkenal dan mempunyai efek fisiologis dan psikologis. Alkaloida dapat ditemukan dalam berbagai bagian tumbuhan seperti biji, daun, ranting, dan kulit batang. Alkaloida dapat ditemukan dalam kadar yang kecil dan harus dipisahkan dari campuran senyawa yang rumit yang berasal dari jaringan tumbuhan (Lenny, 2006).

Alkaloida pada umumnya merupakan senyawa padat, berbentuk kristal atau *amorf*, tidak berwarna dan mempunyai rasa pahit. Dalam bentuk bebas alkaloida merupakan basa lemah yang sukar larut dalam air tetapi mudah larut dalam pelarut organik. Untuk identifikasi biasanya dilakukan dengan menggunakan larutan pereaksi yang dapat membentuk endapan dengan

alkaloida, misalnya pereaksi Meyer, Dragendorf, dan lain-lain (Lumbanraja, 2009).

2.10 Senyawa Tanin

Tanin dapat dijumpai pada hampir semua jenis tumbuhan hijau di seluruh dunia baik tumbuhan tingkat tinggi maupun tingkat rendah dengan kadar dan kualitas yang berbeda-beda. Di Indonesia sumber tanin antara lain diperoleh dari jenis bakau-bakauan atau jenis-jenis dari hutan tanaman industri. Tanin adalah polifenol alami yang selama ini banyak digunakan sebagai bahan perekat tipe eksterior, yang terutama terdapat pada bagian kulit kayu. Tanin memiliki sifat antara lain dapat larut dalam air atau alkohol karena tanin banyak mengandung fenol yang memiliki gugus OH, dapat mengikat logam berat, serta adanya zat yang bersifat anti rayap dan jamur (Risnasari, 2002). Struktur tanin dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini :



Gambar 8. Struktur tanin (Harborne, 1984)

Menurut Harborne (1987), tanin terdapat luas dalam tumbuhan berpembuluh, dalam angiospermae terdapat khusus dalam jaringan kayu. Tanin dapat bereaksi dengan protein membentuk kepolumer mantap yang tidak larut dalam air. Dalam industri, tanin adalah senyawa yang berasal dari tumbuhan, yang mampu mengubah kulit hewan yang mentah menjadi kulit siap pakai karena

kemampuannya menyambung silang protein. Secara kimia terdapat dua jenis utama tanin yaitu :

1. Tanin terkondensasi

Tanin terkondensasi terbentuk dengan cara kondensasi katekin tunggal (galokatekin) yang membentuk senyawa dimer dan oligomer yang lebih tinggi. Ikatan karbon-karbon menghubungkan satu satuan flavon dengan satuan berikutnya melalui ikatan 4-8 atau 6-8. Kebanyakan flavolan mempunyai 2-20 satuan flavon. Tanin terkondensasi disebut juga dengan proantosianidin karena bila direaksikan dengan asam panas, beberapa ikatan karbon-karbon penghubung satuan terputus dan dibebaskanlah monomer antosianidin.

2. Tanin terhidrolisis

Terdiri dari dua kelas yaitu:

a. Depsida galoilglukosa

Pada senyawa ini, inti yang berupa glukosa dikelilingi oleh lima gugus ester galoil atau lebih.

b. Dimer asam galat

Inti molekul berupa senyawa dimer asam galat, yaitu asam heksahidroksidifenat yang berikatan dengan glukosa. Tanin terhidrolisis disebut juga elagitanin yang pada hidrolisis menghasilkan asam galat

Senyawa tanin merupakan senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan yang bersifat sebagai antibakteri, memiliki kemampuan menyamak kulit dan juga dikenal sebagai astringensia. Dari sifat antibakteri senyawa tanin, maka tanin dapat digunakan sebagai obat antiradang, antidiare, pengobatan infeksi pada kulit dan mulut, dan pengobatan luka bakar. Oleh karena itu, tanin sebagai antibakteri dapat digunakan dalam bidang pengobatan (Robinson, 1995).

Sebagaimana senyawa fenol lainnya, tanin menghasilkan warna hijau kebiruan dengan besi (III) klorida. Terjadinya pembentukan warna ini disebabkan karena terbentuknya senyawa kompleks antara logam Fe dan tanin. Senyawa kompleks terbentuk karena adanya ikatan kovalen koordinasi antara ion/atom logam dengan atom non-logam (Taofik, 2010).

2.11 Timbal dan Penyerapannya pada Tumbuhan

Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat. Melalui akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air dan dapat pula berpengaruh pada mangrove itu sendiri (Amin, 2001).

Hardini (2009) menyebutkan bahwa mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, sebagai berikut :

1. Penyerapan oleh akar.

Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.

2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain.

Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.

3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan.

Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Logam berat dapat terakumulasi dalam media dan dengan cepat diserap oleh tanaman, walaupun berada pada konsentrasi yang sangat rendah, logam berat dapat bersifat toksik. Konsentrasi logam berat yang tinggi di dalam media dapat masuk ke dalam rantai makanan dan berpengaruh buruk pada organisme. Lokalisasi, translokasi dan akumulasi merupakan mekanisme penyerapan oleh tanaman ketika mengambil logam, ditinjau dari mekanisme penyerapan. Penyerapan tersebut dapat diartikan bahwa kemampuan tanaman dalam lokalisasi logam pada sel dan jaringan sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti di akar dan dilanjutkan translokasi logam dari akar ke organ lain, yaitu batang dan daun (Priyanto dan Prayitno, 2007).

Logam yang diserap dari media oleh sel-sel akar akan mengikuti aliran transpirasi yang diatur oleh penyerapan air dari daun sehingga sebagian besar air dan logam tersebut akan mencapai daun, sedangkan akumulasi, logam yang diserap oleh tanaman akan membentuk mekanisme sel akan ikut terserap bersamaan dengan air yang dibutuhkan sebagai nutrisi (Lasat, 2000).

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besardari 5 gr/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7. Sebagian logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan zat pencemar yang berbahaya (Marganof, 2003).

Timbal (Pb) merupakan unsur yang tidak esensial bagi tanaman, kandungannya berkisar antara 0,1-10 ppm, dan kandungan timbal dalam

tanaman untuk berbagai jenis secara normal berkisar 0,5-3,0 ppm. Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar timbal tanaman yaitu jangka waktu tanaman kontak dengan timbal, kadar timbal dalam tanah, morfologi dan fisiologi tanaman, umur tanaman dan faktor yang mempengaruhi areal seperti banyaknya tanaman penutup serta jenis tanaman di sekeliling tanaman tersebut. Dua jalan masuknya timbal ke dalam tanaman yaitu melalui akar dan daun. Timbal setelah masuk ke sistem tanaman akan diikat oleh membran-membran sel, mitokondria, dan kloroplas. Sebagian besar pencemaran udara akan menurunkan proses fotosintesis baik secara langsung maupun tidak langsung. Penyebabnya adalah hilang atau rusaknya jaringan-jaringan untuk melakukan fotosintesis dan gangguan pembukaan stomata (Siregar, 2005).

2.12 Unsur Hara Tanah

Unsur hara merupakan unsur-unsur mineral anorganik yang diperoleh dari tanah melalui proses penyerapan oleh sistem perakaran untuk digunakan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebagian besar unsur hara yang dibutuhkan tanaman diserap dari larutan tanah melalui akar, kecuali karbon, oksigen, dan hidrogen yang diserap dari udara oleh daun. Penyerapan unsur hara secara umum lebih lambat dibandingkan dengan penyerapan air oleh akar tanaman. Fungsi unsur hara secara umum adalah sebagai penyusun jaringan tanaman, katalisator dalam bermacam-macam pengaturan reaksi osmosa, dan merupakan bagian dari sistem penahan atau pengatur permeabilitas membran (Kramer dan Kozlowski, 1960).

Terdapat 60 unsur hara yang penting untuk pertumbuhan tanaman yang berdasarkan keperluannya dibedakan ke dalam unsur esensial dan unsur non esensial. Dari 16 unsur esensial yang ada 9 diantaranya termasuk esensial makro, yaitu C, H, N, O, P, K, Ca, Mg, dan S, sedangkan 7 unsur termasuk dalam unsur esensial mikro yaitu Fe, Mn, B, Mo, Cu, Zn, dan Cl (Buckmant dan

Brady, 1982). Menurut Aksornkoae (1993), hara pada ekosistem mangrove dibagi dalam dua kelompok, yaitu :

1. Hara organik, penting untuk kelangsungan hidup mangrove, hara ini terdiri dari N, P, K, Ca, Mg, dan Na. Sumber utama hara anorganik adalah hujan, limpasan sungai, endapan, air laut, dan bahan organik yang terurai di ekosistem mangrove.
2. Detritus organik merupakan bahan organik yang berasal dari biorganik yang melalui beberapa tahap pada proses mikrobial. Sumber utama detritus organik ada dua yaitu :
 - a. Autochthonous, seperti fitoplankton, diatom, bakteri, alga pada pohon atau akar dan tumbuhan lain di ekosistem mangrove.
 - b. Allochthonous, seperti partikel-partikel dari aliran sungai, partikel tanah dari erosi darat, tanaman dan hewan yang mati di daerah pesisir atau laut.

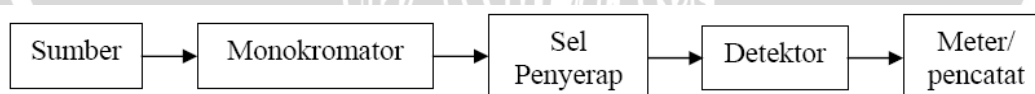
2.13 Spektrofotometer ultraviolet-visibel (UV-vis)

Spektrosfotokopi merupakan studi mengenai interaksi cahaya dengan atom atau molekul. Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagai cahaya tersebut akan terserap oleh molekul tersebut. Banyaknya sinar yang diabsorpsi adalah sebanding dengan konsentrasi senyawa yang dianalisis. Spektrosfotokopi ultraviolet-visibel adalah pengukuran jumlah radiasi UV-vis yang diserap oleh senyawa sebagai fungsi dari panjang gelombang radiasi. Panjang gelombang serta intensitasnya ini tergantung dari jenis ikatan dan gugus karakteristik dari molekul (Christian, 2004).

Spektrum tampak (visibel) terentang dari sekitar 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spektrum ultraviolet terentang dari 100 nm sampai dengan 400 nm (Fessenden and Fessenden, 1986). Serapan cahaya oleh

molekul dalam daerah spektrum UV-vis tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektrum UV-vis dari senyawa organik berkaitan erat dengan transisi-transisi elektron diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Transisi-transisi tersebut biasanya antara orbital ikatan atau orbital pasangan bebas dan orbital non ikatan tak jenuh atau orbital anti ikatan. Tetapi dalam praktek, UV-vis digunakan terbatas pada sistem-sistem terkonjugasi (Sastrohamidjojo, 2001).

Spektrum UV-vis adalah suatu gambar antara panjang gelombang atau frekuensi serapan lawan intensitas serapan (transmitasi atau absorpsi). Sering gambar ditunjukkan sebagai gambar grafik atau tabel. Instrumen yang digunakan untuk mempelajari serapan atau emisi radiasi elektromagnetik sebagai fungsi dari panjang gelombang disebut “spektrometer atau spektrofotometer”. Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi: (1) sumber tenaga radiasi yang stabil, (2) system yang terdiri atas lensa-lensa, cermin, celah-celah, dan lain-lain, (3) monokromator untuk merubah radiasi menjadi komponen-komponen panjang gelombang tunggal, (4) tempat cuplikan yang transparan, dan (5) detektor radiasi yang dihubungkan dengan sistem meter atau pencatat (Sastrohamidjojo, 2001). Diagram spektrofotometer UV-vis dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini :



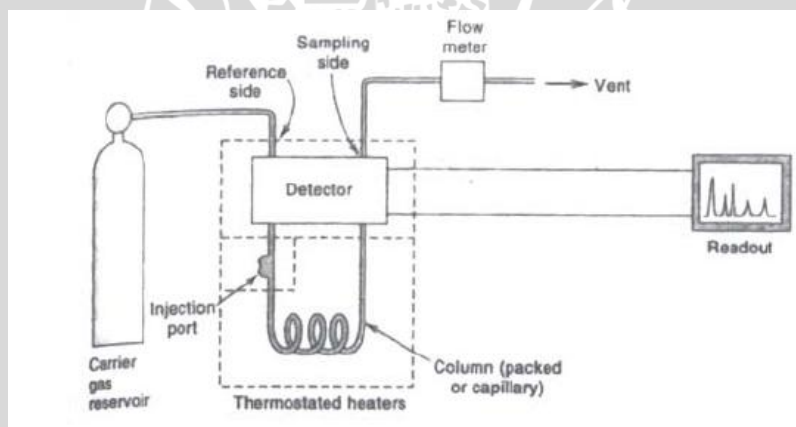
Gambar 9. Diagram spektrofotometer UV-vis.

2.14 Gas Chromatography-Mass Spectrofotometer (GC-MS)

GC termasuk salah satu teknik analitik di laboratorium yang serba guna dan digunakan di mana-mana. Secara luas digunakan dalam penentuan senyawa organik. Ada dua jenis dari GC, yaitu jika fasa diamnya berupa zat

padat disebut kromatografi gas-padat (GSC), dan jika berupa zat cair disebut kromatografi gas-cair (GLC). Biasanya yang disebut kromatografi gas yang banyak digunakan sekarang ini adalah yang kromatografi gas-cair (GLC) (Christian, 2004).

Mekanisme pemisahan dalam GC mirip dengan proses ekstraksi. Proses pemisahan dapat dipandang sebagai serangkaian dari partisi dimana cuplikan masuk ke dalam larutan dari fasa dan selang beberapa waktu akan teruapkan lagi. Jadi fasa cair menahan molekul-molekul cuplikan. Afinitas cuplikan terhadap fasa cair menentukan beberapa lama cuplikan ditahan. Senyawa-senyawa yang mempunyai afinitas rendah (tidak suka) terhadap fasa diam akan keluar dari kolom pertama. Sedangkan senyawa-senyawa dengan afinitas besar (larut dengan baik) terhadap fasa diam akan keluar dari kolom kemudian. Afinitas ini didasarkan pada kelarutan cuplikan terhadap fasa diam. Diagram skematik instrumen GC dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini :

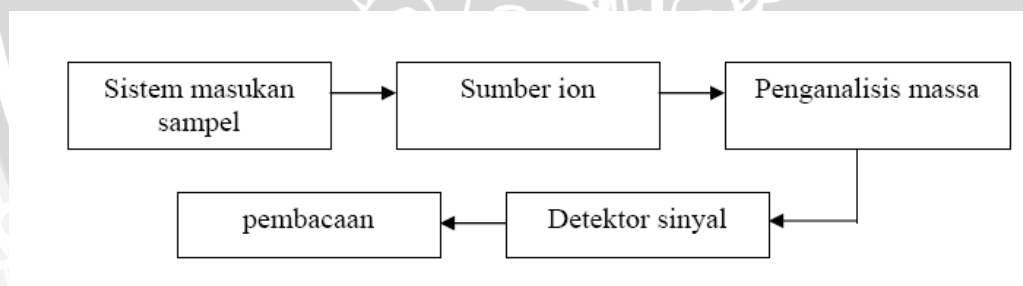


Gambar 10. Diagram skematik instrumen GC (Christian, 2004)

Instrumen GC terdiri dari gas pembawa, pengatur kecepatan alir gas, tempat injeksi, kolom, detektor, dan rekorder. Gas pembawa biasanya menggunakan N_2 , He, atau Ar. Kolom terbagi menjadi dua macam, berbentuk kolom rapat (diameter 3 – 6 mm, panjang 1 – 2 m), dimana fasa diamnya dibuat merapat di seluruh permukaan kolom dan kolom kapiler (diameter 0,05 – 0,53

mm, panjang 10 – 100 m) dimana fasa diamnya dilapiskan pada dinding kolom dengan ketebalan 0,1 – 1 μm , sehingga bagian tengahnya berlubang (Meloan, 1999).

GC-MS merupakan gabungan antara kromatografi gas dengan spektrometer massa. Sampel yang dianalisis menggunakan GC-MS akan menunjukkan berat molekul senyawa yang dianalisis. Campuran yang dipisahkan dengan metoda ini harus mudah menguap. Kromatografi gas dapat digunakan untuk analisis kuantitatif secara organik. Cuplikan dalam bentuk uap dapat dibawa oleh aliran gas ke dalam kolom pemisahan, hasil pemisahan dapat dianalisis dengan kromatografi ini. Jumlah puncak menunjukkan senyawa yang terdapat dalam cuplikan sedangkan luas permukaan menunjukkan konsentrasi senyawa. Spektrometer massa merupakan alat untuk menentukan massa (berat) molekul. Hasil-hasil yang dibentuk, ion-ion tidak bermuatan, yang massa limpahan relatifnya ditunjukkan dalam spektrum massa (Sastrohamidjojo, 2001). Skema metoda spektrofotometri massa ditunjukkan oleh Gambar 11 berikut ini :



Gambar 11. Skema Metoda Spektrofotometri Massa (Iskandar, 2007)

Fase gerak pada GC juga disebut gas pembawa karena tujuan awalnya adalah untuk membawa solut ke kolom, karenanya gas pembawa tidak berpengaruh pada selektifitas. Syarat gas pembawa adalah: tidak reaktif, murni/ kering karena kalau tidak murni akan berpengaruh pada detektor; dan dapat disimpan pada tangki yang bertekanan tinggi (biasanya merah untuk hidrogen, dan abu-abu untuk nitrogen) (Nazir, 1989).

Helium merupakan tipe gas pembawa yang sering digunakan karena memberikan efisiensi kromatografi yang lebih baik (mengurangi pelebaran pita). Pada dasarnya kecepatan aliran gas pembawa berbanding lurus dengan penampang kolom. Kecepatan aliran gas kira-kira 50-70 ml/menit untuk kolom dengan diameter dalam 6 mm, 25-30 ml/menit untuk kolom dengan diameter dalam 3 mm. Kolom kapiler memakai kecepatan gas yang rendah, yakni antara 0,2-2 ml/ menit (Gandjar dan Rohman, 2007).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain timbangan digital, timbangan analitik, erlenmeyer 1000 ml, erlenmeyer 300 ml, spatula, *beaker glass*, corong, gelas ukur 100 ml, piper volume, pipet tetes, *rotary evaporator*, botol vial, inkubator, spektrofotometer UV-Vis, dan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS).

3.1.2 Bahan

Bahan uji yang digunakan adalah batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) yang diperoleh dari Sendang Biru dan Surabaya. Bahan kimia yang digunakan antara lain methanol p.a (E. Merck), DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), vitamin C, plastik, kertas saring dan *aluminium foil*.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif. Metode deskriptif merupakan metode penelitian yang berusaha menggambarkan dan menginterpretasikan objek dengan apa adanya. Penelitian deskriptif pada umumnya dilakukan dengan tujuan utama, yaitu menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek dan subjek yang diteliti secara tepat (Hartoto, 2009). Sifat-sifat metode deskriptif adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan setiap langkah penyelidikan dengan teliti dan terperinci, baik mengenai dasar-dasar metodologinya maupun mengenai detail teknis secara khusus.

2. Menjelaskan prosedur pengumpulan data, serta pengawasan dan penilaian terhadap data itu.
3. Memberi alasan yang kuat mengapa dalam metode deskriptif tersebut penyidik mempergunakan teknik tertentu dan bukan teknik lainnya.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah variabel terikat, variabel bebas, dan variabel terkendali :

1. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi titik pusat penelitian. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikatnya adalah aktivitas antioksidan dari ekstrak metanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*).

2. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang diselidiki pengaruhnya terhadap variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah habitat bakau hitam (*Rhizophora mucronata*).

3. Variabel terkendali

Variabel terkendali adalah faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil reaksi, tetapi dapat dikendalikan. Variabel terkendalinya adalah cara kerja, suhu, dan alat yang digunakan.

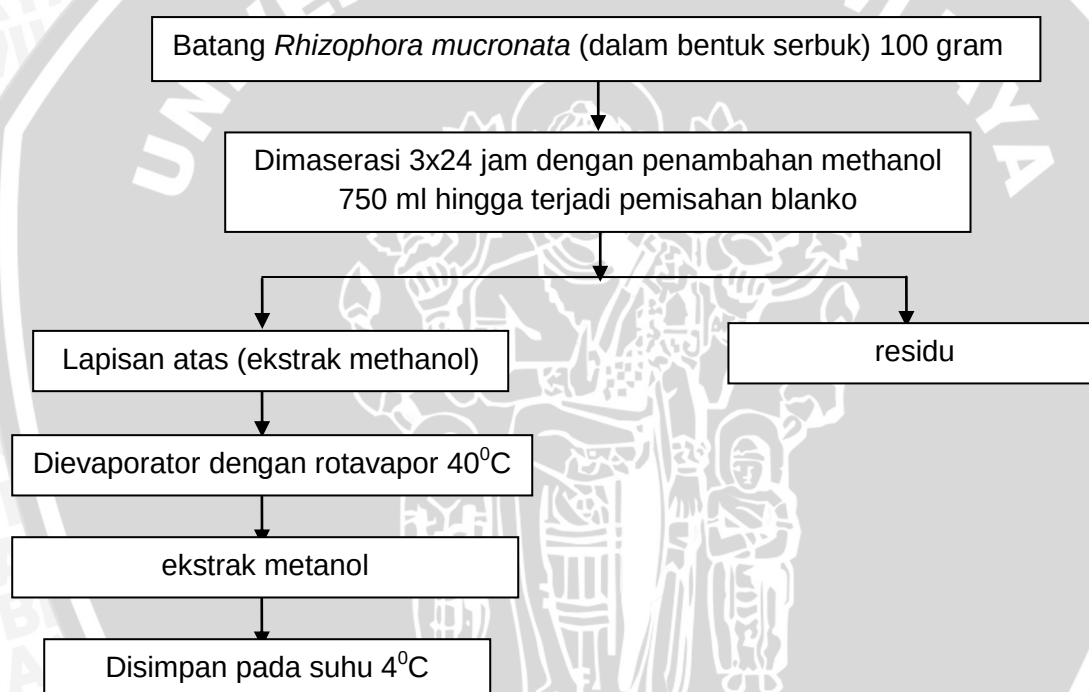
3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Ekstrak Methanol Batang Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*)

Sebayak 100 gram batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) kering dihaluskan (diblender) dan dibuat serbuk. Serbuk batang dimaserasi dengan menggunakan methanol 750 ml selama 3 x 24 jam hingga terjadi pemisahan 2 lapisan. Lapisan atas yang berupa ekstrak methanol dievaporasi dengan

rotavapor pada suhu 40°C sehingga diperoleh crude ekstrak methanol dan selanjutnya disimpan pada suhu 4°C.

Maserasi adalah cara ekstraksi yang sederhana. Maserasi merupakan proses merendam bahan simplisia yang telah dihaluskan dengan menstrum sampai meresap dan melunakkan susunan sel, sehingga zat-zat yang mudah larut akan terlarut. Keuntungan maserasi adalah cara kerja dan peralatan yang digunakan relatif sederhana (Yuswantina, 2009). Ekstrak methanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Ekstrak Methanol Batang Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*)

3.4.2 Uji Antioksidan dengan Metode DPPH

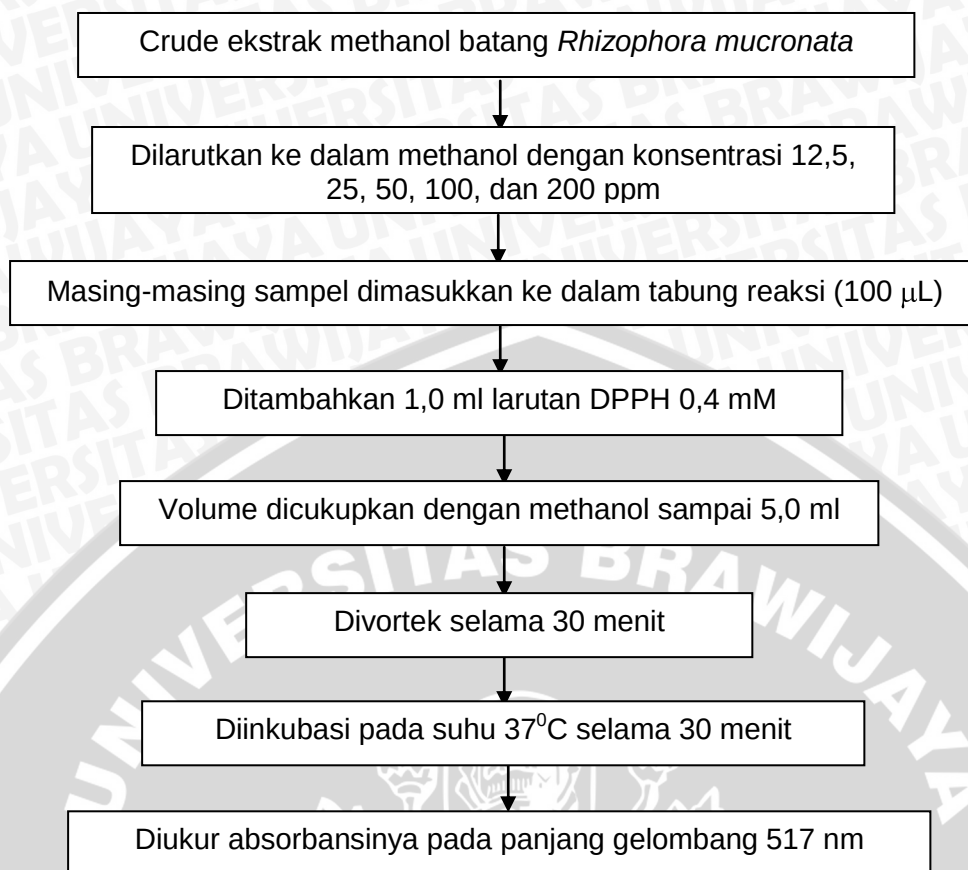
Ekstrak batang *Rhizophora mucronata* dilarutkan dalam methanol dan dibuat dalam konsentrasi (12,5 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, dan 200 ppm). Masing-masing dimasukkan ke dalam botol vial sebanyak 100µL ke dalam tiap botol vial ditambahkan 0,5 mL larutan DPPH 0,4 mM dalam methanol. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Larutan ini selanjutnya

diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Selain itu, dibuat blanko dengan mengganti sampel ekstrak methanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dengan methanol. Dilakukan juga pengukuran absorbansi blanko sebagai kontrol positif. Hasil penetapan antioksidan dibandingkan dengan vitamin C. Besarnya daya antikosidan dihitung dengan rumus :

$$\text{Daya antioksidan} = \frac{(\text{absorbans i blanko} - \text{absorbansi sampel})}{\text{absorbansi blanko}} \times 100\%$$

dan dilakukan perhitungan IC_{50} yakni suatu nilai yang menggambarkan besarnya konsentrasi fraksi dari ekstrak uji yang dapat menangkap radikal bebas sebesar 50% melalui persamaan garis regresi linier yang menyatakan hubungan antara konsentrasi senyawa (sampel) uji (X) dengan aktivitas penangkap radikal rata-rata (Y) dari seri replikasi pengukuran. Semakin kecil nilai IC_{50} -nya maka senyawa uji tersebut mempunyai keefektifan sebagai penangkap radikal yang lebih baik.

Spektrofotometri UV Visibel memiliki sensitivitas yang baik, dikombinasikan dengan kemudahan dalam preparasi, akurat, tidak mahal, dan dapat menganalisa poli komponen campuran senyawa obat. Hal ini menjadikan spektrofotometri UV dan sinar tampak sebagai salah satu peralatan yang sering digunakan dalam analisis organik (Indraswari, 2008). Uji antioksidan dengan metode DPPH dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Uji Antioksidan dengan Metode DPPH

3.4.3 Uji GC-MS

Uji GC MS berfungsi untuk mengetahui ada tidaknya kandungan senyawa fenolik pada ekstrak methanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*). Analisis GC-MS dilakukan terhadap hasil ekstrak yang positif mengandung senyawa yang berkemampuan sebagai antioksidan. Analisis GC-MS dilakukan berdasarkan metode Sumartini, *et al* (2000). gas pembawa yang digunakan adalah helium dengan laju aliran diatur sebagai berikut. Suhu injektor 320⁰ C, suhu awal oven 70⁰ C. Laju kenaikan suhu 10⁰ C/menit, dan suhu akhir oven 310⁰C. Identifikasi senyawa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak PC. Skema uji GC-MS dapat dilihat pada Gambar 14.

Crude ekstrak methanol batang *Rhizophora mucronata*

Diuji dengan GC-MS

Gambar 14. Skema uji GC-MS

3.4.4 Pemeriksaan Kandungan Kimia menggunakan Pereaksi Kimia

3.4.4.1 Uji Total Fenol (Metode Folin-Ciocalteu)

Kandungan total polifenol dianalisa dengan menggunakan metode Follin-ciocalteu. Sebanyak 1 ml filtrat sampel ditambahkan 2 ml etanol 95%, 5 ml aquades, dan 5 ml pereaksi Folin. Campuran larutan tersebut didiamkan selama 5 menit kemudian ditambahkan 1 ml Na_2CO_3 5 %. Campuran divortex hingga seluruh larutan merata. Campuran disimpan dalam ruang gelap selama 1 jam. Absorbansi masing-masing sampel dihitung menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 725 nm. Hasil absorbansi diplotkan dengan kurva standar asam tanat untuk diperoleh konsentrasinya. Skema uji total fenol dapat dilihat pada Gambar 15.

Sampel sebanyak 1 ml

ditambah 2 ml etanol 95%, 5 ml aquades, dan 5 ml pereaksi Folin

didiamkan selama 5 menit

ditambahkan 1 ml Na_2CO_3 5 %

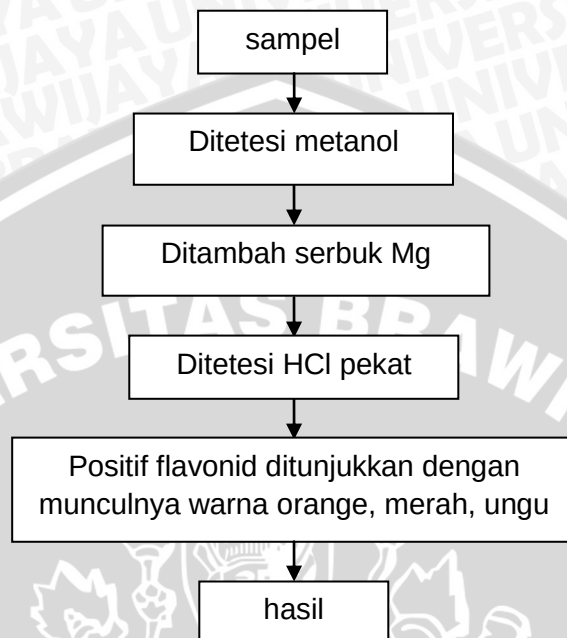
disimpan dalam ruang gelap selama 1 jam

dihitung absorbansi menggunakan spektrofotometer pada $\lambda = 725 \text{ nm}$

Gambar 15. Skema uji total fenol

3.4.4.2 Uji Flavonoid (Hanani, et al., 2005)

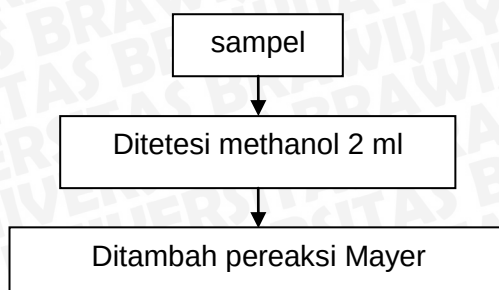
Larutan ekstrak sebanyak 2 ml ditambah dengan sedikit serbuk seng atau magnesium dan 2 ml HCl 2N. Senyawa flavonoid akan menimbulkan warna jingga sampai merah. Skema uji flavonoid dapat dilihat pada Gambar 16.



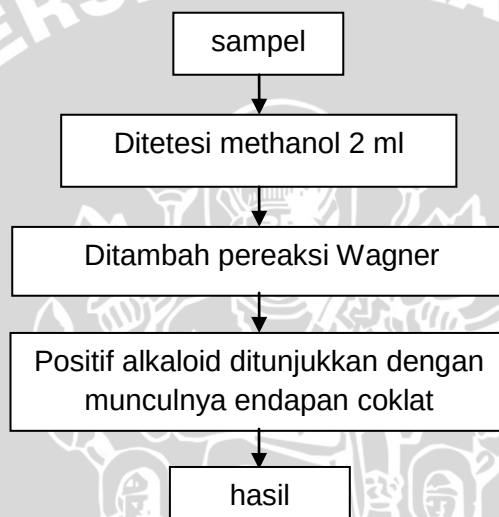
Gambar 16. Skema uji flavonid

3.4.4.3 Uji Alkaloid (Hanani, *et al.*, 2005)

Adanya tidaknya senyawa alkaloid pada sampel dapat diuji dengan pereaksi Mayer dan Wagner. Pembuatan reagen Mayer yaitu sebanyak 1,36 gram HgCl_2 dilarutkan dalam 60 ml aquades. Pada bagian lain 5 gram KI dilarutkan dalam 10 ml aquades. Kedua larutan tersebut dicampurkan dan diencerkan hingga volumenya 100 ml. Adanya alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna putih. Pembuatan reagen Wagner yaitu 1,72 gram I_2 dan 2 gram KI dilarutkan dengan 5 ml aquades dan diencerkan hingga volumenya 100 ml. Adanya alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna coklat. Skema uji alkaloid dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



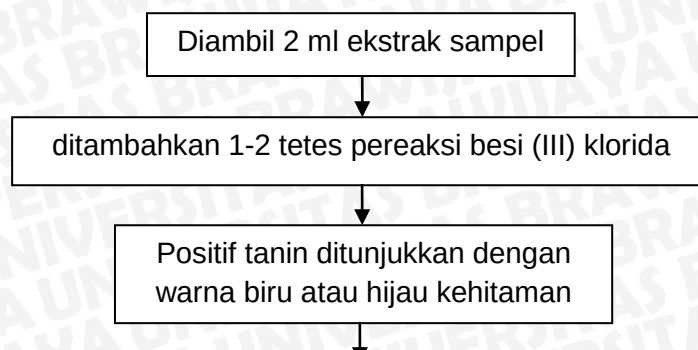
Gambar 17. Skema uji alkaloid dengan pereaksi Mayer



Gambar 18. Skema uji alkaloid pereaksi Wagner

3.4.4.4 Uji Tannin (Farnsworth, 1966)

Diambil 2 ml ekstrak sampel lalu ditambahkan 1-2 tetes pereaksi besi (III) klorida. Terjadi warna biru atau hijau kehitaman menunjukkan adanya tanin. Skema uji tanin dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Skema uji tanin

3.4.5 Uji Timbal (Pb) (Metode SSA)

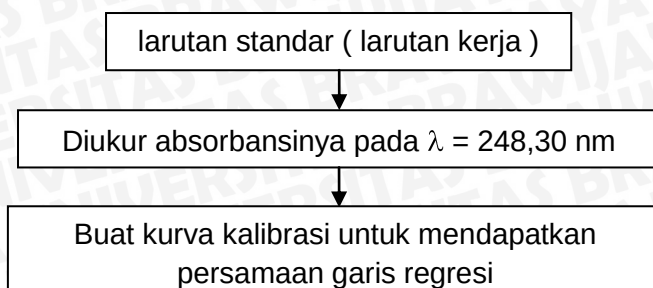
Pengukuran konsentrasi logam timbal (Pb) dengan SSA yaitu terlebih dahulu dengan mengoptimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat. Beberapa parameter pengukur untuk logam timbal (Pb) ditetapkan sebagai berikut :

Tabel. 1 Tabel Parameter Pengukuran untuk Logam timbal (Pb)

No	Parameter	Spesifikasi
1.	Panjang gelombang	283,3 nm
2.	Tipe nyala	Asetilen / Udara
3.	Lebar celah	0,2 – 2 nm
4.	Lampu katoda	12 mA

Sumber : Petunjuk penggunaan alat SSA Type Shimadzu AA 6-300

Kemudian mengukur masing – masing larutan standar (larutan kerja) yang telah dibuat pada panjang gelombang 248,30 nm. Nilai absorbansinya akan terlihat. Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi. Skema uji timbal (Pb) dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Skema uji timbal (Pb)

3.4.6 Uji Kualitas Tanah

3.4.6.1 N-total (Metode Kjeldahl)

Penentuan kadar N-total dalam sedimen terdiri dari 3 tahap yaitu :

a. Tahap destruksi

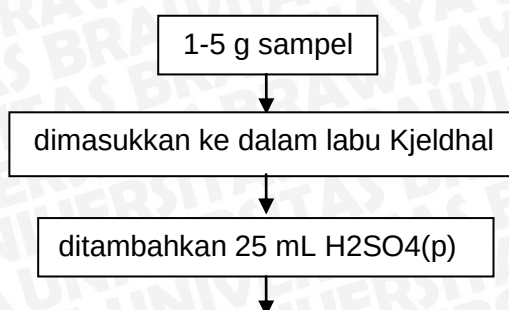
Masukkan 1-5 g sampel ke dalam labu Kjeldahl dan tambahkan 25 mL $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{p})$ dan terbentuk larutan berwarna kehijauan jernih. Didinginkan dan diencerkan dalam 250 mL aquades.

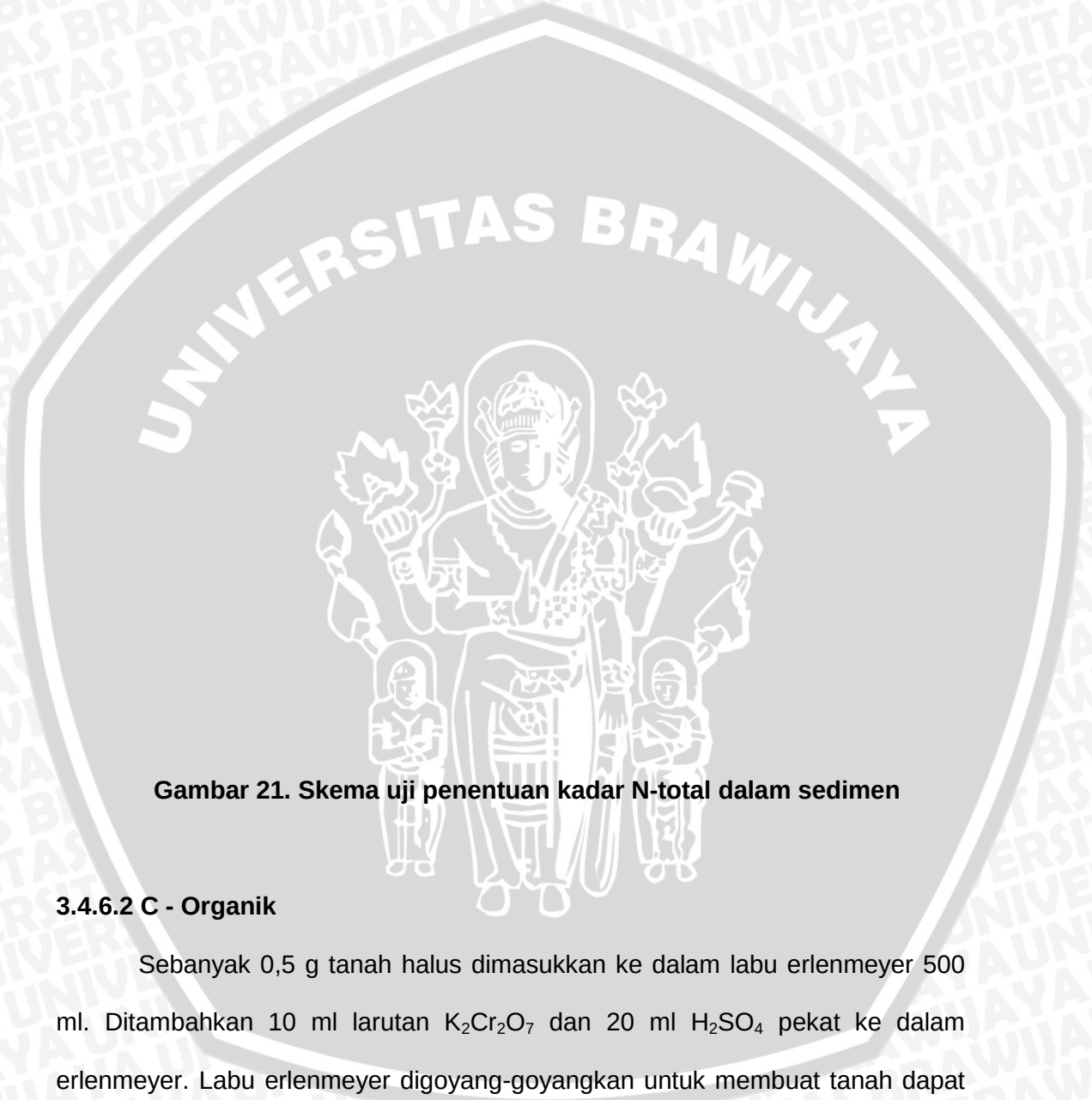
b. Tahap Destilasi

Sebanyak 100 mL hasil destruksi yang telah diencerkan dimasukkan ke dalam labu alas dan tambahkan batu didih lalu panaskan sambil diteteskan ke dalamnya 30 mL larutan NaOH 30 % . Destilat ditampung dalam beaker glass yang berisi larutan H_3BO_3 3% dan 2 tetes indikator tashiro. Destilasi dihentikan jika destilat tidak bereaksi basa dengan lakmus merah.

c. Tahap titrasi

Sebanyak 5 mL destilat dititrasi dengan HCl 0,1 N sampai berubah warna. Amati dan catat volume titran. Skema uji penentuan kadar N-total dalam sedimen dapat dilihat pada Gambar 21.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Gambar 21. Skema uji penentuan kadar N-total dalam sedimen

3.4.6.2 C - Organik

Sebanyak 0,5 g tanah halus dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 500 ml. Ditambahkan 10 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ dan 20 ml H_2SO_4 pekat ke dalam erlenmeyer. Labu erlenmeyer digoyang-goyangkan untuk membuat tanah dapat bereaksi sepenuhnya. Campuran didiamkan selama 20-30 menit.

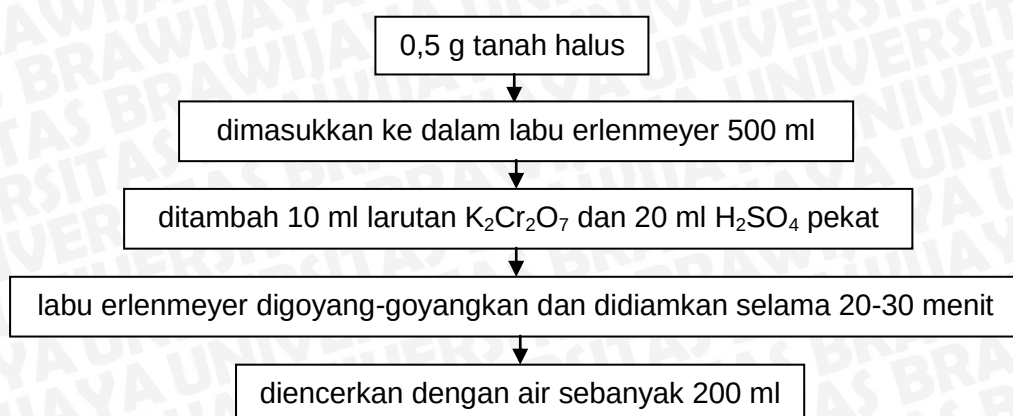
Sebuah blanko (tanpa tanah) dikerjakan dengan cara yang sama. Kemudian larutan diencerkan dengan air sebanyak 200 ml dan sesudah itu ditambahkan 10 ml H_3PO_4 85% dan 30 tetes penunjuk fenilamina. Larutan

dititrasi dengan larutan fero melalui buret. Perubahan warna dari warna hijau gelap pada permulaan, berubah menjadi biru kotor pada waktu titrasi berlangsung, dan pada titik akhir warna berubah menjadi hijau terang. Apabila lebih dari 8 dan 10 ml $K_2Cr_2O_7$ terpakai, diulangi dengan menggunakan contoh yang lebih sedikit. Selanjutnya dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ C organik} = \frac{(-) \times 3}{\times 0,5} \times \frac{100 + \%}{100}$$

$$\% \text{ Bahan Organik} = \frac{100}{58} \times \% \text{ C. organik}$$

Skema uji penentuan kadar C - Organik dalam sedimen dapat dilihat pada Gambar 22 di bawah ini :



Gambar 22. Skema uji penentuan kadar C - Organik dalam sedimen

3.4.6.3 Fosfor Tersedia (Metode Olsen)

Sebanyak 1,5 g contoh tanah dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambahkan 15 ml pengestrak olsen, kemudian dikocok selama 30 menit. Disaring dan dibiarkan semalam bila larutan keruh. Aliquot contoh tanah diambil sebanyak 2-20 ml (tergantung pada tingginya kandungan P tanah) dan dituang ke dalam labu ukur 50 ml. Ditambahkan air suling hingga volume total mencapai ± 25 ml. Dibiarkan dalam suhu kamar selama 20 menit dan selanjutnya tetapkan % absorban dengan spectronik 21 pada panjang gelombang 882 nm. Konversi bacaan % absorban ke O.D. hitung besarnya mgPL^{-1} berdasarkan garis regresi daripada kurva standar P yang diperoleh. Skema uji penentuan kadar fosfor tersedia dalam sedimen dapat dilihat pada Gambar 23 di bawah ini :

1,5 g contoh tanah dimasukkan ke dalam botol kocok

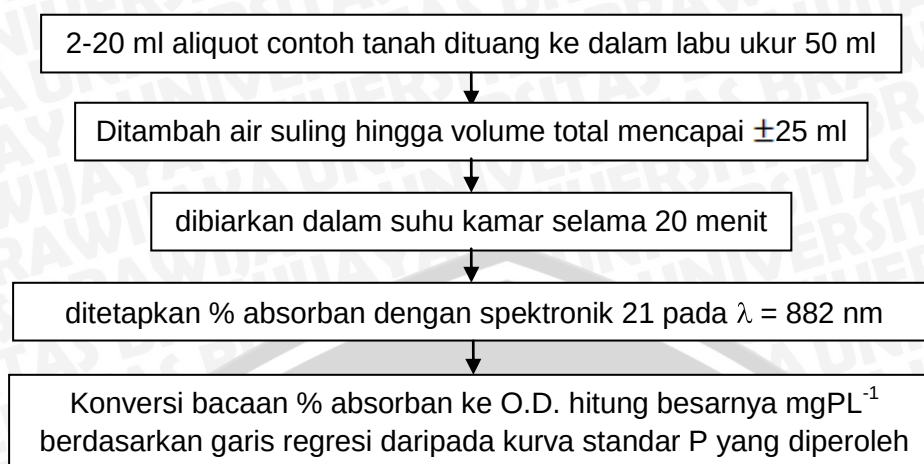


ditambah 15 ml pengestrak olsen dan dikocok selama 30 menit



disaring dan dibiarkan semalam bila larutan keruh

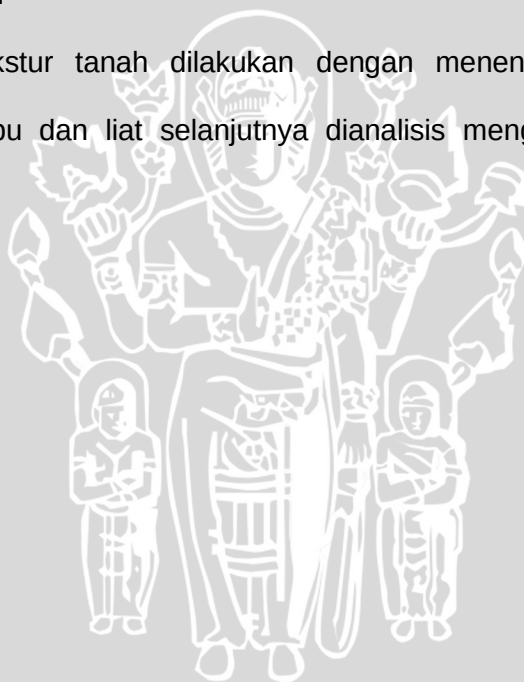




Gambar 23. Skema uji penentuan kadar fosfor tersedia dalam sedimen

3.4.6.4 Tekstur Tanah

Penentuan tekstur tanah dilakukan dengan menentukan persentase kandungan pasir, debu dan liat selanjutnya dianalisis menggunakan metode segitiga tekstur tanah.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Ekstraksi Batang *R. mucronata* dengan Pelarut Metanol

Untuk mendapatkan senyawa yang khas (zat aktif) dalam suatu tumbuhan, diperlukan metode ekstraksi yang cepat dan teliti. Pemilihan metode ekstraksi tergantung pada sumber bahan alami dan senyawa yang akan diisolasi tersebut. Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian adalah metode maserasi.

Maserasi merupakan proses perendaman sampel dengan pelarut organik yang digunakan pada temperatur ruangan. Proses ini sangat menguntungkan dalam isolasi senyawa bahan alam karena dengan perendaman sampel tumbuhan akan terjadi pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan udara di dalam dan di luar sel sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik dan ekstraksi senyawa akan sempurna karena dapat diatur lama perendaman yang dilakukan. Secara umum, pelarut methanol merupakan pelarut yang paling banyak digunakan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam, karena dapat melarutkan seluruh golongan metabolit sekunder (Lenny, 2006).

Pelarut yang digunakan adalah metanol karena pelarut ini dapat melarutkan hampir semua senyawa organik yang ada pada sampel, baik senyawa polar maupun non polar. Metanol mudah menguap sehingga mudah dibebaskan dari ekstrak, sebagai tambahan metanol cenderung lebih murah dibandingkan dengan pelarut organik yang lain. Pelarut metanol dengan kepolaran yang tinggi, diharapkan dapat mengekstrak senyawa-senyawa yang mempunyai kepolaran tinggi. Menurut Arindah (2010), metanol (*Methyl Alkohol*) adalah cairan tanpa warna dengan rumus kimia CH_3OH , densitas 0,79 gram/mL, titik leleh -98°C , titik didih 64°C . Senyawa ini dibuat melalui oksidasi katalitik dari metana (gas alam) menggunakan udara (atau dibuat dari karbon monoksida dan

oksigen) dan digunakan sebagai pelarut serta sebagai bahan baku untuk industri kimia.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang *Rhizophora mucronata* yang diperoleh dari dua tempat yang berbeda yaitu Surabaya dan Sendang Biru. Batang *Rhizophora mucronata* yang telah dipilih, dikeringkan, dan dipotong kecil-kecil Pengalusan dilakukan dengan cara di blender. Bagian daging dipotong kecil-kecil untuk mempercepat proses penghalusan dan mempermudah penggilingan. Ukuran sampel terlalu besar mengakibatkan kontak antara komponen yang akan dipisahkan dengan pelarut menjadi kecil. Jika ukuran sampel lebih kecil, maka pelarut lebih mudah berinteraksi dengan komponen yang akan dipisahkan. Proses penghalusan bertujuan untuk mengoptimalkan jalannya proses maserasi dengan cara memperluas permukaan sel-sel sampel yang akan mempercepat kontak reaksi katalitik antara pelarut dan sampel.

Sampel serbuk batang *Rhizophora mucronata* ditimbang sebanyak 100 g dimasukkan dalam erlenmeyer 1 L dan ditambah pelarut methanol sebanyak 750 ml, dikocok selama 15 menit untuk mencapai kondisi homogen dalam. Erlenmeyer ditutup rapat, disimpan terlindung dari cahaya langsung. Adanya pengocokan ini, memberikan suatu keseimbangan konsentrasi bahan yang lebih cepat ke dalam cairan pelarut. Proses maserasi batang *R. mucronata* dengan pelarut metanol dapat dilihat pada Gambar 24.



a. Surabaya

b. Sendang Biru

Gambar 24. Proses maserasi batang *R. mucronata* dengan pelarut methanol

Keadaan diam dalam proses maserasi menyebabkan turunnya perpindahan zat aktif. Semakin besar perbandingan sampel dengan cairan ekstraksi semakin baik hasil yang diperoleh. Selanjutnya, larutan dimaserasi selama 3 x 24 jam pada suhu kamar. Setelah 3 x 24 jam, larutan dipisahkan (difiltrasi) dengan menggunakan kertas saring. Penyaringan ekstrak serbuk batang *R. mucronata* dapat dilihat pada Gambar 25.



a. Surabaya



b. Sendang Biru

Gambar 25. Penyaringan ekstrak serbuk batang *R. mucronata*

Ekstrak yang diperoleh dipekatkan dengan *rotary evaporator* dengan suhu 60 °C hingga pekat. Keuntungan maserasi adalah cara kerja dan peralatan yang digunakan relatif sederhana. Metode ini dilakukan bila jaringan tumbuhan lunak dan kandungan kimia yang ditahannya tidak tahan pemanasan. Hasil ekstrak batang *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil ekstrak batang *Rhizophora mucronata*

No.	Ekstrak	Hasil
1.	Surabaya	Warna : kuning hijau Bau : khas batang Bentuk : cair
2.	Sendang Biru	Warna : hijau bening Bau : khas batang Bentuk : cair

Rotary evaporator atau *rotary vacuum evaporator* merupakan alat yang menggunakan prinsip vakum distilasi. Prinsip utama alat ini terletak pada

penurunan tekanan sehingga pelarut dapat menguap pada suhu di bawah titik didihnya. *Rotary evaporator* lebih disukai karena mampu menguapkan pelarut dibawah titik didih sehingga zat yang terkandung di dalam pelarut tidak rusak oleh suhu yang tinggi. Penguapan dapat terjadi karena adanya pemanasan yang dipercepat oleh putaran dari labu alas bulat dibantu dengan penurunan tekanan. Dengan bantuan pompa vakum, uap larutan penyari akan naik ke kondensor dan mengalami kondensasi menjadi molekul-molekul cairan pelarut murni yang ditampung dalam labu alas bulat penampung. Proses penguapan ini dilakukan hingga diperoleh ekstrak kental yang ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung udara yang pecah-pecah pada permukaan ekstrak atau jika sudah tidak ada lagi pelarut yang menetes pada labu alas bulat penampung (Anonymous, 2011). *Rotary evaporator* dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. *Rotary evaporator*

4.2 Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH

Metode yang digunakan dalam pengujian aktivitas antioksidan adalah metoda serapan radikal DPPH karena merupakan metoda yang sederhana, mudah, dan menggunakan sampel dalam jumlah yang sedikit dengan waktu yang singkat (Hanani, 2005). DPPH merupakan radikal bebas yang stabil pada suhu kamar dan sering digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan beberapa senyawa atau ekstrak bahan alam. DPPH menerima elektron atau

radikal hidrogen akan membentuk molekul diamagnetik yang stabil. Interaksi antioksidan dengan DPPH baik secara transfer elektron atau radikal hidrogen pada DPPH, akan menetralkan karakter radikal bebas dari DPPH. Jika semua elektron pada radikal bebas DPPH menjadi berpasangan, maka warna larutan berubah dari ungu tua menjadi kuning terang dan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm akan hilang. Perubahan ini dapat diukur secara stoikiometri sesuai dengan jumlah elektron atau atom hidrogen yang ditangkap oleh molekul DPPH akibat adanya zat antioksidan (Suratmo, 2007).

Perubahan warna ungu menjadi kuning seiring dengan menurunnya absorptivitas molar dari molekul DPPH karena elektron yang tidak berpasangan dengan adanya pemberian atom hidrogen dari antioksidan membentuk DPPH-H tereduksi. Aktivitas penangkapan radikal bebas/antiradikal ditunjukkan dengan presentase berkurangnya warna ungu dari DPPH. Hasil pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH dapat dilihat pada Gambar 27.



a. Surabaya



b. Sendang Biru



c. Vitamin C

Gambar 27. Hasil pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH

Pengukuran aktivitas antioksidan sampel dilakukan pada panjang gelombang 517 nm yang merupakan panjang gelombang maksimum DPPH, dengan konsentrasi DPPH 50 μ M. Pengujian ini dilakukan replikasi sebanyak tiga kali. Larutan standar dibuat dengan mengganti larutan sampel dengan larutan asam askorbat 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm. Asam askorbat digunakan sebagai pembanding dalam skrining antioksidan, karena asam askorbat telah dikenal secara luas sebagai antioksidan. Hasil pengukuran absorbansi dengan spektrovotometer UV – Vis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran absorbansi dengan spektrovotometer UV – Vis

Sampel	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi			Absorbansi rata-rata	% inhibisi
		1	2	3		
Surabaya	200	0,554	0,623	0,663	0,613	50,44
	100	0,678	0,479	0,709	0,622	49,72
	50	0,761	0,807	1,074	0,881	28,78
	25	0,797	0,847	0,793	0,812	34,36
	12,5	0,862	0,827	0,408	0,699	43,49
	blanko	1,212	1,261	1,237	1,237	0
Sendang Biru	200	0,508	0,511	0,487	0,502	59,42
	100	0,630	0,557	0,604	0,597	51,74
	50	0,733	0,690	0,693	0,705	43,01
	25	0,666	0,724	0,685	0,692	44,06
	12,5	0,770	0,779	0,718	0,756	38,88
	blanko	1,212	1,261	1,237	1,237	0
Vitamin C	5	0,316	0,287	0,285	0,296	76,07
	4	0,436	0,808	0,494	0,579	53,19
	3	0,569	0,532	0,508	0,536	56,67
	2	0,608	0,366	0,521	0,498	59,74
	1	0,753	0,753	0,795	0,767	37,99
	blanko	1,212	1,261	1,237	1,237	0

Suatu molekul hanya menyerap radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang khusus (spesifik untuk molekul tersebut) absorpsi cahaya ultraviolet (radiasi berenergi tinggi) mengakibatkan pindahnya sebuah elektron ke orbital dengan energi yang lebih tinggi (Fessenden and Fessenden, 1997). Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang menyerap cahaya dalam daerah *visible* (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV (Sjahid, 2008).

Perhitungan yang digunakan dalam penentuan aktivitas penangkap radikal adalah nilai IC_{50} (*Inhibition concentration* 50%), Nilai tersebut menggambarkan besarnya konsentrasi senyawa uji yang dapat menangkap radikal sebesar 50%.

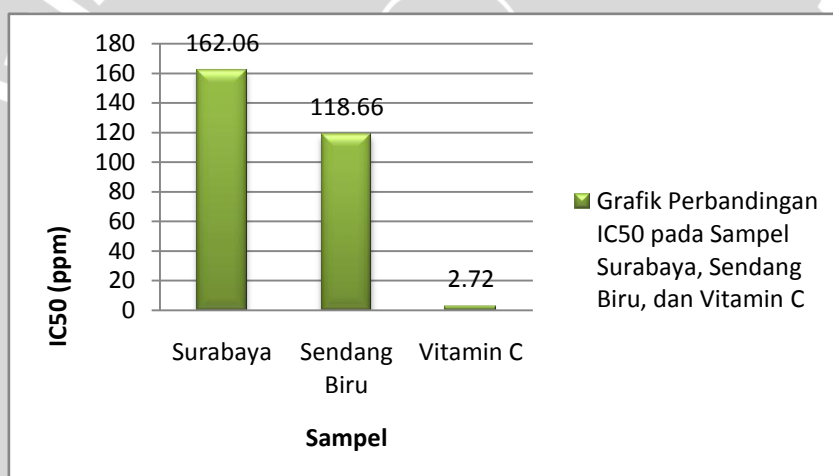
Nilai IC_{50} diperoleh dengan menggunakan persamaan regresi linier yang menyatakan hubungan antara konsentrasi sampel (senyawa uji) dengan simbol x dengan aktivitas penangkap radikal rata-rata dengan simbol y dari seri replikasi pengukuran. Nilai IC_{50} ketiga sampel disajikan dalam Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai IC_{50} aktivitas antioksidan penangkap radikal DPPH

No.	Sampel	Persamaan Regresi Linear	IC_{50} (ppm)
1.	Surabaya	$y = 0,160x + 24,07$	162,06
2.	Sendang Biru	$y = 0,194x + 26,98$	118,66
3.	Vitamin C	$y = 12,08x + 17,07$	2,72

Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH terhadap ekstrak metanol dengan sampel Surabaya pada konsentrasi 12,5, 25, 50, 100 dan 200 ppm, diperoleh IC_{50} sebesar 162,06 ppm dan ekstrak metanol dengan sampel Sendang Biru pada konsentrasi 12,5, 25, 50, 100 dan 200 ppm diperoleh IC_{50} sebesar 118,66 ppm lebih besar dari vitamin C yaitu 2,72 ppm. Hal ini

menunjukkan bahwa ekstrak sampel dan vitamin C mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat karena mempunyai IC_{50} kurang dari 200 ppm. Pengujian aktivitas antioksidan pada berbagai konsentrasi ternyata pada konsentrasi yang tertinggi menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi tetapi apabila dibandingkan dengan vitamin C, sampel mempunyai aktivitas antioksidan yang lebih rendah. Tetapi pada penelitian ini yang diuji masih berupa ekstrak kasar, sehingga masih ada kemungkinan senyawa murni yang dikandung memiliki aktivitas peredaman radikal bebas lebih kuat dibandingkan ekstraknya. Perbandingan IC_{50} pada sampel Surabaya, Sendang Biru, dan vitamin C dapat dilihat pada Gambar 28 di bawah ini.



Gambar 28. Perbandingan IC_{50} pada Sampel Surabaya, Sendang Biru, dan Vitamin C

Hal tersebut menunjukkan bahwa pengubahan atom -H menjadi gugus metil ($-CH_3$) melalui reaksi metilasi telah menurunkan aktivitas antioksidan, yang disebabkan pengurangan atom -H yang merupakan sumber proton untuk penangkapan radikal bebas. Aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan penambahan jumlah -OH selama jumlah -OH 2-5, tapi jika jumlah -OH lebih dari 6 maka akan terjadi penurunan aktivitas antioksidan. Semakin banyak radikal DPPH yang tereduksi, maka semakin besar nilai kapasitas antioksidan sampel (Kresnawaty dan Zainuddin, 2009).

Semakin kecil nilai IC_{50} maka senyawa uji tersebut mempunyai keefektifan sebagai penangkap radikal yang lebih baik. Maka, ekstrak yang berasal dari Sendang Biru lebih efektif sebagai penangkap radikal bebas dibandingkan ekstrak yang berasal dari Surabaya.

Vitamin C adalah nutrisi dan vitamin yang larut dalam air dan penting untuk kehidupan serta untuk menjaga kesehatan. Vitamin ini juga dikenal dengan nama kimia dari bentuk utamanya yaitu asam askorbat. Vitamin C dikenal sebagai antioksidan terlarut air paling dikenal, vitamin C juga secara efektif memungut formasi ROS dan radikal bebas (Iswara, 2009).

4.3 Skrining Fitokimia

Metode fitokimia digunakan untuk mengetahui kandungan sekunder, makromolekul serta penggunaan data yang diperoleh untuk menggolongkan tumbuhan. Metode ini juga penting untuk menentukan ciri atau sifat kimia dari fitotoksin (hasil sintesis mikroba yang terbentuk dalam tumbuhan tinggi bila tumbuhan tersebut diserang bakteri atau fungi) dan fitoaleksin (Harborne, 1987).

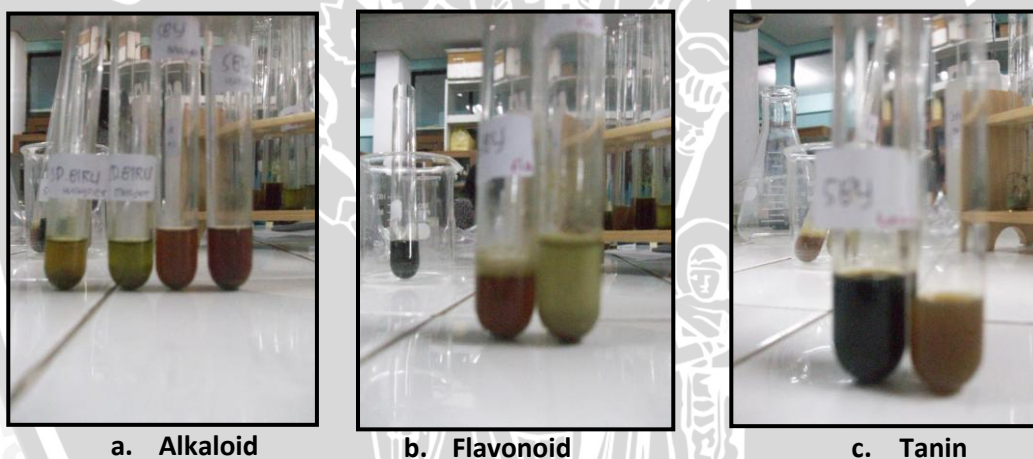
Skrining fitokimia bertujuan untuk mengetahui jenis metabolit sekunder apa yang terkandung dalam ekstrak. Jenis metabolit sekunder yang ditentukan dalam penelitian ini adalah alkaloid, flavonoid, dan tanin. Senyawa metabolit sekunder dalam tumbuhan biasanya tersebar merata ke seluruh bagian tumbuhan tetapi dalam kadar yang berbeda-beda (Asih dan Setiawan, 2008).

Menurut Wagner (1996), alkaloid positif bila timbul noda berwarna coklat atau jingga setelah penyempotan Dragendorff. Bila tanpa pereaksi kimia, di bawah lampu UV 365 nm, alkaloid akan berfluoresens biru, biru-hijau atau ungu. Pada uji flavonoid, bila tanpa pereaksi kimia, flavonoid berfluoresensi kuning, biru atau hijau, tergantung jenis strukturnya. Hasil skrining fitokimia disajikan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil skrining fitokimia ekstrak batang *Rhizophora mucronata*

Kandungan kimia	Metode pengujian	Hasil	
		Surabaya	Sendang Biru
Alkaloid	Mayer	+	+
	Wagner	+	+
Flavonoid	Mg/ HCl	-	-
	H ₂ SO ₄ pekat	-	-
Tanin	FeCl ₃ 1%	+	+

Hasil uji alkaloid pada ekstrak metanol dengan pereaksi Mayer diperoleh warna hijau dengan endapan berwarna putih, sedangkan uji alkaloid dengan pereaksi Dragendorff diperoleh warna hijau dengan endapan berwarna kecoklatan. Hasil uji dengan pereaksi Mayer dan Wagner ini menunjukkan bahwa ekstrak batang *Rhizophora mucronata* dari Surabaya dan sendang Biru mengandung alkaloid. Dalam Wordpress, beberapa pereaksi pengendapan digunakan untuk memisahkan jenis alkaloid. Hasil skrining fitokimia dapat dilihat pada Gambar 29.



a. Alkaloid

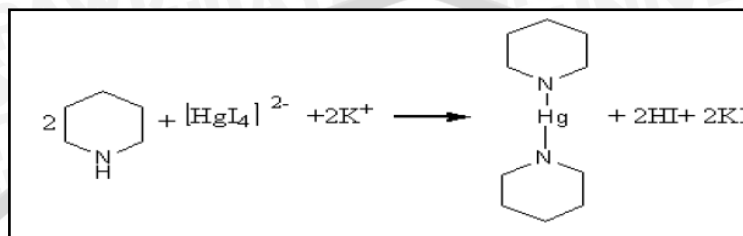
b. Flavonoid

c. Tanin

Gambar 29. Hasil skrining fitokimia

Pereaksi sering didasarkan pada kesanggupan alkaloid untuk bergabung dengan logam yang memiliki berat atom tinggi seperti merkuri, bismuth, tungsten, atau jood. Pereaksi Mayer mengandung kalium iodida dan merkuri klorida dan pereaksi pereaksi Wagner dan mengandung kalium iodida dan jood. Berbagai pereaksi tersebut menunjukkan perbedaan yang besar dalam hal sensitivitas terhadap gugus alkaloid yang berbeda. Kebanyakan alkaloid bereaksi dengan pereaksi-pereaksi tersebut tanpa

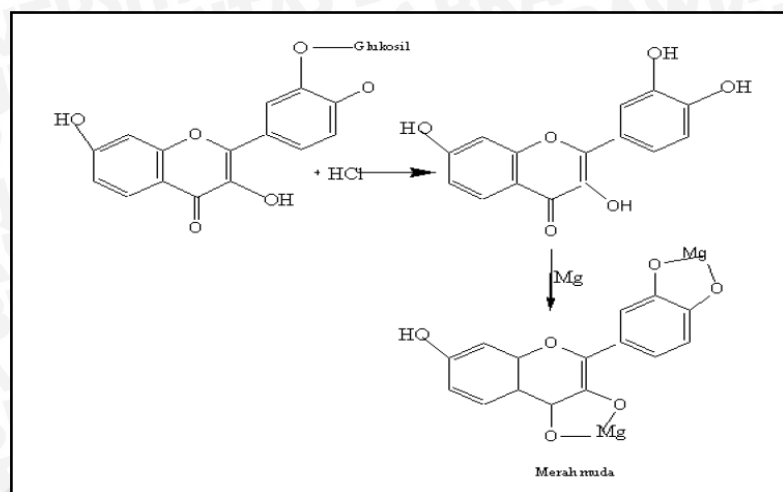
membedakan kelompok alkaloid. Reaksi dugaan antara alkaloid dengan pereaksi Meyer ditunjukkan oleh gambar 30 berikut ini :



Gambar 30. Reaksi dugaan antara alkaloid dengan pereaksi Meyer

Pada uji flavonoid juga menggunakan dua pereaksi yaitu dengan ditambahkan Mg - HCl dan H_2SO_4 pekat. Hasil uji flavonoid pada ekstrak metanol batang *Rhizophora mucronata* dari Surabaya setelah ditetaskan Mg - HCl menjadi hijau keruh dan berbusa, demikian pula pada sampel Sendang Biru. Pada penambahan H_2SO_4 pekat pada sampel Surabaya dan Sendang Biru berubah menjadi hijau kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa sampel ekstrak batang *Rhizophora mucronata* ini tidak mengandung flavonoid. Menurut Hanani (2005), senyawa flavonoid akan menimbulkan warna jingga sampai merah.

Uji flavonoid yang dilakukan dengan penambahan magnesium dan asam klorida pekat. Reaksi antara magnesium dengan asam klorida pekat menghasilkan warna merah muda, membentuk senyawa kompleks. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Gambar 31. Reaksi antara magnesium dengan asam klorida pekat

Menurut Harbrone (1987), flavonoid merupakan salah satu metabolit sekunder, kemungkinan keberadaannya dalam daun dipengaruhi oleh adanya proses fotosintesis. Flavonoid terdapat dalam tumbuhan sebagai campuran, jarang sekali dijumpai hanya flavonoid tunggal dalam jaringan tumbuhan. Di samping itu, sering terdapat campuran yang terdiri atas flavonoid yang berbeda kelas. Penggolongan jenis flavonoid dalam jaringan tumbuhan mula – mula didasarkan pada telaah sifat kelarutan dan reaksi warna. Kemudian diikuti dengan pemeriksaan ekstrak tumbuhan yang telah dihidrolisis secara kromatografi.

Flavonoid dan derivat polifenol merupakan senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan karena ketiga senyawa tersebut adalah senyawa-senyawa fenol, yaitu senyawa dengan suatu gugus –OH yang terikat pada karbon cincin aromatik, produk radikal bebas senyawa-senyawa ini terstabilkan secara resonansi dan karena itu tak reaktif dibandingkan dengan kebanyakan radikal bebas lain sehingga dapat berfungsi sebagai antioksidan yang efektif (Fessenden dan Fessenden, 1994).

Sampel batang *R. mucronata* dari Surabaya memiliki kandungan total fenol lebih kecil dibandingkan dengan sampel batang *R. mucronata* dari Sendang Biru. Ada korelasi

antara besarnya total fenol dengan kapasitas antioksidan pada kedua sampel tersebut adalah komponen fenolik.

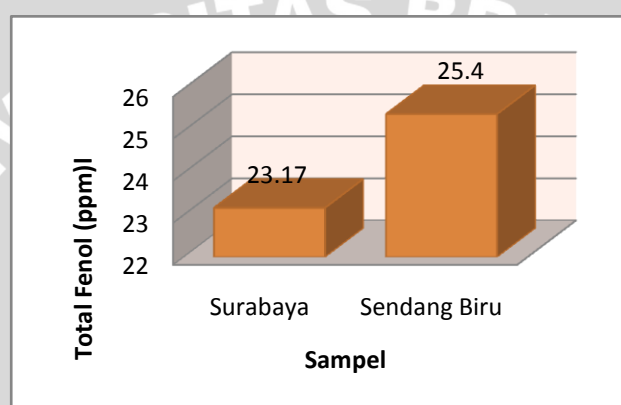
Gulcin *et al.* (2004) dan Pokorni *et al.*, (2001) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan dari senyawa alamiah yang berasal dari tanaman seperti flavonoid disebabkan adanya gugus hidroksi pada struktur molekulnya. Flavonoid dengan gugus hidroksi bebas mempunyai aktivitas penangkap radikal dan adanya gugus hidroksi lebih dari satu terutama pada cincin B akan meningkatkan aktivitas antioksidannya.

Menurut Risnasari (2002), tanin memiliki sifat umum, yaitu memiliki gugus phenol dan bersifat koloid. Karena itu di dalam air bersifat koloid dan asam lemah. Semua jenis tanin dapat larut dalam air. Kelarutannya besar, dan akan bertambah besar apabila dilarutkan dalam air panas. Begitu juga tanin akan larut dalam pelarut organik seperti metanol, etanol, aseton dan pelarut organik lainnya. Dengan garam besi memberikan reaksi warna. Reaksi ini digunakan untuk menguji klasifikasi tanin, karena tanin dengan garam besi memberikan warna hijau dan biru kehitaman. Tetapi uji ini kurang baik, karena selain tanin yang dapat memberikan reaksi warna, zat-zat lain juga dapat memberikan warna yang sama. Tanin menghasilkan warna hijau kebiruan dengan besi (III) klorida. Terjadinya pembentukan warna ini disebabkan karena terbentuknya senyawa kompleks antara logam Fe dan tanin. Senyawa kompleks terbentuk karena adanya ikatan kovalen koordinasi antara ion/atom logam dengan atom non-logam.

4.4 Total Fenol

Fenol merupakan salah satu komponen kimia tumbuhan yang memiliki manfaat sangat besar baik bagi tumbuhan itu sendiri maupun bagi manusia. Senyawa fenol

memiliki ciri cincin aromatik dan adanya satu atau dua penyulih hidroksil. Senyawa fenol lebih cenderung larut dalam air, karena senyawa ini biasanya berikatan dengan gula. Senyawa fenol mencakup beberapa golongan senyawa bahan alam. Mulai dari flavanoid, fenil propanoid, kuinon fenolik, lignin, melanin, dan tannin merupakan golongan senyawa fenol. Hasil uji total fenol pada sampel Surabaya yaitu sebesar 23,17 ppm dan Sendang Biru sebesar 25,40 ppm. Grafik perbandingan total fenol antara sampel Surabaya dan Sendang Biru seperti ditunjukkan pada Gambar 32 di bawah ini.



Gambar 32. Perbandingan total fenol

Hasil dari pengujian total fenol yaitu 23,17 ppm untuk ekstrak batang *R. mucronata* dari Surabaya, kemudian 25,40 ppm untuk batang *R. mucronata* dari Sendang Biru. Senyawa fenolik ketika diserang oleh radikal akan mampu meresonansikan elektron tidak berpasangan tersebut sehingga senyawa fenolik bisa stabil kembali. Karena itulah, senyawa fenolik tersebut tidak menjadi reaktif dan bisa dimanfaatkan sebagai antioksidan.

4.5 Timbal (Pb)

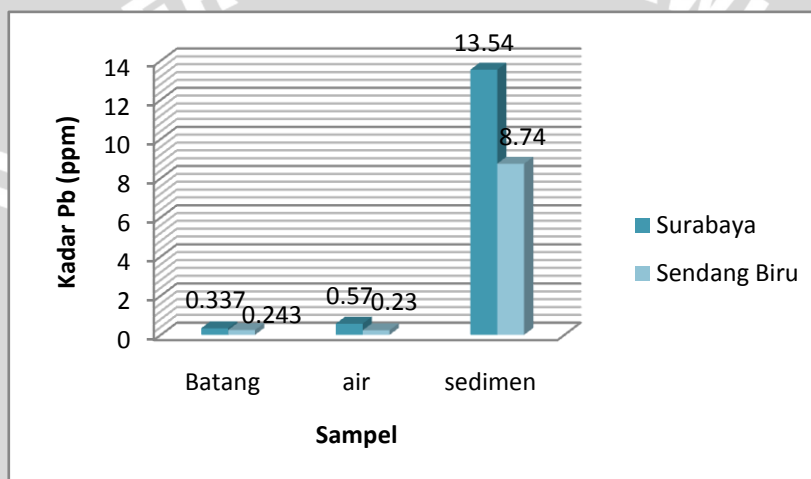
Timbal (Pb) dan persenyawaannya dapat berada di alam perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan

gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk ke dalam badan perairan (Fauziah, 2008). Hasil uji kadar Timbal (Pb) pada batang batang *R. mucronata*, air, dan sedimen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kadar Timbal (Pb) pada Batang, Air, dan Sedimen

Sampel	Batang <i>R. mucronata</i>	Air	Sedimen
Surabaya	0,337 ppm	0,57 ppm	13,54 ppm
Sendang Biru	0,243 ppm	0,23 ppm	8,74 ppm

Berikut grafik perbandingan kadar timbal (Pb) pada batang, air, dan sedimen antara sampel Surabaya dan Sendang Biru.



Gambar 33. Perbandingan Kadar Timbal (Pb) pada Batang, Air, dan Sedimen

Pada tabel disajikan kandungan logam berat Pb pada batang, air, dan sedimen di perairan Surabaya dan Sendang Biru. Apabila kandungan logam berat di sedimen dibandingkan dengan yang di air, maka kandungan logam berat yang di sedimen lebih besar daripada kandungan logam berat di air. Hal ini dapat terjadi melalui proses akumulasi bahan - bahan yang tidak larut dalam air yang selanjutnya terendapkan di dasar perairan. Tingginya kandungan logam berat pada sedimen erat hubungannya dengan sifat logam berat yang mudah terikat oleh bahan – bahan organik yang ada sedimen.

Dari grafik juga dapat dilihat bahwa kandungan logam Pb pada batang, air, dan sedimen pada Surabaya lebih tinggi dibandingkan dengan Sendang Biru. Di perairan estuari (badan air di pantai setengah tertutup yang berhubungan bebas dengan laut terbuka dimana di dalamnya terjadi pencampuran antara air laut dan air tawar dari sungai) Pantai Timur Surabaya bermuara 7 buah sungai besar di antaranya Kali Wonokromo dan Kali Wonorejo, Sungai-sungai tersebut membawa limbah padat dan cair yang berasal dari industri maupun rumah tangga yang pada akhirnya akan menumpuk dan mencemari perairan estuari Pantai Timur Surabaya. Pencemaran logam berat yang terjadi di Pantai Timur Surabaya terutama disebabkan oleh pembuangan limbah dari industri yang menggunakan logam berat dalam proses produksi seperti industri pengolah logam, cat dan pewarna, baterai, percetakan, kertas, tekstil, peralatan listrik dan sebagainya.

Lebih tingginya kandungan logam Pb pada batang, air, dan sedimen pada Surabaya dibandingkan Sendang Biru juga berbanding lurus dengan kandungan total fenol dan aktivitas antioksidan sampelnya. Hal ini mungkin berhubungan dengan terganggunya metabolisme mangrove dalam menghasilkan metabolit sekundernya. Menurut Panjaitan (2009), beraneka ragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan, tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur – unsur tersebut dibutuhkan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya. Beberapa unsur yang ditemukan di dalam tubuh tumbuhan ternyata dapat mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan, sebagai contoh adalah beberapa jenis logam berat seperti Al, Cd, Ag, dan Pb.

Mengel dan Kirby (1987) menyebutkan bahwa secara biokimia Pb berfungsi menghambat sistem enzim dalam mengkonversi asam amino dan pencemaran tumbuhan oleh Pb akan sangat membahayakan kesehatan dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman. Kadar Pb normal dalam tumbuhan

berkisar antara 2-3 ppm. Vegetasi di sekitar jalan raya dapat menyerap Pb sampai 50 ppm dimana Pb yang diserap diakumulasikan dalam dinding sel.

Menurut Widagdo (2005), sejumlah besar logam berat dapat terasosiasi dengan tumbuhan tinggi. Semua logam berat tersebut dapat berpotensi mencemari tumbuhan. Mekanisme pencemaran logam secara biokimia pada tumbuhan yang terbagi ke dalam enam proses yaitu: (1) logam mengganggu fungsi enzim, (2) logam sebagai anti metabolit, (3) logam membentuk lapisan endapan yang stabil (kelat) dengan metabolit esensial, (4) logam sebagai katalis dekomposisi pada metabolit esensial, (5) logam mengubah permeabilitas membran sel, (6) logam menggantikan struktur dan elektrokimia unsur yang paling penting dalam sel. Gejala akibat pencemaran logam berat, yakni klorosis, nekrosis pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal.

Penyerapan logam dapat diartikan bahwa kemampuan tanaman dalam lokalisasi logam pada sel dan jaringan sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti di akar dan dilanjutkan translokasi logam dari akar ke organ lain, yaitu batang dan daun. Logam yang diserap dari media oleh sel – sel akar akan mengikuti aliran transpirasi yang diatur oleh penyerapan air dari daun sehingga sebagian besar air dan logam tersebut akan mencapai daun, sedangkan akumulasi, logam yang diserap oleh tanaman akan membentuk mekanisme sel akan ikut terserap bersamaan dengan air yang dibutuhkan sebagai nutrisi (Hardiani, 2009).

4.6 Kualitas Tanah

Penyerapan garam mineral pada tumbuhan sebagian dikendalikan oleh aktivitas tajuk. Tajuk juga memasok akar dengan beberapa hormon tertentu yang mempengaruhi penyerapan oleh akar. Fotosintesis merupakan suatu proses

dimana terjadi sintesa karbohidrat tertentu dari karbondioksida dan air yang dilakukan oleh sel-sel yang berkhlorofil dengan adanya cahaya matahari dan dibebaskan oksigen. Hara pada ekosistem mangrove dibagi dalam dua kelompok, yaitu hara anorganik dan detritus organik. Hara anorganik penting untuk kelangsungan hidup mangrove. Hara ini terdiri dari N, P, K, Ca, Mg, dan Na. Kombinasi penambahan unsur N dan P dapat meningkatkan persentase fotosintesa pada tumbuhan mangrove. Hasil uji kualitas tanah pada Surabaya dan Sendang Biru dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Hasil uji kualitas tanah pada Surabaya dan Sendang Biru

Sampel	C. organik	N Total	C/N	Bahan organik	P. Olsen	Pasir	Debu	Liat	Tekstur
Surabaya	3,53%	0,26%	14	6,11 %	30,24 mg kg ⁻¹	1%	30%	69%	Liat
Sendang Biru	3,94%	0,19%	21	6,81%	32,56 mg kg ⁻¹	61%	7%	32%	Lempung liat berpasir

Hasil analisa kandungan N total hanya sebesar 0,26% untuk Surabaya dan 0,19% untuk Sendang Biru merupakan nilai yang cukup rendah. Fungsi Nitrogen memperbaiki tumbuhan vegetatif tanaman, merupakan unsur penyusun protein dan enzim. Nitrogen juga terkandung dalam klorofil dan hormon auksin. Kekurangan unsur Nitrogen pertumbuhan akan lambat, klorosis dan daun kuning seluruhnya lalu agak kecoklatan saat mati. Pada umumnya konsentrasi N yang tinggi berpengaruh positif terhadap pertumbuhan bibit mangrove (Hardjowigeno, 1989).

Hasil analisa kandungan P sebesar 30,24 mg kg⁻¹ untuk Surabaya dan 32,56 mg kg⁻¹ untuk Sendang Biru merupakan nilai yang sedang. Peranan Fosfor dalam tanah adalah (a.) memacu pertumbuhan akar dan pembentukan system perakaran yang baik dari benih dan tanaman muda ; (b.) mempercepat pembungaan dan pemasakan buah atau biji; (c.) memperbesar persentase

pembentukan bunga menjadi buah atau biji, dan (d.) sebagai penyusun inti sel, lemak, dan protein. Konsentrasi P yang tinggi tidak berpengaruh tanpa dipadukan dengan konsentrasi N yang tinggi terutama pada salinitas rendah terhadap pertumbuhan mangrove (Setyamidjaja, 1986).

Kalium diserap tanaman dalam jumlah mendekati atau bahkan kadang-kadang melebihi jumlah Nitrogen, namun kalium tersedia dalam tanah dalam jumlah terbatas. Oleh karena itu, jika kalium di dalam tanah tidak mencukupi untuk pertumbuhan maka tanaman akan menderita kekurangan kalium dan produksinya akan rendah (Purwaningsih, 2008).

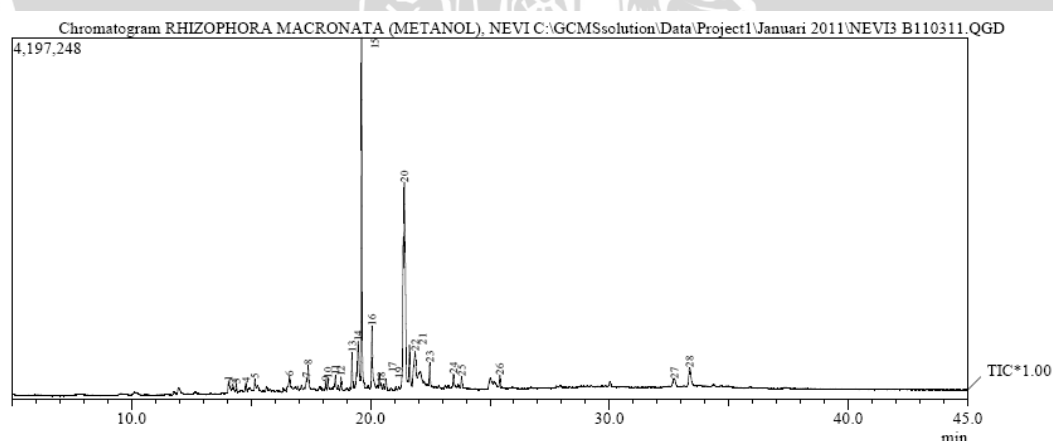
Tipe sedimen juga dapat mempengaruhi kandungan logam berat dalam sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir (Amin, 2002). Menurut Islami, *et al.*, (2007), tanah disebut bertekstur berliat jika kandungan liatnya > 35%. Porositasnya lebih tinggi (60%), tetapi sebagian besar merupakan pori berukuran kecil. Akibatnya, daya hantar air sangat lambat, dan sirkulasi udara kurang lancar. Kemampuan menyimpan air dan hara tanaman tinggi. Air yang ada diserap dengan energi yang tinggi, sehingga sulit dilepaskan terutama bila kering, sehingga juga kurang tersedia untuk tanaman. Tanah liat juga disebut tanah berat karena sulit diolah. Sehingga dari hasil uji kualitas tanah di atas, dapat diketahui bahwa kondisi tanah dan sedimen pada perairan Surabaya lebih mudah untuk menyerap logam berat dibandingkan dengan perairan Sendang Biru.

Hubungan antara kualitas tanah dan aktivitas antioksidan sebagai hasil metabolit sekunder adalah unsur hara tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan metabolit sekunder dalam jaringan tanaman. Menurut Crocomo, *et al.*, (1981), komposisi dan kadar penyusun tanah sangat berpengaruh terhadap pembentukan metabolit sekunder. Variasi komposisi media dan pengaruh lingkungan kultur dapat menyebabkan terjadinya variasi

produk, komposisi nutrisi terutama nitrat, fosfat, amonia, sumber karbon, dan kalsium mempengaruhi metabolisme primer dan sekunder pada sel tanaman.

4.7 Senyawa yang Berpotensi sebagai Antioksidan dari Ekstrak Batang *R.mucronata*

Identifikasi untuk menentukan profil senyawa antioksidan dalam ekstrak methanol batang bakau hitam (*Rhizophora mucronata*) dilakukan dengan menggunakan GC-MS (QP2010S SHIMADZU). Kolom yang digunakan adalah Rastek RXi-5MS (panjang 30 meter dan ID 0,25 mm). gas pembawa adalah helium dengan kecepatan aliran 80,1 mL/min serta tekanan kolom sebesar 16.5 kPa. Hasil dari analisa GC-MS adalah berupa kromatogram yang ditunjukkan dengan suatu grafik dengan beberapa puncak, setiap satu puncak mewakili satu jenis senyawa. Ekstrak batang *Rhizophora mucronata* menunjukkan 86 senyawa teridentifikasi dengan 28 puncak seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 34. Kromatogram GC-MS dari Ekstrak Batang Bakau Hitam (*Rhizophora mucronata*)

Berdasarkan kromatogram tersebut ekstrak batang *Rhizophora mucronata* diduga mengandung senyawa antioksidan berupa senyawa

hidrokarbon aromatis dan ester yang mempunyai ikatan rangkap dan gugus hidroksi seperti pada tabel di bawah ini.



Tabel 8. Senyawa antioksidan hasil analisis GC-MS ekstrak *R. mucronata*

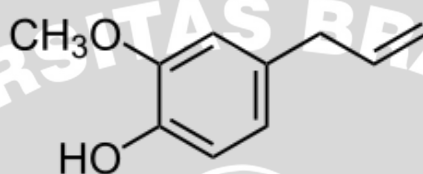
No.	Jenis Senyawa	Rumus Molekul	BM	Peak	Luas area (%)	SI
1.	<i>Eugenol</i>	$C_{10}H_{12}O_2$	164	1	0,612	94
2.	<i>Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- (CAS) (E)-Isoeugenol</i>	$C_{10}H_{12}O_2$	164	1	0,918	92
3.	<i>BHT</i>	$C_{15}H_{24}O$	220	4	0.62	93
4.	<i>Metoxyeugenol</i>	$C_{11}H_{14}O_3$	194	7	0,558	66
5.	<i>Isoferulic acid</i>	$C_{10}H_{10}O_4$	194	7	0,186	63

Menurut Suryaningrum, *et al.*, (2006), senyawa aromatik mengandung gugus hidroksi, khususnya ortho-di atau trihidroksi yang membentuk radikal cukup stabil. Adanya gugus hidroksi juga menjadi salah satu syarat agar suatu senyawa dapat memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa antioksidan ini memberikan manfaat sangat besar bagi sistem metabolisme tubuh, khususnya untuk meredam radikal bebas. Senyawa antioksidan memiliki peran yang sangat penting dalam mencegah penyakit degeneratif dan antikanker akibat nonviral dan non bakterial, misalnya akibat zat simbiotik yang menimbulkan mutasi genetik atau DNA.

Senyawa yang pertama adalah *Eugenol* yang terdapat pada peak 1, Similar Indeks (SI) 94, dengan luas area 0,612%, rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$, dan berat molekul 164. Senyawa yang kedua adalah *Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- (CAS) (E)-Isoeugenol* yang terdapat pada peak yang sama dengan eugenol yaitu peak 1, Similar Indeks (SI) 92, dengan luas area 0,918%, rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$, dan berat molekul 164.

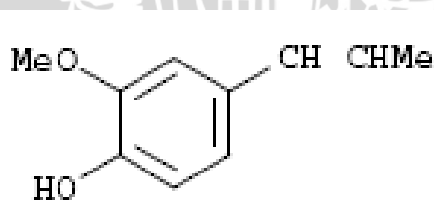
Eugenol merupakan cairan tidak berwarna atau berwarna kuning-pucat, dapat larut dalam alkohol, eter dan kloroform. Mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$, bobot molekulnya adalah 164,20 dan titik didih 250 -255°C (Bulan, 2004). Eugenol ($C_{10}H_{12}O_2$), merupakan turunan [guaiakol](#) yang mendapat tambahan rantai [alil](#), dikenal dengan nama [IUPAC](#) 2-metoksi-4-(2-propenil)fenol.

la dapat dikelompokkan dalam keluarga alilbenzena dari [senyawa-senyawa fenol](#). Warnanya bening hingga kuning pucat, kental seperti minyak. Eugenol sedikit larut dalam air namun mudah larut pada pelarut organik (Wikipedia, 2011). Eugenol atau 3-(4-hidroksi-3-metoksi fenil)) propena termasuk senyawa alam yang menarik karena mengandung beberapa gugus fungsional olefin atau allil, fenol, dan eter (Soelistyowati, 2011). Rumus bangun eugenol dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 35. Struktur Eugenol

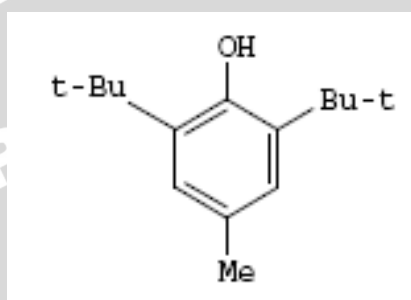
Eugenol dan Isoeugenol merupakan golongan fenilpropena dengan rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$. Ketiganya larut dalam lemak, jadi berbeda dengan kebanyakan senyawa fenol (Harborne, 1987). Menurut Aini *et.al* (2007), Isoeugenol dan eugenol merupakan senyawa antioksidan. Senyawa tersebut dapat menghambat atau memperlambat pembentukan peroksida dari senyawa asam lemak. Rumus bangun isoeugenol dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 36. Struktur Isoeugenol

Senyawa ketiga adalah BHT (*Butyl hydroxy toluene*) yang terdapat pada peak 4, Similar Indek (SI) 93, dengan luas area 0.62 %, rumus molekul $C_{15}H_{24}O$, dan berat molekul 220. BHT merupakan antioksidan phenolik yang banyak digunakan untuk mengawetkan minyak sayur. Senyawa ini dapat menghambat oksidasi lemak yang merupakan penyebab terjadinya ketengikan pada makanan

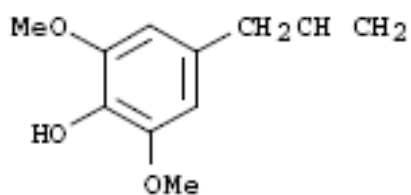
selama proses penyimpanan dan pengolahan (Angelo, 1996). Butil Hidroksi Toluene dalam mencegah degradasi bekerja sebagai antioksidan dengan membentuk radikal OH dan menangkap radikal bebas dari bahana terdegradasi supaya tidak terjadi siklus reaksi, antioksidan golongan fenol ini disebut juga pengganggu dalam suatu siklus reaksi (Hirwati, 2007). Rumus bangun BHT dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



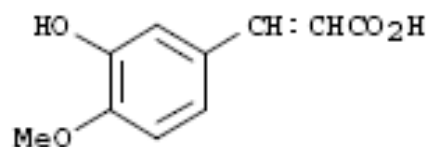
Gambar 37. Struktur BHT (*Butyl hydroxy toluene*)

BHT termasuk dalam jenis antioksidan primer (*primary antioxidant*) yaitu senyawa-senyawa fenol yang mampu memutus rantai reaksi pembentukan radikal bebas asam lemak. Dalam hal ini memberikan atom hidrogen yang berasal dari gugus hidroksi senyawa fenol sehingga terbentuk senyawa yang stabil. Senyawa antioksidan lain yang termasuk kelompok ini misalnya BHA, TBHQ, PG dan tokoferol (Yuswantina, 2009).

Senyawa keempat adalah *Metoxyeugenol* yang terdapat pada peak 7, Similar Indek (SI) 66, dengan luas area 0,558%, rumus molekul $C_{11}H_{14}O_3$, dan berat molekul 194. Senyawa kelima juga terdapat pada peak 7, dengan jenis *Isoferulic acid*, Similar Indek (SI) 63, dengan luas area 0,186%, rumus molekul $C_{10}H_{10}O_4$. Rumus bangun *Metoxyeugenol* dan *Isoferulic acid* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



(a)



(b)

Gambar 38. Rumus bangun (a) *Metoxyeugenol* dan (b) *Isoferulic acid*

Asam isoferulat adalah satu asam klorogenik (CGA). CGAs dibentuk oleh esterifikasi dari asam hidroksinnamik, seperti kafeeat, ferulat, dan {rho}-kumaray, dengan asam quinat. asam klorogenik banyak terdapat di kopi, dengan asam caffeoylquinic (CQA), feruloylquinic (FQA), and dicaffeoylquinic (diCQA) menjadi subkelas utama, dan kopi adalah produk makanan yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Asam isoferulat (*Isoferulic acid*) termasuk dalam kelas polifenol dan subkelas asam fenolat (Wikipedia, 2011).

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai uji aktivitas antioksidan batang *Rhizophora mucronata* ini dapat diambil kesimpulan :

- Ekstrak metanol batang *R. mucronata* mengandung senyawa antioksidan *eugenol*, *Phenol 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- (CAS) (E)-Isoeugenol*, *BHT*, *Metoxyeugenol*, dan *Isoferulic acid*. Pada sampel Surabaya diperoleh IC_{50} sebesar 162,06 ppm dan pada sampel Sendang Biru diperoleh IC_{50} sebesar 118,66 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak sampel dan vitamin C mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat karena mempunyai IC_{50} kurang dari 200 ppm.
- Dengan tingkat pencemaran yang berbeda, menunjukkan aktivitas antioksidan yang berbeda pula. Ekstrak yang berasal dari Sendang Biru lebih efektif sebagai penangkap radikal bebas dibandingkan ekstrak yang berasal dari Surabaya, dimana kandungan logam Pb di Surabaya lebih tinggi daripada di Sendang Biru.

5.2 Saran

Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut untuk mengisolasi, memurnikan serta mengidentifikasi senyawa aktif yang terdapat dalam batang *R. mucronata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adfa, M. 2005. Survey Etnobotani, Studi Senyawa Flavonoid dan Uji *Brine Shrimp* Beberapa Tumbuhan Obat Tradisional Suku Serawai di Propinsi Bengkulu. Jurnal Gradien Vol.1 No.1 Januari 2005 : 43-50.
- Amin, B. 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai Riau. Laboratorium Kimia Laut, Faperika, Universitas Riau.
- Andayani, R ; Lisawati, Y dan Maimunah . 2008. Penentuan Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolat Total dan Likopen pada Buah Tomat (*Solanum Lycopersicum* L). Fakultas Farmasi, Universitas Andalas, Padang STIFI Yayasan Perintis Padang. Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi, Vol. 13, No. 1, 2008. ISSN : 1410 – 0177.
- Asih, I. A. R. A. dan Setiawan, I. M. A. 2008. Senyawa Golongan Flavonoid pada Ekstrak n-butanol Kulit Batang Bungur (*Lagerstroemia speciosa* Pers.). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. Jurnal Kimia 2 (2), Juli 2008 : 111-116.
- Christian, G.D. 2004. *Analitical Chemistry*, 6th ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Fauziah, N. 2008. Analisis Pelindian (*Leaching*) Logam Berat Pb dari Limbah *Fly Ash* dalam Larutan Campuran Asam Sulfat-Asam Nitrat. Jurusan Ilmu Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta.
- Fessenden, J. R dan Fessenden, S. L. 1982. Kimia Organik. Edisi Ketiga Jilid 1 dan 2. Alih Bahasa oleh A. Pujaatmaja. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Fransworth, R., N. 1966. *Biologycal and Phytochemical Screening of Plants. Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol.55 No.3 Chicago : reheis Chemical Company. P. 257.
- Gulcin, I., Uguz, M.T., Oktay, M., Beydemir, S., and Kufrevioglu, O.I., 2004. *Evaluation of the Antioxidant and Antimicrobial Activities of Clary Sage (Salvia sclarea L.)*, *Turk I. Agric. For.* 28: 25-33.
- Hanani, E., A. Mun'im, R. Sekarini. 2005. Identifikasi Senyawa Antioksidan dalam Spons *Callyspongia sp* dari Kepulauan Seribu. Departemen Farmasi, FMIPA-UI, Kampus UI Depok 16424. Majalah Ilmu Kefarmasian, Vol. II, No.3, Desember 2005, 127 – 133. ISSN : 1693-9883.
- Harbone. B., J. 1987. Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Penerjemah Kosasih, P., dan Iwang Soediro. Bandung : Penerbit ITB hal 103, 152.

Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung.

Indraswari, A. 2008. Optimasi Pembuatan Ekstrak Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) menggunakan Metode Maserasi dengan Parameter Kadar Total Senyawa Fenolik dan Flavonoid. Fakultas Farmasi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Indrayana, R. 2008. Efek Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Daun Salam (*Syzygium polyanthum* [Wight.] Walp.) pada Serum Darah Tikus Putih Jantan Galur Wistar yang diinduksi Karbon Tetraklorida (CCl₄). Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Iskandar, Y. 2007. Karakterisasi Zat Metabolit Sekunder dalam Ekstrak Bunga Krisan (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) sebagai Bahan Pembuatan Biopestisida. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang

Iswara, A. 2009. Pengaruh Pemberian Antioksidan Vitamin C dan E terhadap Kualitas Spermatozoa Tikus Putih Terpapar *Allethrin*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.

Komayaharti, A. dan D. Paryanti. 2000. Ekstrak Daun Sirih sebagai Antioksidan pada Minyak Kelapa. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.

Kresnawaty, I. dan Zainuddin, A. 2009. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri dari Derivat Metil Ekstrak Etanol Daun Gambir (*Uncaria gambir*). Jurnal Littri 15(4), Desember 2009. Hlm. 145 – 151. ISSN 0853-8212.

Kuncahyo, I dan Sunardi. 2007. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*, L.) terhadap 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). D-III Teknologi Farmasi Fakultas Teknik Universitas Setia Budi. Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007) ISSN : 1978 – 9777.

Lasat, M.M. 2003. *The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil. American Association for the Advancement of Science Environmental Science and Engineering Fellow.*

Lenny S. 2006. Senyawa Flavonoida, Fenil Propanoida, dan Alkaloida. Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatra Utara Medan.

Lumbanraja, L. B. 2009. Skrining Fitokimia dan Uji Efek Antiinflamasi Ekstrak Etanol Daun Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.) terhadap Radang pada Tikus. Fakultas Farmasi Universitas Sumatra Utara Medan.

Marganof. 2003. Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan. Program Pasca Sarjana / S3. Institut Pertanian Bogor.

Meloan, C.E. 1999. *Chemical Separations: Principles, Techniques, and Experiments*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Minarti, Puspa Dewi N. L, LBS. Kardono dan B. Wahyudi. 2002. Penapisan Kimia Senyawa Alkaloid dalam Ekstrak Daun Johar (*Cassia siamea* Lamk). Pusat Penelitian Kimia LIPI Kawasan PUSPIPTEK Serpong.

Nursal dan N. Pasaribu. 2002. Indeks Nutrisi Larva Instar V *Heliothis Armigera* Hubner pada Makanan yang Mengandung Ekstrak Kulit Batang Bakau (*Rhizophora mucronata* Lamk.) dan Temperatur yang Berbeda. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara

Panjaitan, G. Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara Medan.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M., 2001, *Antioxidants in Food, Practical Applications*, 1-123, Wood Publishing Limited, Cambridge, England.

Praptiwi, P. Dewi, dan M. Harapini. 2006. Nilai Peroksida dan Aktivitas Anti Radikal Bebas *Diphenyl picril hydrazil hydrate* (DPPH) Ekstrak Metanol *Knema laurina*. Majalah Farmasi Indonesia, 17(1), 32 –36, 2006

Pratimasari, D. 2009. Uji Aktivitas Penangkap Radikal Buah *Carica papaya* L. dengan Metode DPPH dan Penetapan Kadar Fenolik serta Flavonoid Totalnya. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pribadi, I. 2009. Uji Aktivitas Penangkap Radikal Buah *Psidium guajava* L. dengan Metode DPPH dan Penetapan Kadar Fenolik serta Flavonoid Totalnya. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Priyanto, B.; Priyatno, J. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khusus Logam Berat. Melalui [http :// ltl .bppt tripod. com/sublab /lflora.htm](http://lflora.htm).

Purnobasuki, H. 2004. Potensi Mangrove sebagai Tanaman Obat. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Airlangga, Jl. Mulyorejo (Kampus C UNAIR) Surabaya.

Risnasari, I. 2002. Tanin. Fakultas Pertanian Jurusan Ilmu Kehutanan Universitas Sumatera Utara.

Rohdiana, D. 2006. Teh Hitam dan Antioksidan. Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambun.

Rohman, A dan Riyanto, S. 2005. Daya Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kemuning (*Murraya paniculata* (L) Jack) secara *in vitro*. Laboratorium Kimia Analisis, Bagian Kimia Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada Majalah Farmasi Indonesia, 16 (3), 136 – 140, 2005.

Sastrohamidjojo, H. 2001. *Dasar-Dasar Spektrofotokopi*, edisi kedua, cetakan kedua. Jogjakarta: Penerbit Liberty.

Setyamidjaja, D. 1986. Pupuk dan Pemupukan. CV. Simplex. Jakarta.

Sihombing, C. N ; Wathoni, N dan Rusdiana, T. 2005. Formulasi Gel Antioksidan Ekstrak Buah Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan Menggunakan Basis Aqupec 505 h. Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran Sumedang.

Siregar, E. B. M. 2005. Pencemaran Udara, Respon Tanaman, dan Pengaruhnya pada Manusia. Program Studi Kehutanan. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara.

Sjahid, L. R. 2008. Isolasi dan Identifikasi Flavonoid dari Daun Dewandaru (*Eugenia uniflora* L.) Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta

Soeksmanto, A; Y. Hapsari, dan P. Simanjuntak. 2007. Kandungan Antioksidan pada Beberapa Bagian Tanaman Mahkota Dewa, *Phaleria macrocarpa* (Scheff) Boerl. (Thymelaceae) Antioxidant content of parts of Mahkota dewa, *Phaleria macrocarpa* [Scheff] Boerl.(Thymelaceae) Pusat Penelitian Bioeknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Fakultas Farmasi, Universitas Pancasila, Jakarta. ISSN: 1412-033X. Volume 8, Nomor 2 April 2007.

Sriningsih, H. W. Adjib, W. Sumaryonoa, A. E. Wibowo, Caidir, Firdayani, S. Kusumaningrum, P. Kartakusuma. 2005. Analisa Senyawa Golongan Flavonoid Herba Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.). Pusat P2 Teknologi Farmasi dan Medika Deputi Bidang TAB BPPT Fakultas Farmasi Universitas Pancasila.

Sunarni T., S. Pramono dan R. Asmah. 2007. Flavonoid Antioksidan Penangkap Radikal dari Daun Kepel (*Stelechocarpus burahol* (Bl.) Hook f. & Th.). Fakultas Farmasi Universitas Setia Budi, Surakarta dan Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Majalah Farmasi Indonesia, 18(3), 111 – 116.

Suratmo. Potensi Ekstrak Daun Sirih Merah (*Piper crocatum*) sebagai Antioksidan. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

Tahir, I ; K. Wijaya, dan D. Widianingsih. 2005. Hubungan Kuantitatif Struktur-Aktivitas Antiradikal Senyawa Turunan Flavon / Flavonol Berdasarkan Pendekatan Free-Wilson. Pusat Kimia Komputasi Indonesia Austria Jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM Jogjakarta.

Wagner, H. and S. Bland. 1996. *Plant Drug Analysis; A Thin Layer Chromatography Atlas*. 2nd Edition. Berlin Heidelberg: Springer.

Widagdo, S. 2005. Tanaman Elemen Lanskap sebagai Biofilter untuk Mereduksi Polusi Timbal (Pb) di Udara. Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702). Sekolah Pasca Sarjana / S3.Institut Pertanian Bogor.

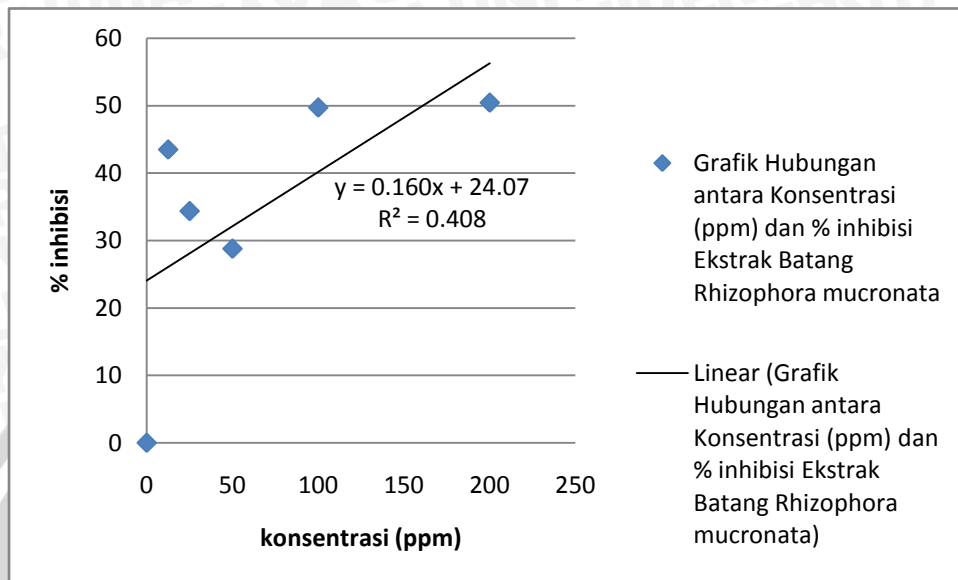
Widodo, N. 2007. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Alkaloid yang Terkandung dalam Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang

Yuswantina, R. 2009. Uji Aktivitas Penangkap Radikal dari Ekstrak Petroleum Eter, Etil Asetat dan Etanol Rhizoma Binahong (*Anredera cordifolia* (tenore) Steen) dengan Metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil) Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

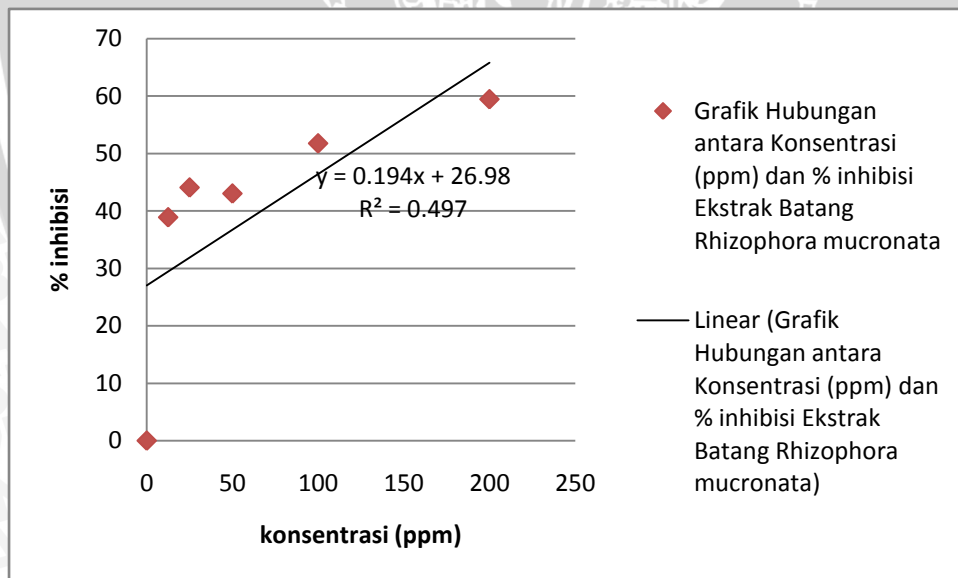


LAMPIRAN

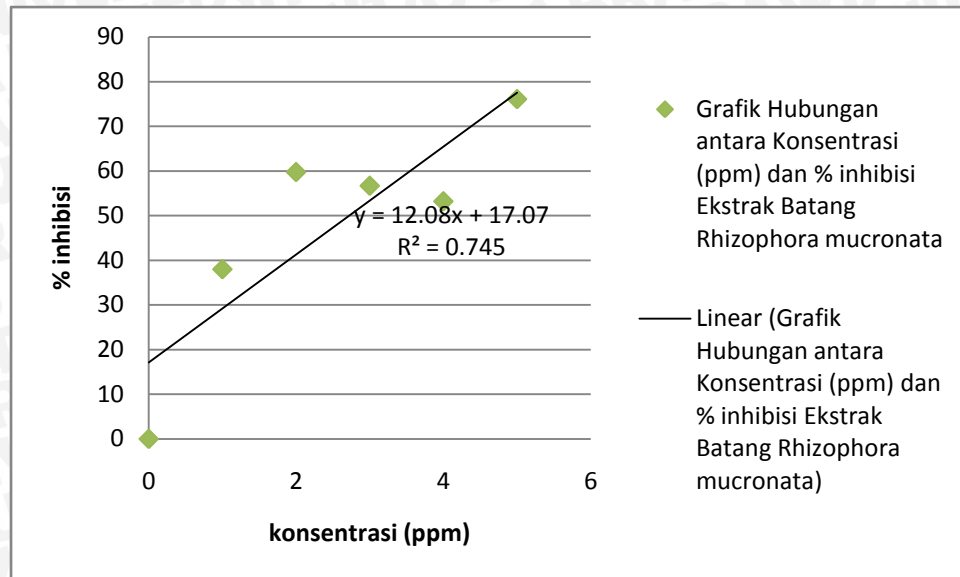
Lampiran 1.



1. Grafik Hubungan antara Konsentrasi (ppm) dan % inhibisi Ekstrak Batang *Rhizophora mucronata* Surabaya



2. Grafik Hubungan antara Konsentrasi (ppm) dan % inhibisi Ekstrak Batang *Rhizophora mucronata* Sendang Biru



3. Grafik Hubungan antara Konsentrasi (ppm) dan % inhibisi Vitamin C



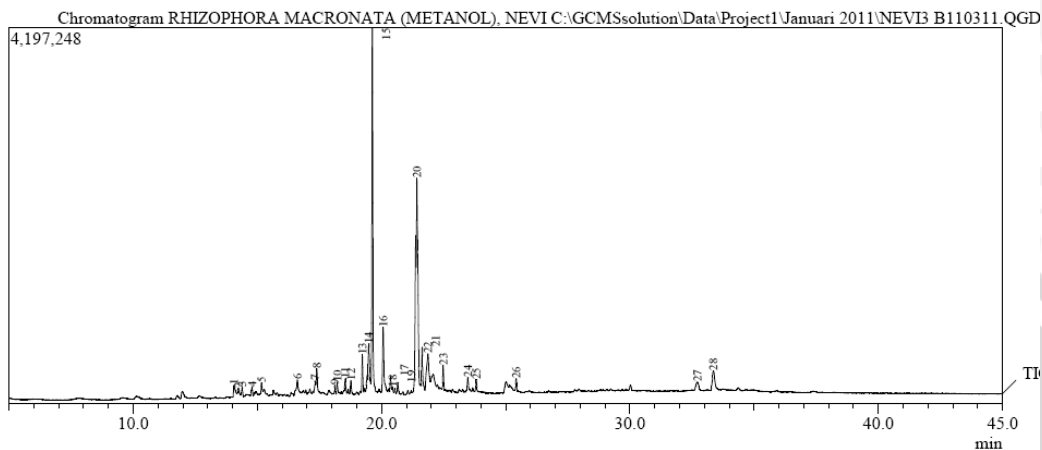
Lampiran 2. Hasil uji GC-MS ekstrak methanol batang bakau hitam (*R.mucronata*)



Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : RHIZOPHORA MACRONATA (METANOL), NEVI
 Sample ID : 136B.11
 Data File : C:\GCMSSolution\Data\Project1\Januari 2011\NEVI3 B110311.QGD
 Method File : C:\GCMSSolution\Data\Project1\Januari 2011\Ramadani (80-5-10-305-25)1.qgm
 Tuning File : C:\GCMSSolution\System\Tune1\02 MARET 2011.qgt



Peak#	R. Time	I. Time	F. Time	Area	Area%	Peak Report TIC	Height	Name
1	14.059	14.000	14.175	716006	1.53	129704		
2	14.236	14.175	14.317	492181	1.05	97764		
3	14.391	14.317	14.458	321715	0.69	102099		
4	14.790	14.717	14.842	292966	0.62	99068		
5	15.164	15.117	15.233	321481	0.69	111499		
6	16.613	16.475	16.717	761402	1.62	150316		
7	17.325	17.267	17.358	437393	0.93	132433		
8	17.394	17.358	17.517	868227	1.85	275784		
9	18.122	18.075	18.175	236224	0.50	97784		
10	18.218	18.175	18.300	339601	0.72	129987		
11	18.538	18.467	18.617	393103	0.84	145678		
12	18.767	18.708	18.833	397663	0.85	149028		
13	19.227	19.175	19.283	1008486	2.15	425371		
14	19.489	19.283	19.575	3023900	6.45	545608		
15	19.632	19.575	19.792	10838711	23.11	4069831		
16	20.066	19.992	20.242	2737263	5.84	728319		
17	20.369	20.242	20.408	593463	1.27	180659		
18	20.442	20.408	20.483	168524	0.36	63803		
19	20.653	20.583	20.742	379145	0.81	128001		
20	21.422	21.258	21.542	14725616	31.39	2384870		
21	21.637	21.542	21.750	1701829	3.63	486735		
22	21.868	21.750	21.967	2174651	4.64	355350		
23	22.483	22.417	22.550	686798	1.46	274173		
24	23.476	23.417	23.592	490396	1.05	152727		
25	23.813	23.750	23.900	388931	0.83	135470		
26	25.419	25.367	25.500	361688	0.77	138836		
27	32.717	32.592	32.850	673817	1.44	90863		
28	33.361	33.242	33.508	1379296	2.94	210635		
				46910476	100.00	11992395		

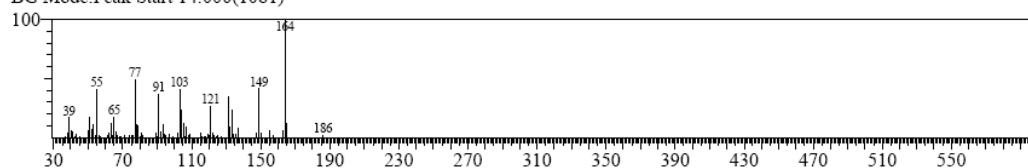
Library

<< Target >>

Line#:1 R.Time:14.058(Scan#:1088) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:79

RawMode:Single 14.058(1088) BasePeak:164.10(17082)

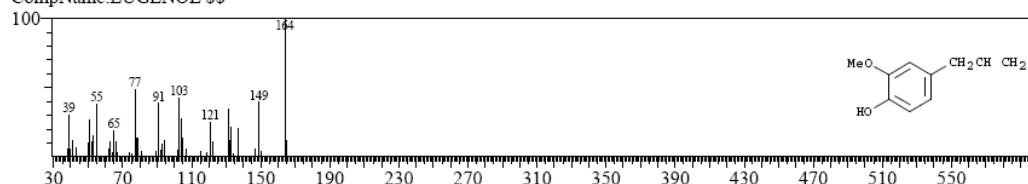
BG Mode:Peak Start 14.000(1081)



Hit#:1 Entry:38291 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C10 H12 O2 CAS:97-53-0 MolWeight:164 RetIndex:0

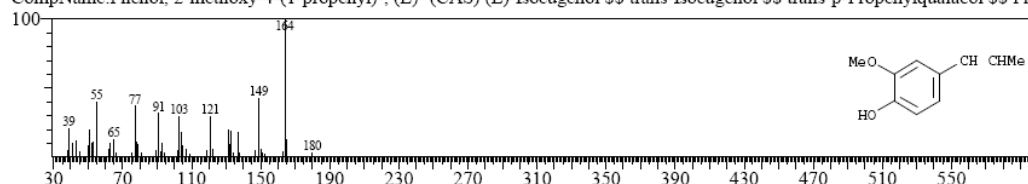
CompName:EUGENOL \$\$



Hit#:2 Entry:38173 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10 H12 O2 CAS:5932-68-3 MolWeight:164 RetIndex:0

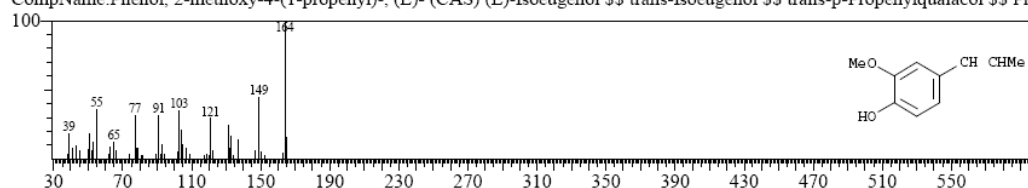
CompName:Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- (CAS) (E)-Isoeugenol \$\$ trans-Isoeugenol \$\$ trans-p-Propenylquaiacol \$\$ Phe



Hit#:3 Entry:38172 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10 H12 O2 CAS:5932-68-3 MolWeight:164 RetIndex:0

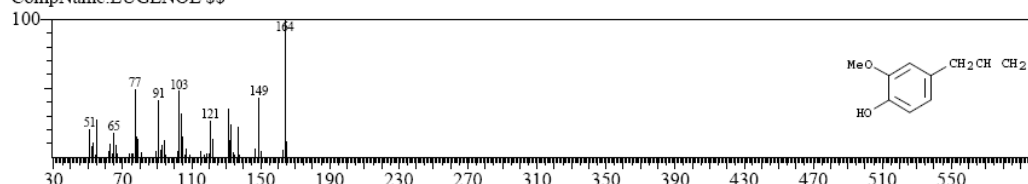
CompName:Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- (CAS) (E)-Isoeugenol \$\$ trans-Isoeugenol \$\$ trans-p-Propenylquaiacol \$\$ Phe



Hit#:4 Entry:38285 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10 H12 O2 CAS:97-53-0 MolWeight:164 RetIndex:0

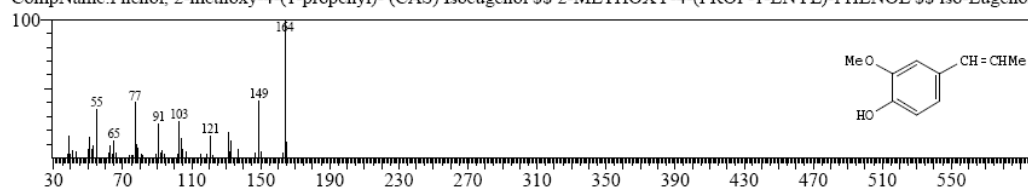
CompName:EUGENOL \$\$



Hit#:5 Entry:38177 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C10 H12 O2 CAS:97-54-1 MolWeight:164 RetIndex:0

CompName:Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)- (CAS) Isoeugenol \$\$ 2-METHOXY-4-(PROP-1-ENYL)-PHENOL \$\$ iso-Eugenol

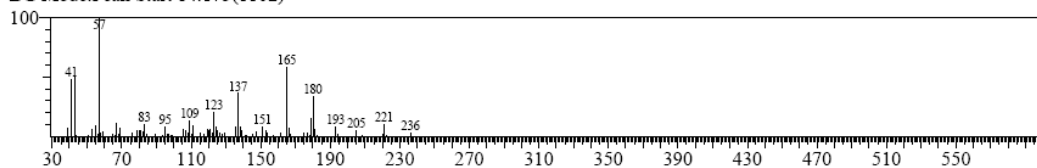


<< Target >>

Line#:2 R.Time:14.233(Scan#:1109) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:79

RawMode:Single 14.233(1109) BasePeak:57.10(10086)

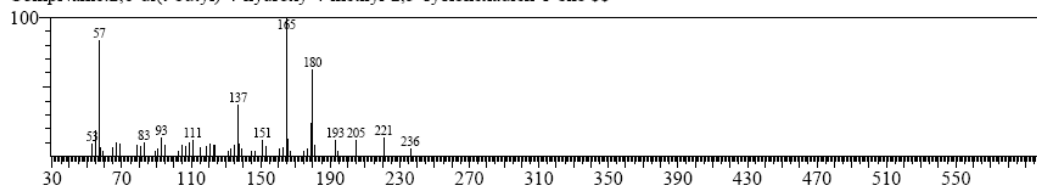
BG Mode:Peak Start 14.175(1102)



Hit#1 Entry:98293 Library:WILEY229.LIB

SI:77 Formula:C15 H24 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:236 RetIndex:0

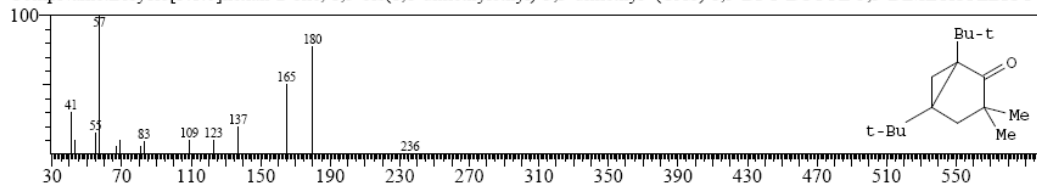
CompName:2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one \$\$



Hit#2 Entry:98418 Library:WILEY229.LIB

SI:70 Formula:C16 H28 O CAS:19377-95-8 MolWeight:236 RetIndex:0

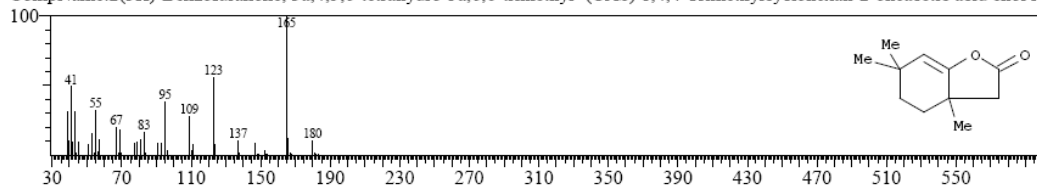
CompName:Bicyclo[3.1.0]hexan-2-one, 1,5-bis(1,1-dimethylethyl)-3,3-dimethyl- (CAS) 1,5-DI-T-BUTYL-3,3-DIMETHYLBICYC



Hit#3 Entry:50834 Library:WILEY229.LIB

SI:66 Formula:C11 H16 O2 CAS:16778-26-0 MolWeight:180 RetIndex:0

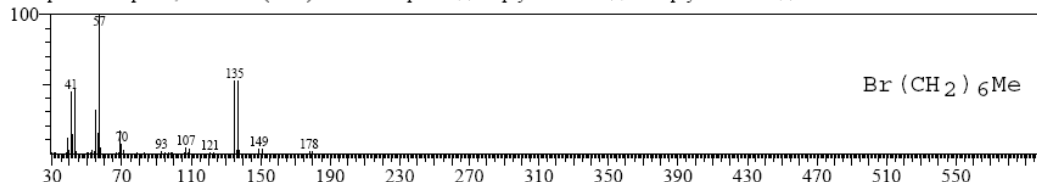
CompName:2(3H)-Benzofuranone, 3a,4,5,6-tetrahydro-3a,6,6-trimethyl- (CAS) 1,4,4-Trimethylcyclohexan-2-oneacetic acid enol la



Hit#4 Entry:48626 Library:WILEY229.LIB

SI:65 Formula:C7 H15 BR CAS:629-4-9 MolWeight:178 RetIndex:0

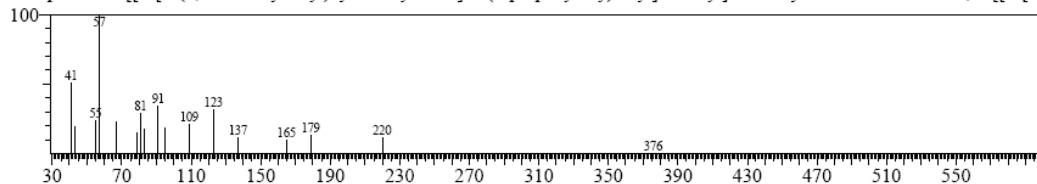
CompName:Heptane, 1-bromo- (CAS) 1-Bromoheptane \$\$ Heptyl bromide \$\$ n-Heptyl bromide \$\$



Hit#5 Entry:185400 Library:WILEY229.LIB

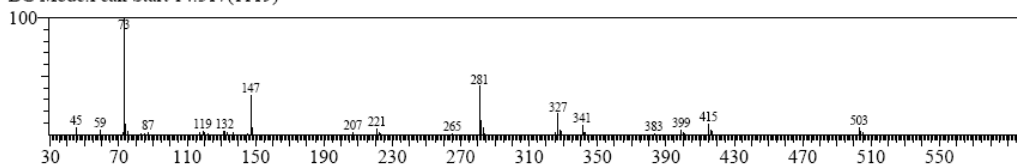
SI:64 Formula:C22 H32 O3 S CAS:109787-68-0 MolWeight:376 RetIndex:0

CompName:1-[[2-[4-(2,2-dimethylethyl)cyclohexylidene]-2-(2-propenyloxy)ethyl]sulfonyl]-4-methylbenzene \$\$ Benzene, 1-[[2-[4-



<< Target >>

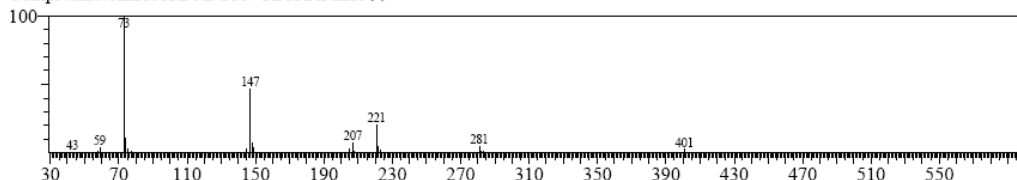
Line# 3 R.Time:14.392(Scan#:1128) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:46
RawMode:Single 14.392(1128) BasePeak:73.10(25676)
BG Mode:Peak Start 14.317(1119)



Hit# 1 Entry:228436 Library:WILEY229 LIB

SI:82 Formula:C24 H72 O12 SI12 CAS:0-0-0 MolWeight:888 RetIndex:0

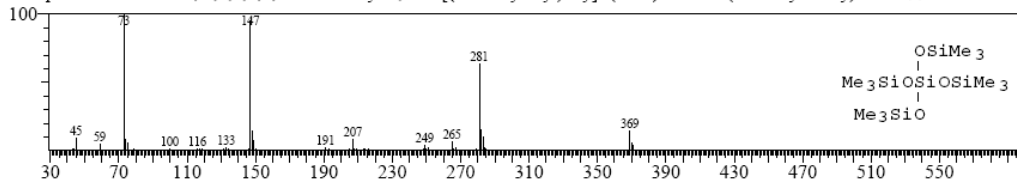
CompName:SILICATE ANION TETRAMER \$\$



Hit# 2 Entry:187841 Library:WILEY229 LIB

SI:78 Formula:C12 H36 O4 Si5 CAS:3555-47-3 MolWeight:384 RetIndex:0

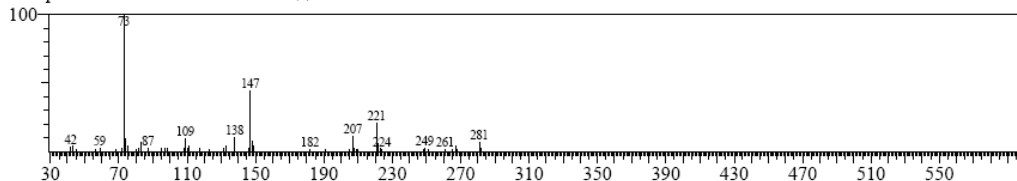
CompName:Trisiloxane, 1,1,1,5,5,5-hexamethyl-3,3-bis[(trimethylsilyl)oxy]- (CAS) Tetrakis(trimethylsiloxy)silane \$\$ Trisiloxane,



Hit# 3 Entry:208884 Library:WILEY229 LIB

SI:74 Formula:(C14 H42 O5 Si6)n CAS:0-0-0 MolWeight:458 RetIndex:0

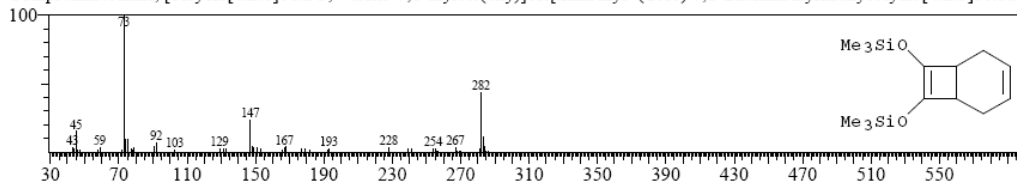
CompName:SILICONE POLYMER \$\$



Hit# 4 Entry:132756 Library:WILEY229 LIB

SI:73 Formula:C14 H26 O2 Si2 CAS:36461-33-3 MolWeight:282 RetIndex:0

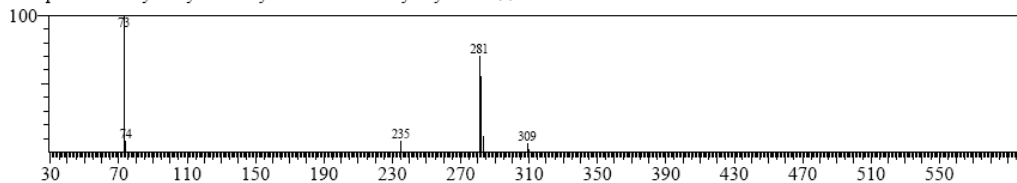
CompName:Silane, [bicyclo[4.2.0]octa-3,7-diene-7,8-diylbis(oxy)]bis[trimethyl-] (CAS) 7,8-Bistrimethylsiloxybicyclo[4.2.0]octadiene



Hit# 5 Entry:160374 Library:WILEY229 LIB

SI:72 Formula:C19 H20 O3 Si MolWeight:324 RetIndex:0

CompName:10-hydroxy-10-acetylanthrone trimethylsilyl ether \$\$

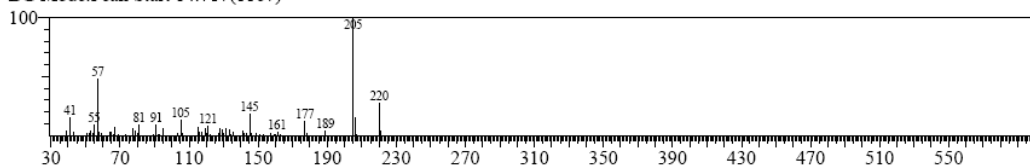


<< Target >>

Line# 4 R Time: 14.792 (Scan#: 1176) Retention Index: \$TargetRetIndex\$ MassPeaks: 65

RawMode: Single 14.792 (1176) BasePeak: 205.15 (21219)

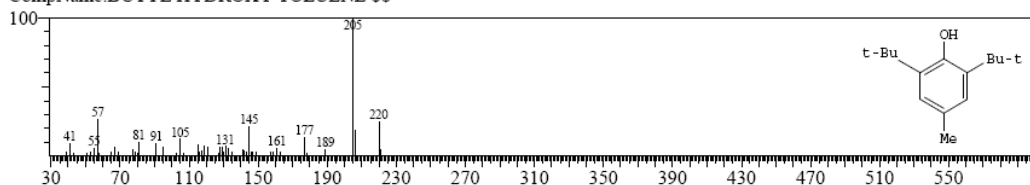
BG Mode: Peak Start 14.717 (1167)



Hit# 1 Entry: 84667 Library: WILEY229 LIB

SI: 93 Formula: C₁₅H₂₄O CAS: 128-37-0 MolWeight: 220 RetIndex: 0

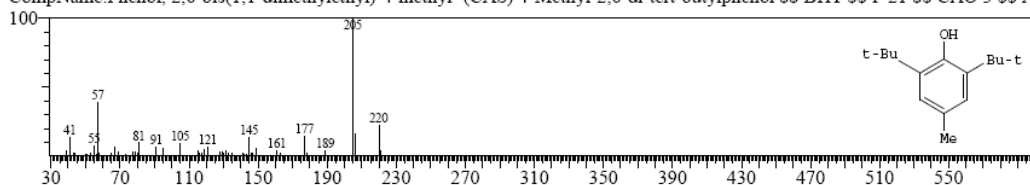
CompName: BUTYL HYDROXY TOLUENE \$\$\$



Hit# 2 Entry: 84433 Library: WILEY229 LIB

SI: 91 Formula: C₁₅H₂₄O CAS: 128-37-0 MolWeight: 220 RetIndex: 0

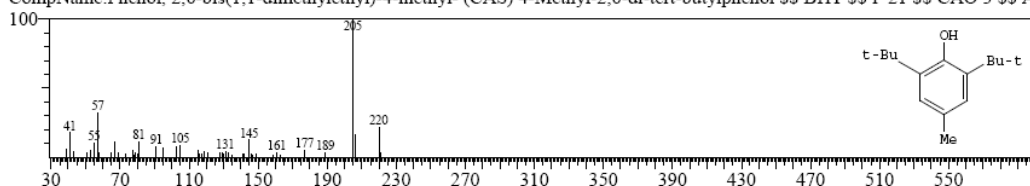
CompName: Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- (CAS) 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol \$\$\$ BHT \$\$\$ P 21 \$\$\$ CAO 3 \$\$\$ A



Hit# 3 Entry: 84434 Library: WILEY229 LIB

SI: 91 Formula: C₁₅H₂₄O CAS: 128-37-0 MolWeight: 220 RetIndex: 0

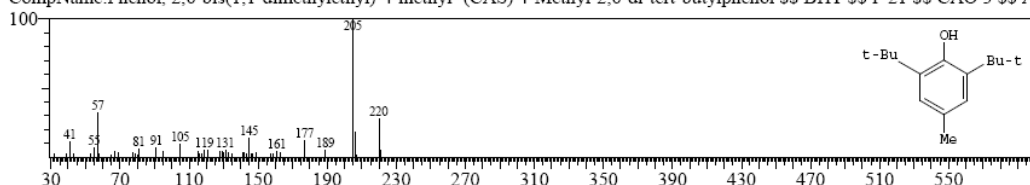
CompName: Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- (CAS) 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol \$\$\$ BHT \$\$\$ P 21 \$\$\$ CAO 3 \$\$\$ A



Hit# 4 Entry: 84431 Library: WILEY229 LIB

SI: 91 Formula: C₁₅H₂₄O CAS: 128-37-0 MolWeight: 220 RetIndex: 0

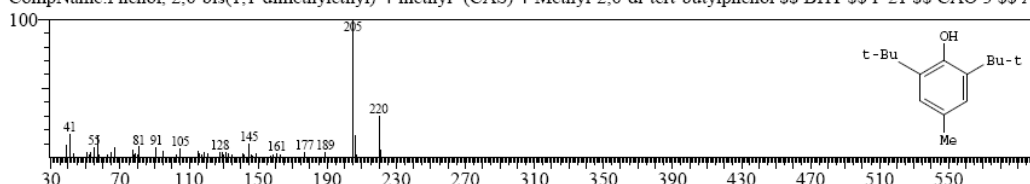
CompName: Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- (CAS) 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol \$\$\$ BHT \$\$\$ P 21 \$\$\$ CAO 3 \$\$\$ A



Hit# 5 Entry: 84438 Library: WILEY229 LIB

SI: 90 Formula: C₁₅H₂₄O CAS: 128-37-0 MolWeight: 220 RetIndex: 0

CompName: Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- (CAS) 4-Methyl-2,6-di-tert-butylphenol \$\$\$ BHT \$\$\$ P 21 \$\$\$ CAO 3 \$\$\$ A

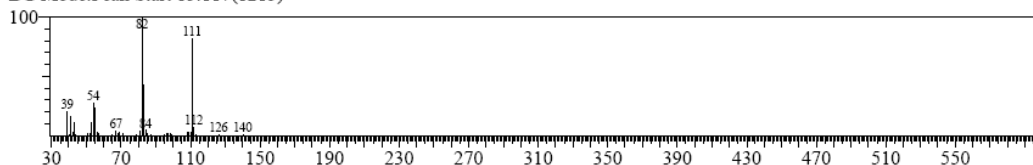


<< Target >>

Line# 5 R.Time:15.167(Scan#:1221) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:38

RawMode:Single 15.167(1221) BasePeak:82.10(28328)

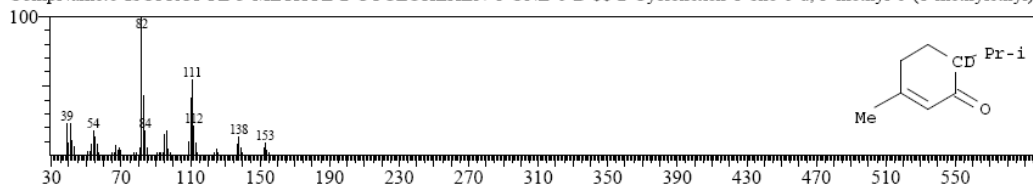
BG Mode:Peak Start 15.117(1215)



Hit#1 Entry:29727 Library:WILEY229.LIB

SI:81 Formula:C10 H15 D O CAS:54193-87-2 MolWeight:152 RetIndex:0

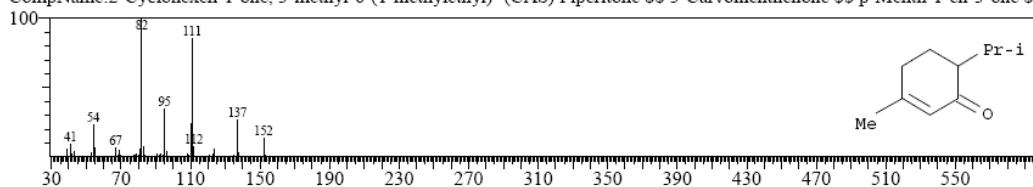
CompName:6-ISOPROPYL-3-METHYL-2-CYCLOHEXEN-1-ONE-6-D \$\$ 2-Cyclohexen-1-one-6-d, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-



Hit#2 Entry:29422 Library:WILEY229.LIB

SI:79 Formula:C10 H16 O CAS:89-81-6 MolWeight:152 RetIndex:0

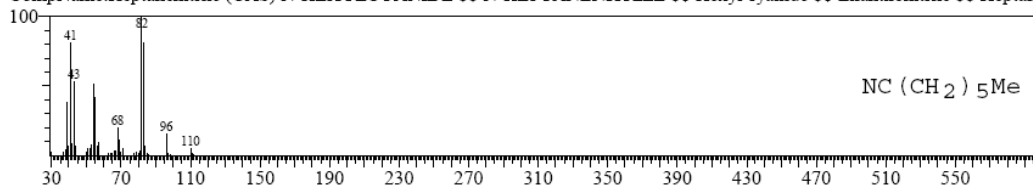
CompName:2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)- (CAS) Piperitone \$\$ 3-Carvomenthenone \$\$ p-Menth-1-en-3-one \$\$



Hit#3 Entry:8126 Library:WILEY229.LIB

SI:78 Formula:C7 H13 N CAS:629-8-3 MolWeight:111 RetIndex:0

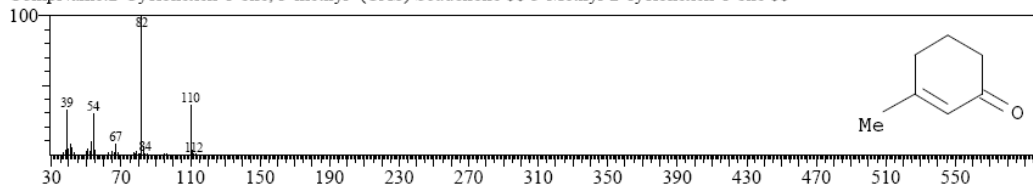
CompName:Heptanenitrile (CAS) N-HEXYLCYANIDE \$\$ N-HEPTANENITRILE \$\$ Hexyl cyanide \$\$ Enanthonitrile \$\$ Heptano



Hit#4 Entry:7798 Library:WILEY229.LIB

SI:78 Formula:C7 H10 O CAS:1193-18-6 MolWeight:110 RetIndex:0

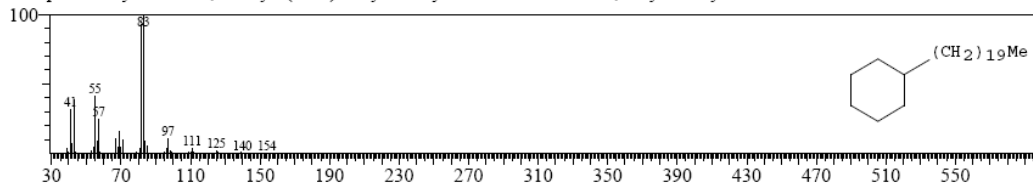
CompName:2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl- (CAS) Seudonone \$\$ 3-Methyl-2-cyclohexen-1-one \$\$



Hit#5 Entry:180610 Library:WILEY229.LIB

SI:77 Formula:C26 H52 CAS:4443-55-4 MolWeight:364 RetIndex:0

CompName:Cyclohexane, eicosyl- (CAS) 1-Cyclohexyleicosane \$\$ Eicosane, 1-cyclohexyl- \$\$

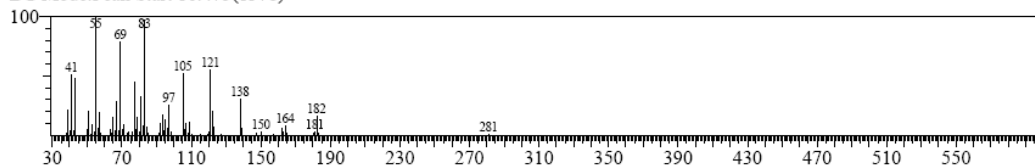


<< Target >>

Line# 6 R.Time:16.617(Scan#:1395) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:71

RawMode:Single 16.617(1395) BasePeak:55.10(16410)

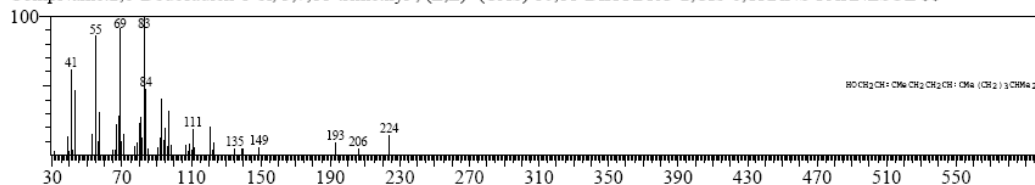
BG Mode:Peak Start 16.475(1378)



Hit# 1 Entry:88585 Library:WILEY229.LIB

SI:78 Formula:C15 H28 O CAS:20576-58-3 MolWeight:224 RetIndex:0

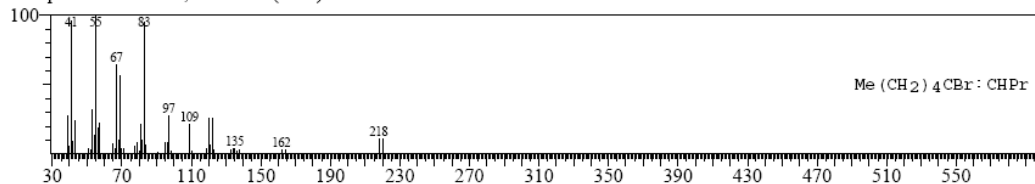
CompName:2,6-Dodecadien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)- (CAS) 10,11-DIHYDRO-2,CIS-6,TRANS-FARNESOL \$\$



Hit# 2 Entry:82036 Library:WILEY229.LIB

SI:77 Formula:C10 H19 BR CAS:61141-75-1 MolWeight:218 RetIndex:0

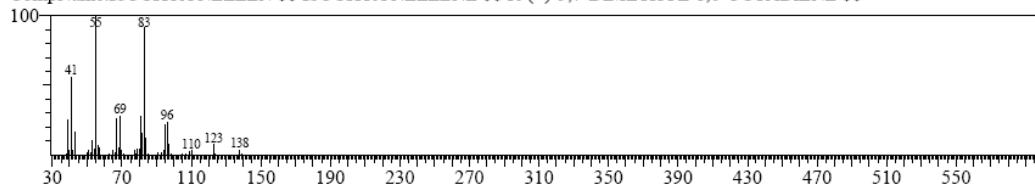
CompName:4-Decene, 5-bromo- (CAS)



Hit# 3 Entry:20722 Library:WILEY229.LIB

SI:77 Formula:C10 H18 CAS:2436-90-0 MolWeight:138 RetIndex:0

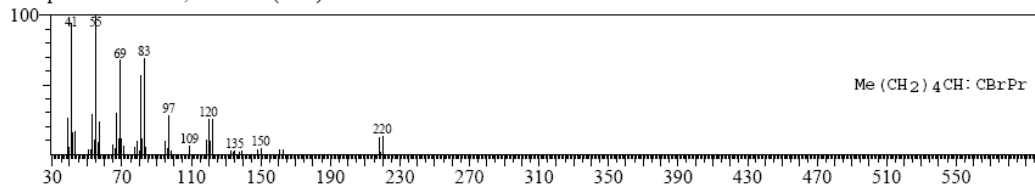
CompName:ISOCITRONELLENE \$\$ ISOCITRONELLENE \$R-(+)-5,7-DIMETHYL-1,6-OCTADIENE \$\$



Hit# 4 Entry:82035 Library:WILEY229.LIB

SI:77 Formula:C10 H19 BR CAS:61141-76-2 MolWeight:218 RetIndex:0

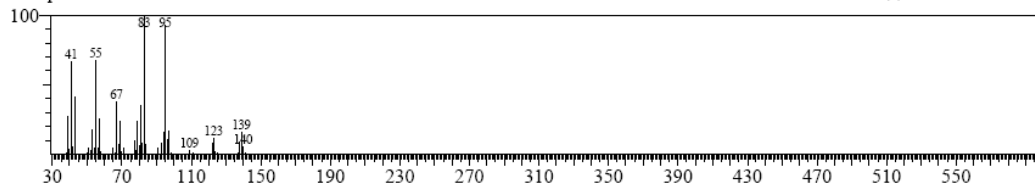
CompName:4-Decene, 4-bromo- (CAS)



Hit# 5 Entry:130406 Library:WILEY229.LIB

SI:76 Formula:C18 H30 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:278 RetIndex:0

CompName:MENTHYL ESTER OF 3-METHYL-4-METHYLENE-CYCLOPENTANECARBOXYLIC ACID \$\$

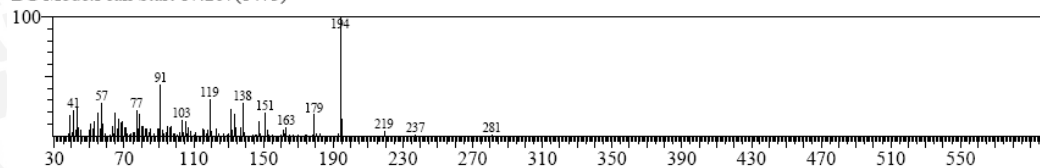


<< Target >>

Line#:7 R.Time:17.325(Scan#:1480) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:109

RawMode:Single 17.325(1480) BasePeak:194.10(14572)

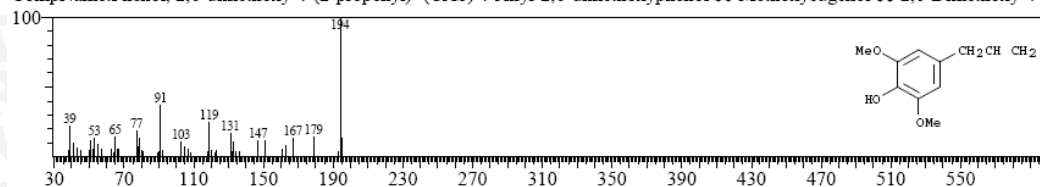
BG Mode:Peak Start 17.267(1473)



Hit#:1 Entry:61759 Library:WILEY229 LIB

SI:77 Formula:C11 H14 O3 CAS:6627-88-9 MolWeight:194 RetIndex:0

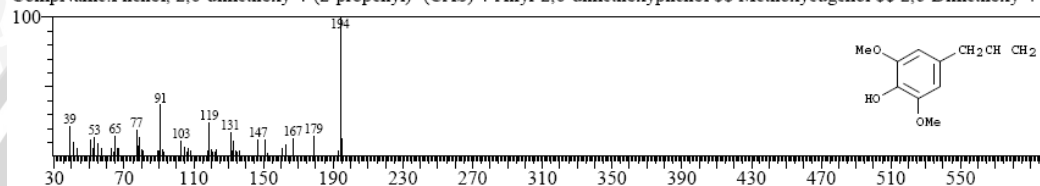
CompName:Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol \$\$ Methoxyeugenol \$\$ 2,6-Dimethoxy-4-a



Hit#:2 Entry:61760 Library:WILEY229 LIB

SI:77 Formula:C11 H14 O3 CAS:6627-88-9 MolWeight:194 RetIndex:0

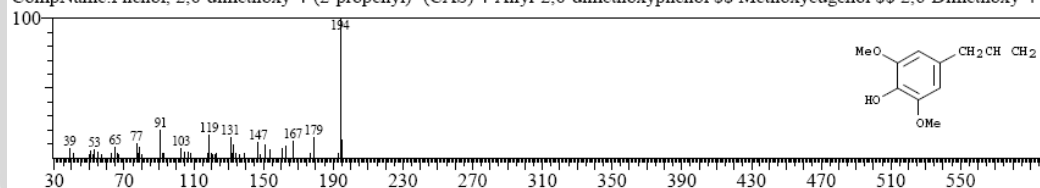
CompName:Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol \$\$ Methoxyeugenol \$\$ 2,6-Dimethoxy-4-a



Hit#:3 Entry:61758 Library:WILEY229 LIB

SI:66 Formula:C11 H14 O3 CAS:6627-88-9 MolWeight:194 RetIndex:0

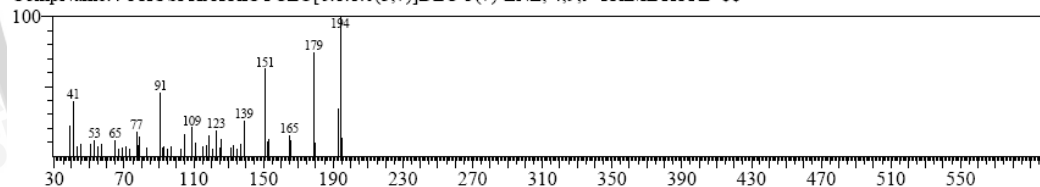
CompName:Phenol, 2,6-dimethoxy-4-(2-propenyl)- (CAS) 4-Allyl-2,6-dimethoxyphenol \$\$ Methoxyeugenol \$\$ 2,6-Dimethoxy-4-a



Hit#:4 Entry:62261 Library:WILEY229 LIB

SI:66 Formula:C12 H19 P CAS:0-0-0 MolWeight:194 RetIndex:0

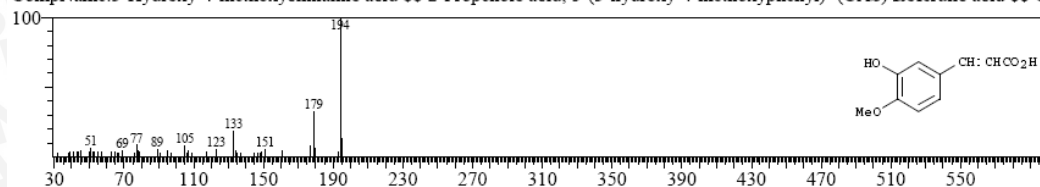
CompName:4-PHOSPHATRICYCLO[6.1.1.0(3,7)]DEC-3(7)-ENE, 4,9,9-TRIMETHYL- \$\$



Hit#:5 Entry:61531 Library:WILEY229 LIB

SI:63 Formula:C10 H10 O4 CAS:537-73-5 MolWeight:194 RetIndex:0

CompName:3-Hydroxy-4-methoxycinnamic acid \$\$ 2-Propenoic acid, 3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)- (CAS) Isoferulic acid \$\$ C:

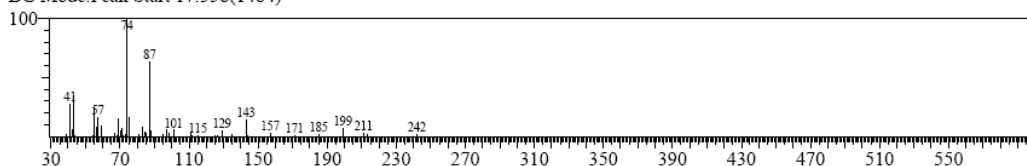


<< Target >>

Line# 8 R.Time: 17.392 (Scan#: 1488) Retention Index: \$TargetRetIndex\$ MassPeaks: 45

RawMode: Single 17.392 (1488) BasePeak: 74.10 (45616)

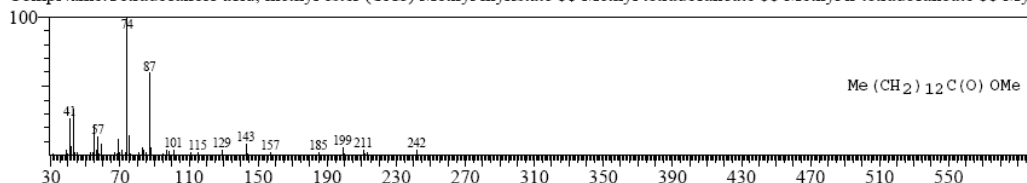
BG Mode: Peak Start 17.358 (1484)



Hit# 1 Entry: 103147 Library: WILEY229.LIB

SI: 95 Formula: C₁₅H₃₀O₂ CAS: 124-10-7 MolWeight: 242 RetIndex: 0

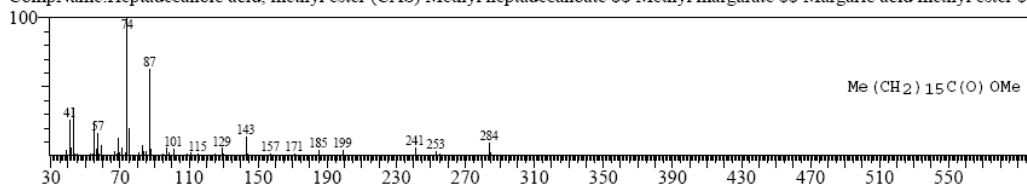
CompName: Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate \$\$ Methyl tetradecanoate \$\$ Methyl n-tetradecanoate \$\$ Myr



Hit# 2 Entry: 134642 Library: WILEY229.LIB

SI: 94 Formula: C₁₈H₃₆O₂ CAS: 1731-92-6 MolWeight: 284 RetIndex: 0

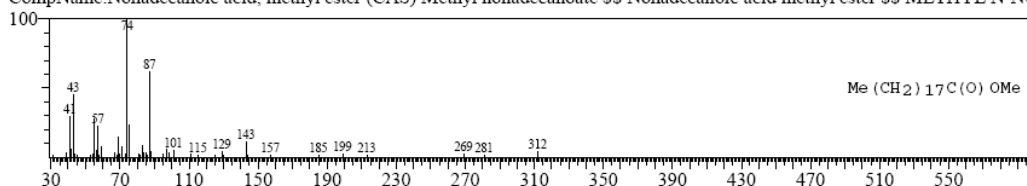
CompName: Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heptadecanoate \$\$ Methyl margarate \$\$ Margaric acid methyl ester \$\$



Hit# 3 Entry: 153311 Library: WILEY229.LIB

SI: 93 Formula: C₂₀H₄₀O₂ CAS: 1731-94-8 MolWeight: 312 RetIndex: 0

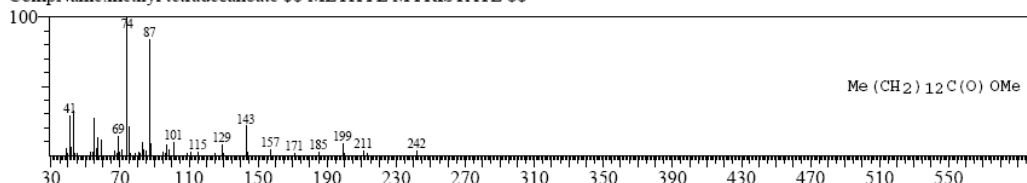
CompName: Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate \$\$ Nonadecanoic acid methyl ester \$\$ METHYL N-NO



Hit# 4 Entry: 103191 Library: WILEY229.LIB

SI: 93 Formula: C₁₅H₃₀O₂ CAS: 124-10-7 MolWeight: 242 RetIndex: 0

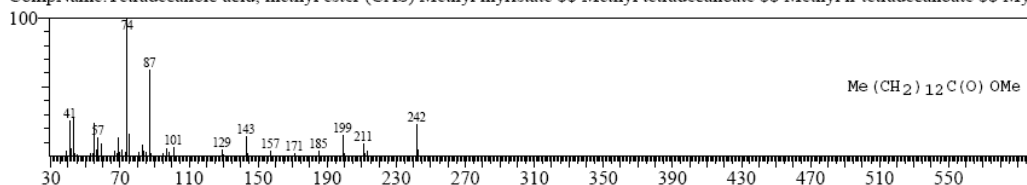
CompName: methyl tetradecanoate \$\$ METHYL MYRISTATE \$\$



Hit# 5 Entry: 103144 Library: WILEY229.LIB

SI: 93 Formula: C₁₅H₃₀O₂ CAS: 124-10-7 MolWeight: 242 RetIndex: 0

CompName: Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate \$\$ Methyl tetradecanoate \$\$ Methyl n-tetradecanoate \$\$ Myr

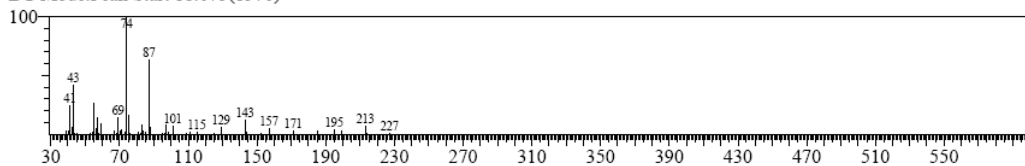


<< Target >>

Line#:9 R.Time:18.125(Scan#:1576) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:51

RawMode:Single 18.125(1576) BasePeak:74.05(21541)

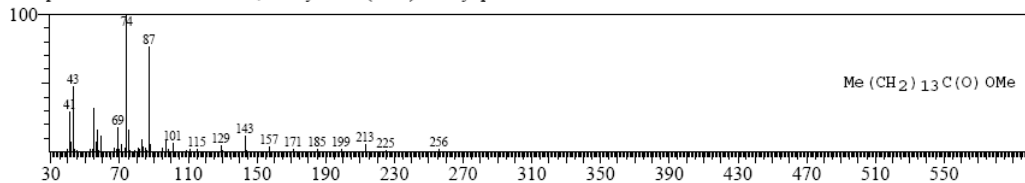
BG Mode:Peak Start 18.075(1570)



Hit#:1 Entry:114057 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C16 H32 O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

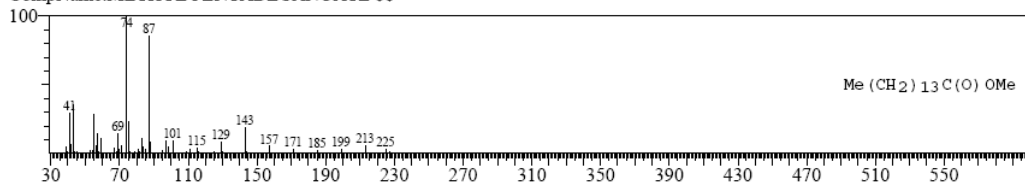
CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ N



Hit#:2 Entry:114096 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C16 H32 O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

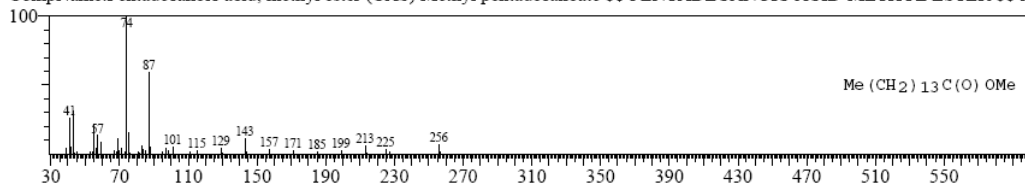
CompName:METHYL PENTADECANOATE \$\$



Hit#:3 Entry:114056 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C16 H32 O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

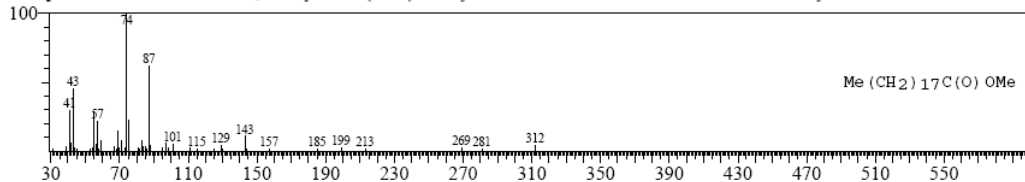
CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ N



Hit#:4 Entry:153311 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C20 H40 O2 CAS:1731-94-8 MolWeight:312 RetIndex:0

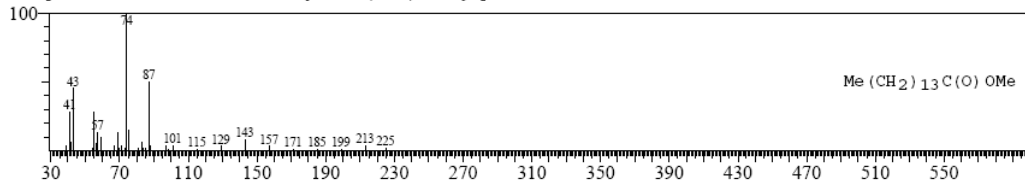
CompName:Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate \$\$ Nonadecanoic acid methyl ester \$\$ METHYL N-NO



Hit#:5 Entry:114058 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C16 H32 O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ N

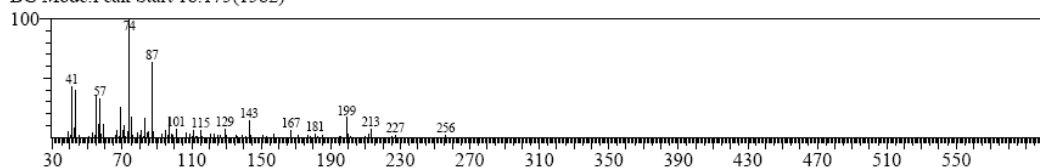


<< Target >>

Line#:10 R. Time:18.217(Scan#:1587) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:82

RawMode:Single 18.217(1587) BasePeak:74.05(18941)

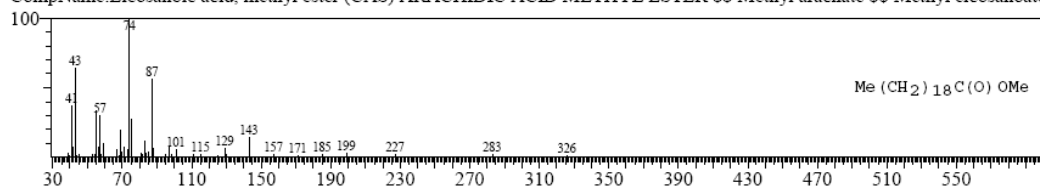
BG Mode:Peak Start 18.175(1582)



Hit#:1 Entry:161707 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C21 H42 O2 CAS:1120-28-1 MolWeight:326 RetIndex:0

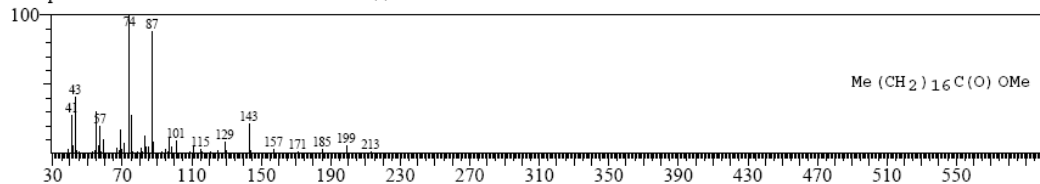
CompName:Eicosanoic acid, methyl ester (CAS) ARACHIDIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl arachate \$\$ Methyl eicosanoate



Hit#:2 Entry:144250 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

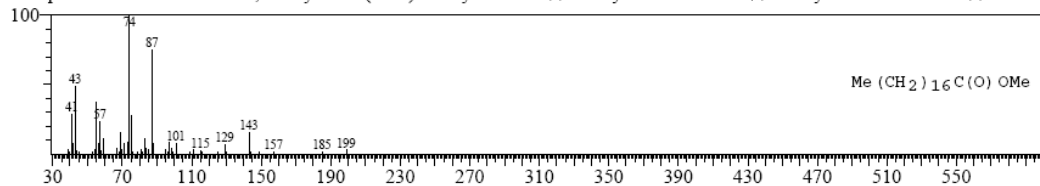
CompName:METHYL OCTADECANOATE \$\$



Hit#:3 Entry:144195 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

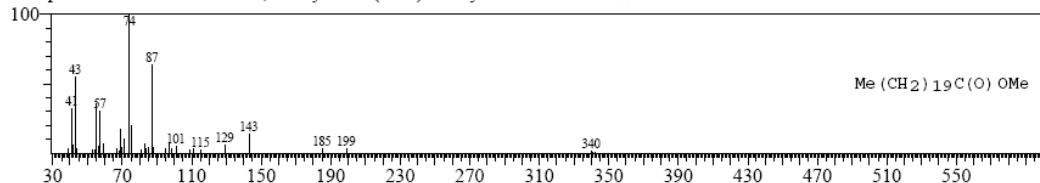
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:4 Entry:169305 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C22 H44 O2 CAS:6064-90-0 MolWeight:340 RetIndex:0

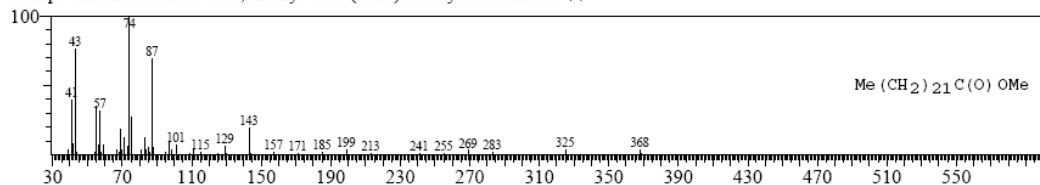
CompName:Heneicosanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heneicosanoate \$\$



Hit#:5 Entry:182151 Library:WILEY229.LIB

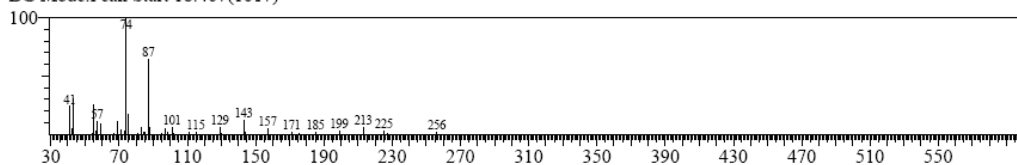
SI:88 Formula:C24 H48 O2 CAS:2433-97-8 MolWeight:368 RetIndex:0

CompName:Tricosanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl tricosanoate \$\$



<< Target >>

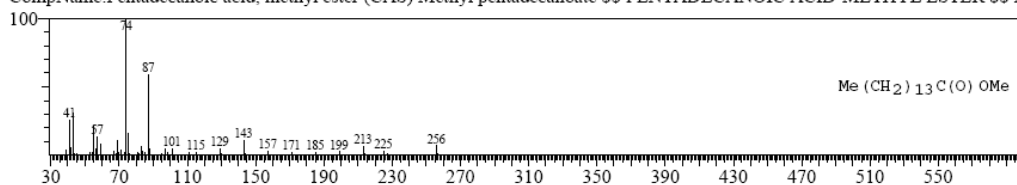
Line#11 R.Time:18.542(Scan#:1626) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:40
RawMode:Single 18.542(1626) BasePeak:74.10(33384)
BG Mode:Peak Start 18.467(1617)



Hit#1 Entry:114056 Library:WILEY229.LIB

SI:96 Formula:C16H32O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

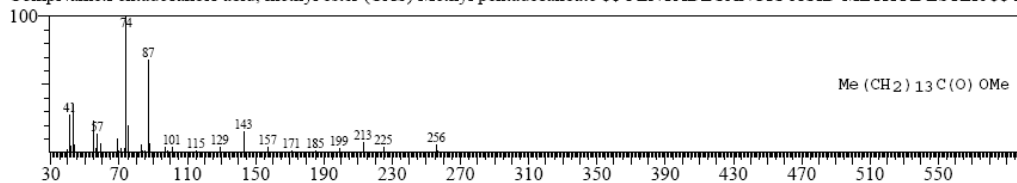
CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ M



Hit#2 Entry:114059 Library:WILEY229.LIB

SI:95 Formula:C16H32O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

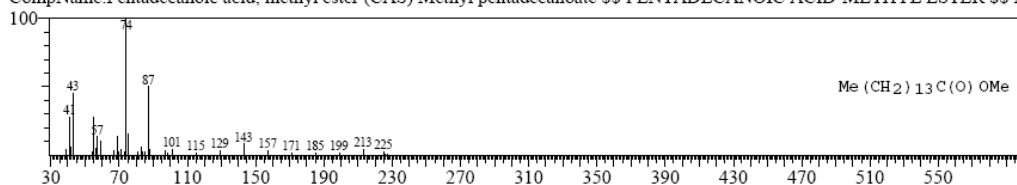
CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ M



Hit#3 Entry:114058 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C16H32O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

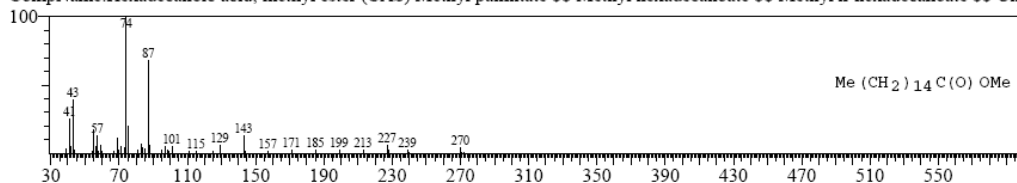
CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ M



Hit#4 Entry:124633 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C17H34O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0

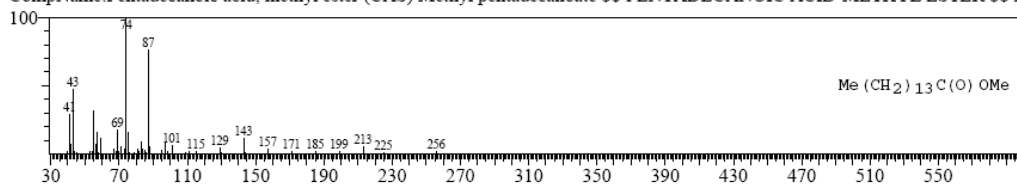
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#5 Entry:114057 Library:WILEY229.LIB

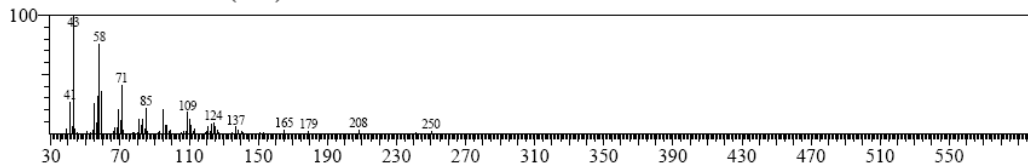
SI:93 Formula:C16H32O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0

CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ M



<< Target >>

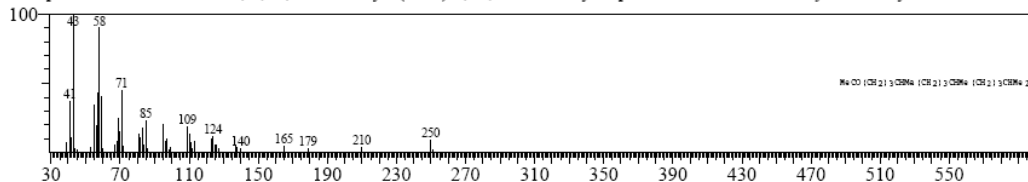
Line#:12 R.Time:18.767(Scan#:1653) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:66
RawMode:Single 18.767(1653) BasePeak:43.10(22977)
BG Mode:Peak Start 18.708(1646)



Hit#:1 Entry:123208 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C18 H36 O CAS:502-69-2 MolWeight:268 RetIndex:0

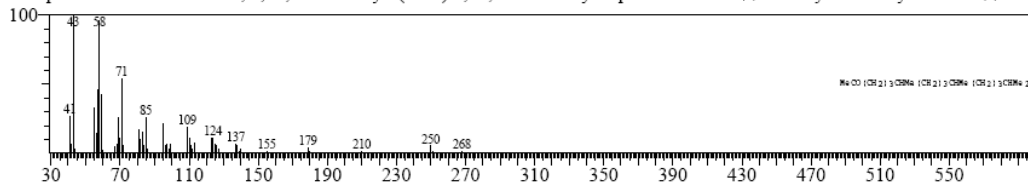
CompName:2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl- (CAS) 6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone \$\$ Hexahydrofarnesyl acetone \$\$



Hit#:2 Entry:123209 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C18 H36 O CAS:502-69-2 MolWeight:268 RetIndex:0

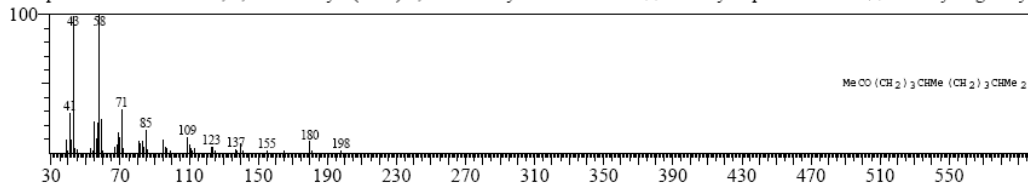
CompName:2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl- (CAS) 6,10,14-Trimethyl-2-pentadecanone \$\$ Hexahydrofarnesyl acetone \$\$



Hit#:3 Entry:66069 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C13 H26 O CAS:1604-34-8 MolWeight:198 RetIndex:0

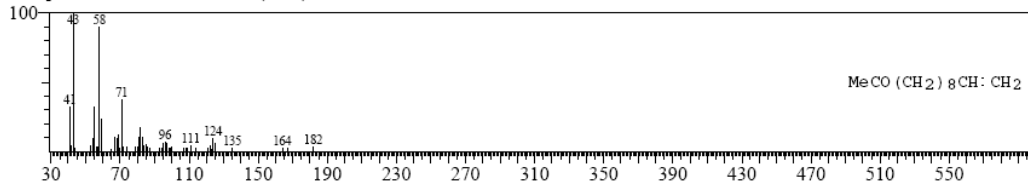
CompName:2-Undecanone, 6,10-dimethyl- (CAS) 6,10-Dimethylundecan-2-one \$\$ Hexahydropseudoionone \$\$ Tetrahydrogeranyl



Hit#:4 Entry:52873 Library:WILEY229.LIB

SI:84 Formula:C12 H22 O CAS:5009-33-6 MolWeight:182 RetIndex:0

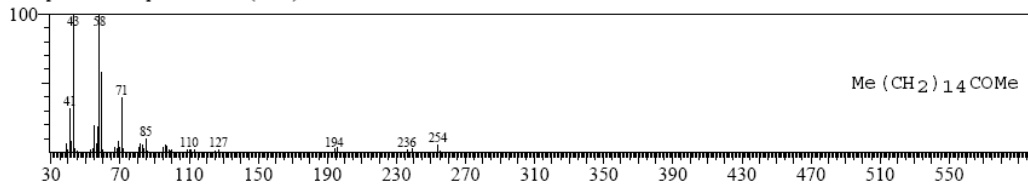
CompName:11-Dodecen-2-one (CAS)



Hit#:5 Entry:112712 Library:WILEY229.LIB

SI:83 Formula:C17 H34 O CAS:2922-51-2 MolWeight:254 RetIndex:0

CompName:2-Heptadecanone (CAS)

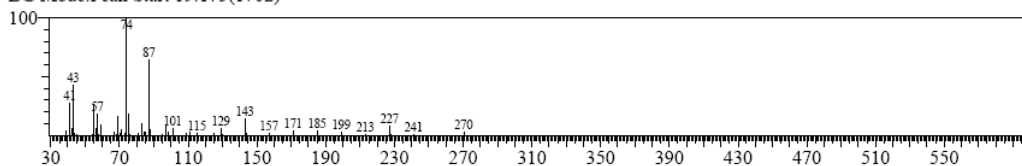


<< Target >>

Line# 13 R.Time: 19.225 (Scan#: 1708) Retention Index: \$TargetRetIndex\$ MassPeaks: 48

RawMode: Single 19.225 (1708) BasePeak: 74.05 (85697)

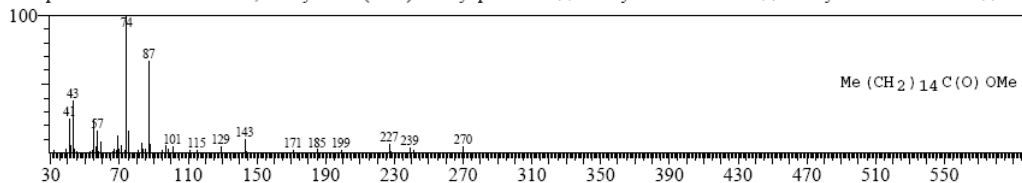
BG Mode: Peak Start 19.175 (1702)



Hit# 1 Entry: 124618 Library: WILEY229.LIB

SI:95 Formula: C17H34O2 CAS: 112-39-0 MolWeight: 270 RetIndex: 0

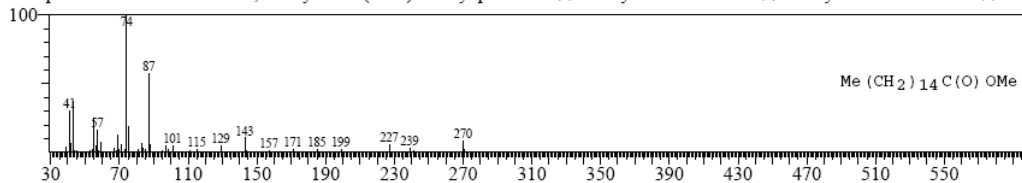
CompName: Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit# 2 Entry: 124619 Library: WILEY229.LIB

SI:95 Formula: C17H34O2 CAS: 112-39-0 MolWeight: 270 RetIndex: 0

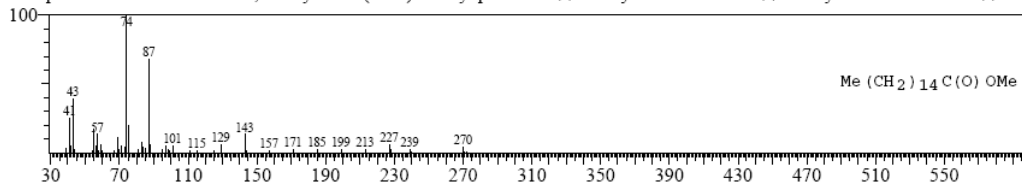
CompName: Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit# 3 Entry: 124633 Library: WILEY229.LIB

SI:95 Formula: C17H34O2 CAS: 112-39-0 MolWeight: 270 RetIndex: 0

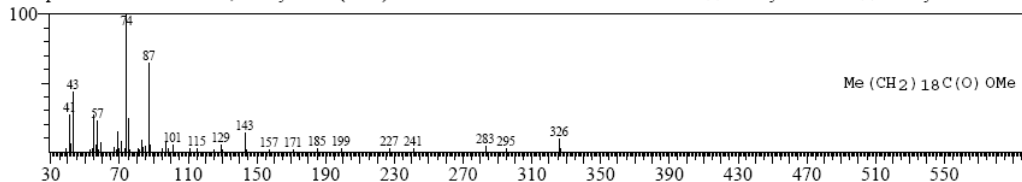
CompName: Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit# 4 Entry: 161703 Library: WILEY229.LIB

SI:94 Formula: C21H42O2 CAS: 1120-28-1 MolWeight: 326 RetIndex: 0

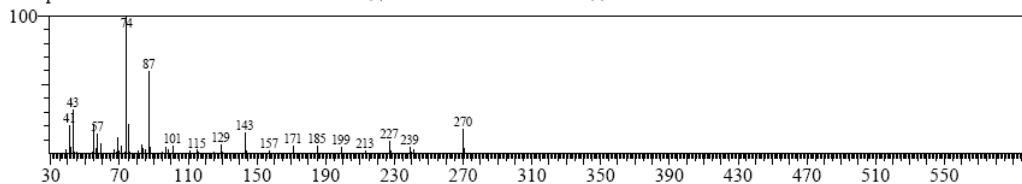
CompName: Eicosanoic acid, methyl ester (CAS) ARACHIDIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl arachate \$\$ Methyl eicosanoate



Hit# 5 Entry: 124679 Library: WILEY229.LIB

SI:94 Formula: C17H34O2 CAS: 0-0-0 MolWeight: 270 RetIndex: 0

CompName: METHYL HEXADECANOATE \$\$ METHYL PALMITATE \$\$

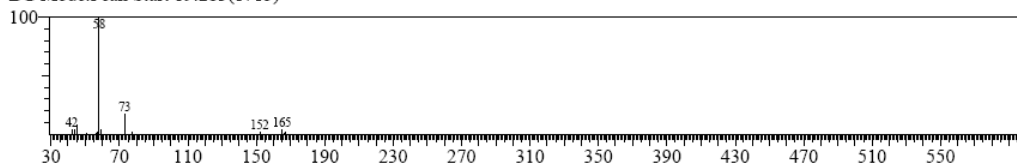


<< Target >>

Line#14 R.Time:19.492(Scan#:1740) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:14

RawMode:Single 19.492(1740) BasePeak:58.10(306935)

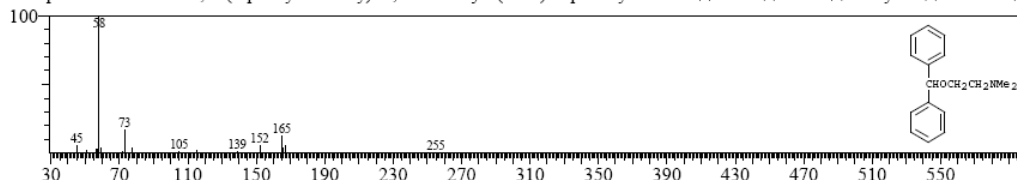
BG Mode:Peak Start 19.283(1715)



Hit#1 Entry:113190 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C17 H21 N O CAS:58-73-1 MolWeight:255 RetIndex:0

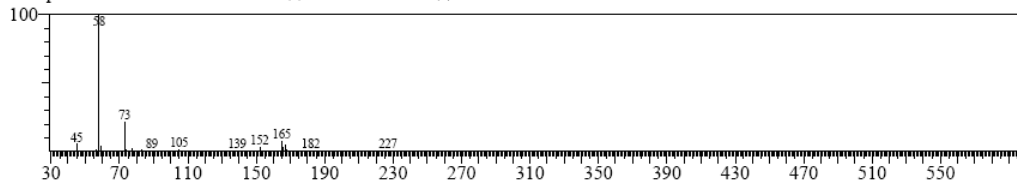
CompName:Ethanamine, 2-(diphenylmethoxy)-N,N-dimethyl- (CAS) Diphenhydramine \$S\$ S 51 \$D\$ DPH \$D\$ Dabylen \$S\$ Soverin \$S\$



Hit#2 Entry:210669 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C24 H28 CL N5 O3 CAS:0-0-0 MolWeight:469 RetIndex:0

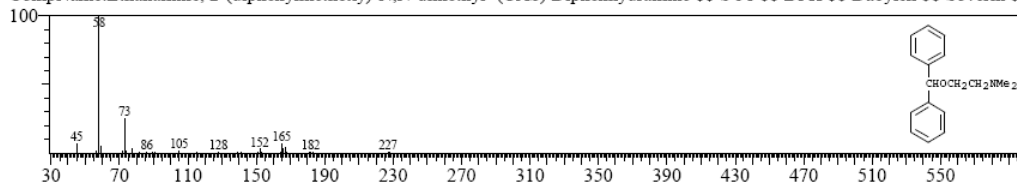
CompName:DIMENHYDRINATE \$S\$ DRAMAMINE \$S\$



Hit#3 Entry:113189 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C17 H21 N O CAS:58-73-1 MolWeight:255 RetIndex:0

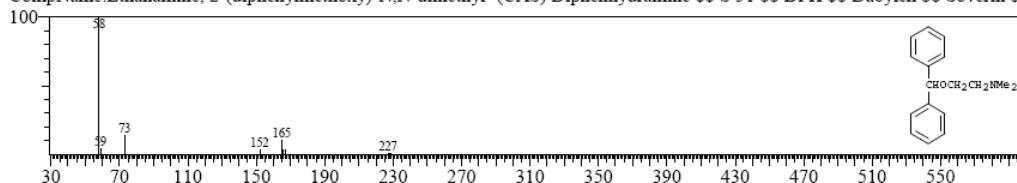
CompName:Ethanamine, 2-(diphenylmethoxy)-N,N-dimethyl- (CAS) Diphenhydramine \$S\$ S 51 \$D\$ DPH \$D\$ Dabylen \$S\$ Soverin \$S\$



Hit#4 Entry:113191 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C17 H21 N O CAS:58-73-1 MolWeight:255 RetIndex:0

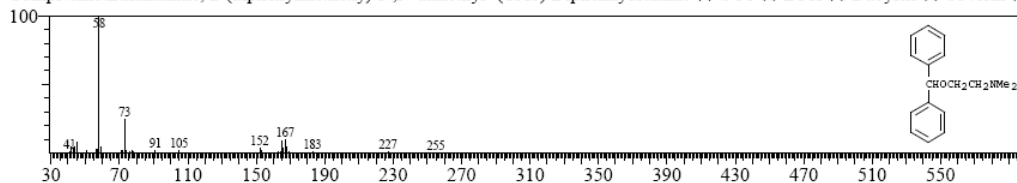
CompName:Ethanamine, 2-(diphenylmethoxy)-N,N-dimethyl- (CAS) Diphenhydramine \$S\$ S 51 \$D\$ DPH \$D\$ Dabylen \$S\$ Soverin \$S\$



Hit#5 Entry:113188 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C17 H21 N O CAS:58-73-1 MolWeight:255 RetIndex:0

CompName:Ethanamine, 2-(diphenylmethoxy)-N,N-dimethyl- (CAS) Diphenhydramine \$S\$ S 51 \$D\$ DPH \$D\$ Dabylen \$S\$ Soverin \$S\$

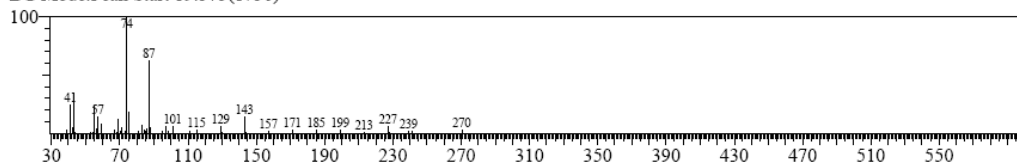


<< Target >>

Line#:15 R.Time:19.633(Scan#:1757) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:46

RawMode:Single 19.633(1757) BasePeak:74.05(864698)

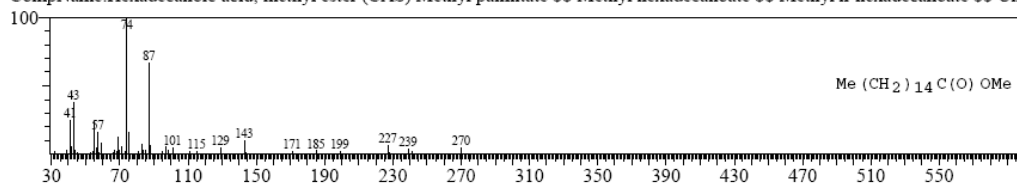
BG Mode:Peak Start 19.575(1750)



Hit#:1 Entry:124618 Library:WILEY229.LIB

SI:97 Formula:C17H34O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0

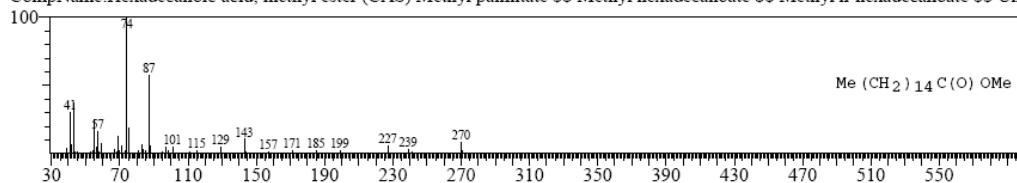
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#:2 Entry:124619 Library:WILEY229.LIB

SI:96 Formula:C17H34O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0

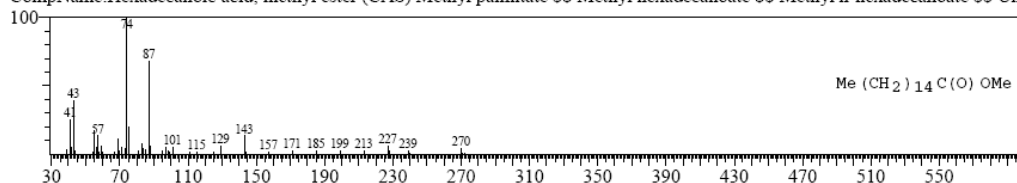
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#:3 Entry:124633 Library:WILEY229.LIB

SI:96 Formula:C17H34O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0

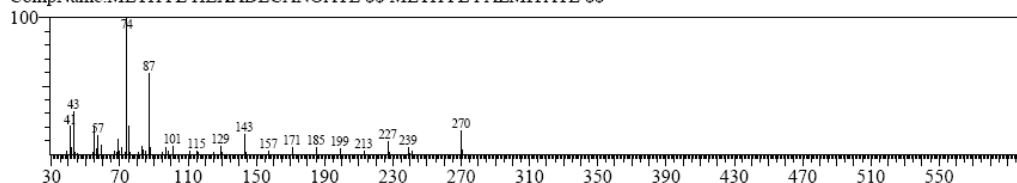
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#:4 Entry:124679 Library:WILEY229.LIB

SI:95 Formula:C17H34O2 CAS:0-0-0 MolWeight:270 RetIndex:0

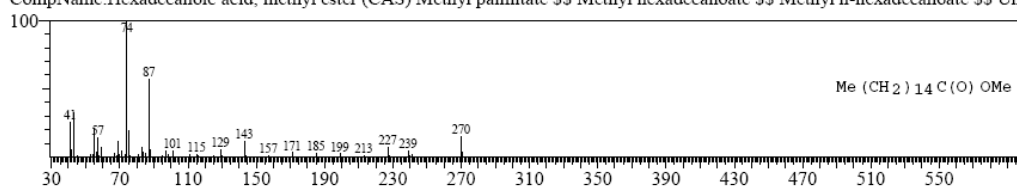
CompName:METHYL HEXADECANOATE \$\$ METHYL PALMITATE \$\$



Hit#:5 Entry:124622 Library:WILEY229.LIB

SI:95 Formula:C17H34O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0

CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni

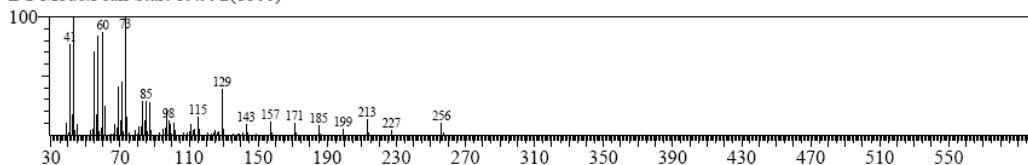


<< Target >>

Line#:16 R.Time:20.067(Scan#:1809) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:81

RawMode:Single 20.067(1809) BasePeak:73.00(59869)

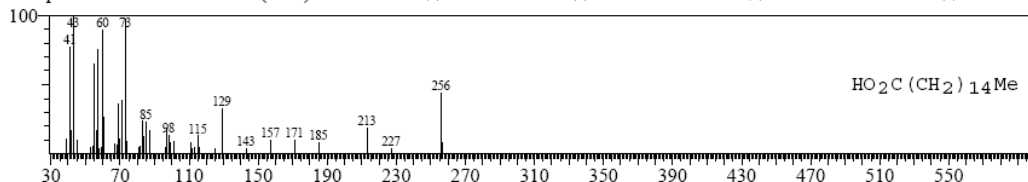
BG Mode:Peak Start 19.992(1800)



Hit#:1 Entry:114040 Library:WILEY229.LIB

SI:95 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

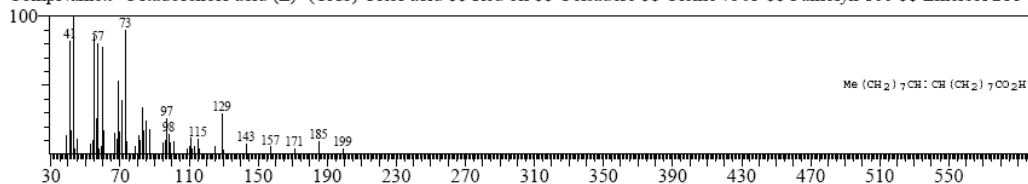
CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid \$\$ Palmitic acid \$\$ n-Hexadecanoic acid \$\$ n-Hexadecanoic acid \$\$ Pentadecanoic acid



Hit#:2 Entry:133167 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C18 H34 O2 CAS:112-80-1 MolWeight:282 RetIndex:0

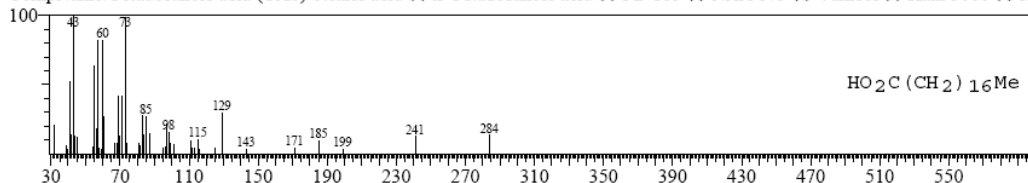
CompName:9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) Oleic acid \$\$ Red oil \$\$ Oelsauere \$\$ Oleine 7503 \$\$ Pamolyn 100 \$\$ Emersol 211 \$\$



Hit#:3 Entry:134629 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C18 H36 O2 CAS:57-11-4 MolWeight:284 RetIndex:0

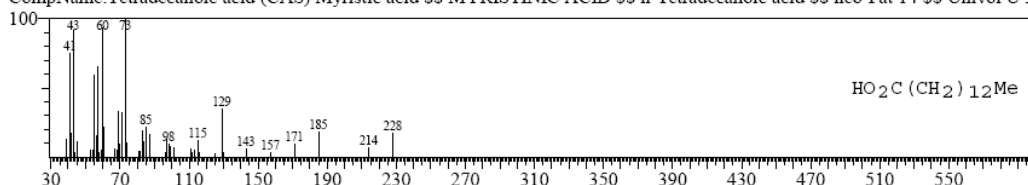
CompName:Octadecanoic acid (CAS) Stearic acid \$\$ n-Octadecanoic acid \$\$ PD 185 \$\$ NAA 173 \$\$ Vanicol \$\$ Kam 3000 \$\$ K...



Hit#:4 Entry:91666 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C14 H28 O2 CAS:544-63-8 MolWeight:228 RetIndex:0

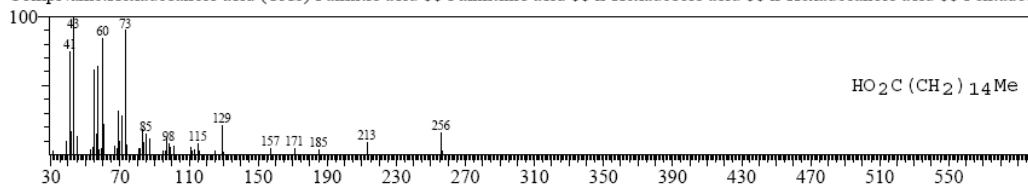
CompName:Tetradecanoic acid (CAS) Myristic acid \$\$ MYRISTINIC ACID \$\$ n-Tetradecanoic acid \$\$ neo-Fat 14 \$\$ Univol U 3...



Hit#:5 Entry:114038 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid \$\$ Palmitic acid \$\$ n-Hexadecanoic acid \$\$ n-Hexadecanoic acid \$\$ Pentadecanoic acid

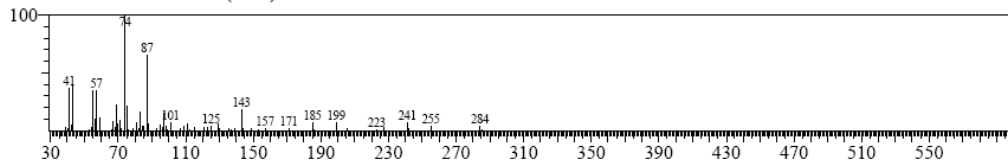


<< Target >>

Line#:17 R.Time:20.367(Scan#:1845) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:66

RawMode:Single 20.367(1845) BasePeak:74.05(26745)

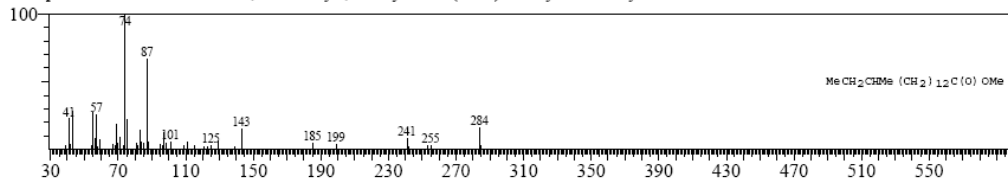
BG Mode:Peak Start 20.242(1830)



Hit#:1 Entry:134656 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C18 H36 O2 CAS:2490-49-5 MolWeight:284 RetIndex:0

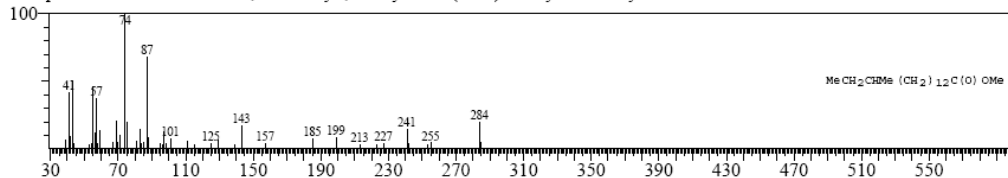
CompName:Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS) Methyl 14-methylhexadecanoate \$\$



Hit#:2 Entry:134655 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C18 H36 O2 CAS:2490-49-5 MolWeight:284 RetIndex:0

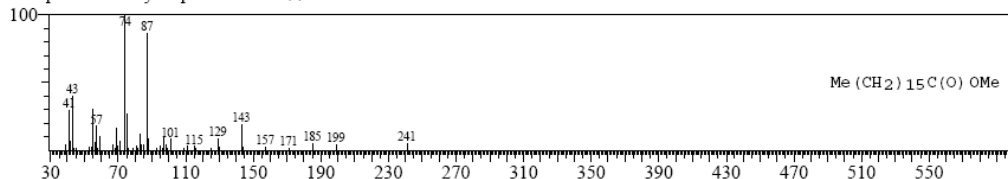
CompName:Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS) Methyl 14-methylhexadecanoate \$\$



Hit#:3 Entry:134687 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C18 H36 O2 CAS:1731-92-6 MolWeight:284 RetIndex:0

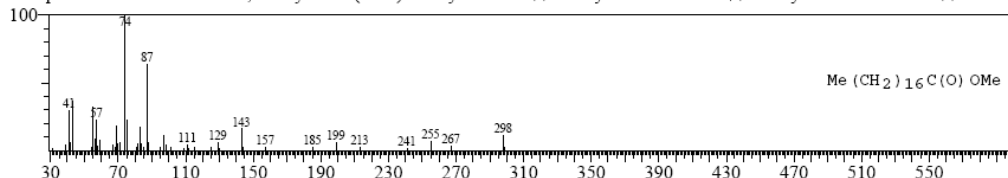
CompName:methyl heptadecanoate \$\$



Hit#:4 Entry:144198 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

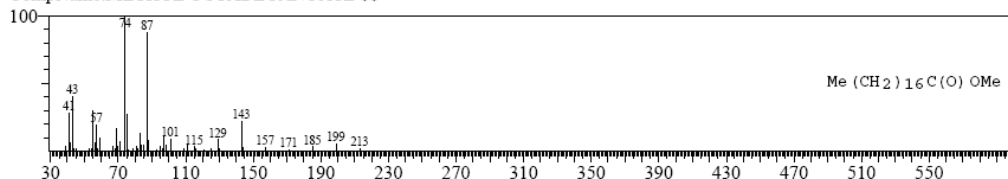
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:5 Entry:144250 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

CompName:METHYL OCTADECANOATE \$\$

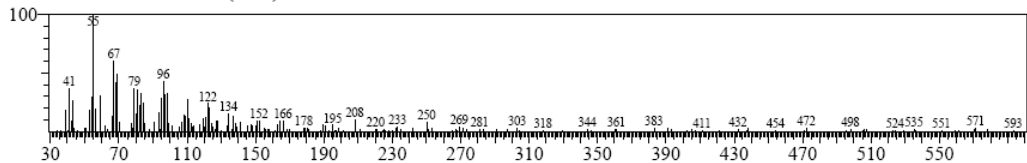


<< Target >>

Line#:18 R.Time:20.442(Scan#:1854) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:164

RawMode:Single 20.442(1854) BasePeak:55.10(2892)

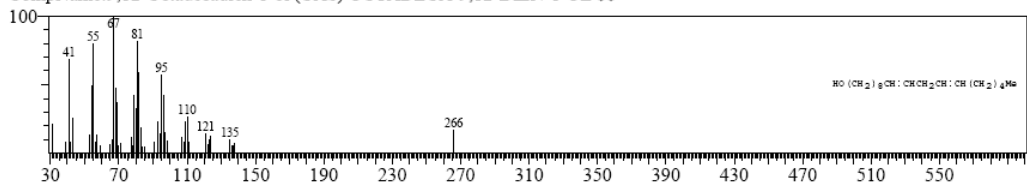
BG Mode:Peak Start 20.408(1850)



Hit#:1 Entry:121805 Library:WILEY229.LIB

SI:80 Formula:C18 H34 O CAS:1577-52-2 MolWeight:266 RetIndex:0

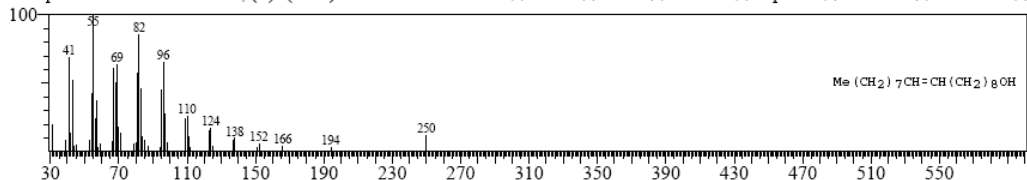
CompName:9,12-Octadecadien-1-ol (CAS) OCTADEC-9,12-DIEN-1-OL \$\$



Hit#:2 Entry:123212 Library:WILEY229.LIB

SI:79 Formula:C18 H36 O CAS:143-28-2 MolWeight:268 RetIndex:0

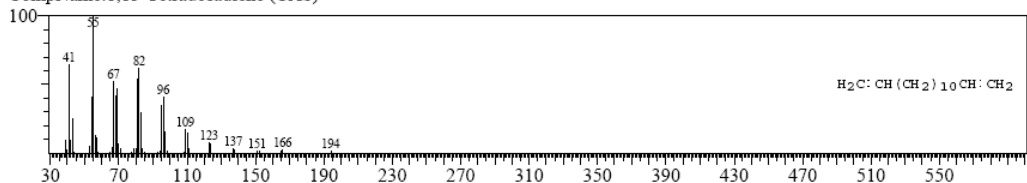
CompName:9-Octadecen-1-ol, (Z)- (CAS) cis-9-Octadecen-1-ol \$\$ Oleol \$\$ Satol \$\$ Ocenol \$\$ Sipol O \$\$ Adol 85 \$\$ Atalco O \$\$



Hit#:3 Entry:62513 Library:WILEY229.LIB

SI:79 Formula:C14 H26 CAS:21964-49-8 MolWeight:194 RetIndex:0

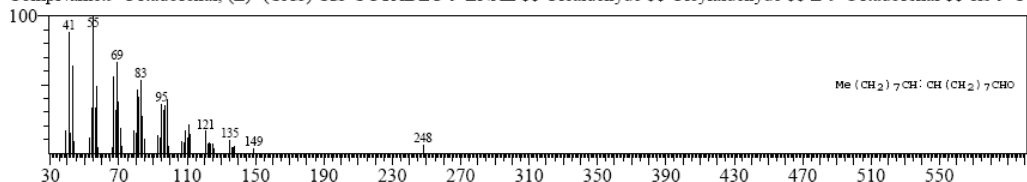
CompName:1,13-Tetradecadiene (CAS)



Hit#:4 Entry:121794 Library:WILEY229.LIB

SI:79 Formula:C18 H34 O CAS:2423-10-1 MolWeight:266 RetIndex:0

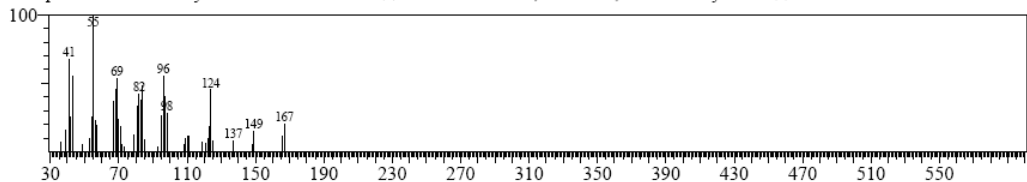
CompName:9-Octadecenal, (Z)- (CAS) CIS-OCTADEC-9-ENAL \$\$ Olealdehyde \$\$ Oleylaldehyde \$\$ Z-9-Octadecenal \$\$ cis-9-O



Hit#:5 Entry:122485 Library:WILEY229.LIB

SI:79 Formula:C12 H22 Cl2 O2 CAS:80418-91-3 MolWeight:268 RetIndex:0

CompName:chloromethyl 5-chloroundecanoate \$\$ Undecanoic acid, 5-chloro-, chloromethyl ester \$\$

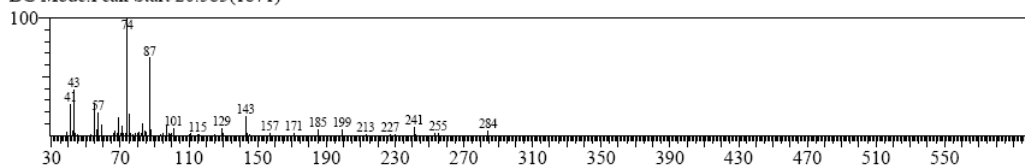


<< Target >>

Line#:19 R.Time:20.650(Scan#:1879) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:61

RawMode:Single 20.650(1879) BasePeak:74.10(23510)

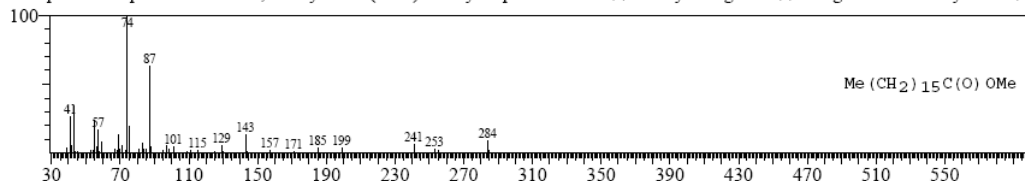
BG Mode:Peak Start 20.583(1871)



Hit#:1 Entry:134642 Library:WILEY229 LIB

SI:94 Formula:C18 H36 O2 CAS:1731-92-6 MolWeight:284 RetIndex:0

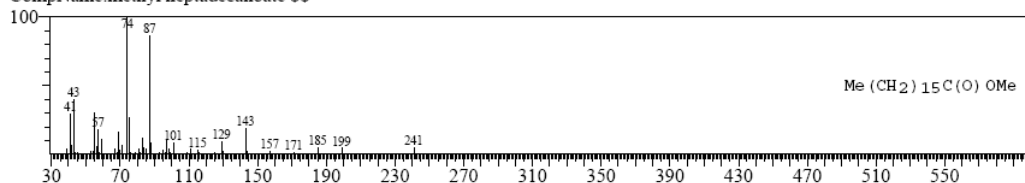
CompName:Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heptadecanoate \$\$ Methyl margarate \$\$ Margaric acid methyl ester \$\$



Hit#:2 Entry:134687 Library:WILEY229 LIB

SI:93 Formula:C18 H36 O2 CAS:1731-92-6 MolWeight:284 RetIndex:0

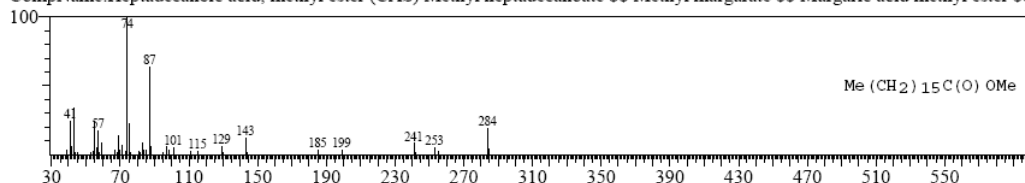
CompName:methyl heptadecanoate \$\$



Hit#:3 Entry:134644 Library:WILEY229 LIB

SI:93 Formula:C18 H36 O2 CAS:1731-92-6 MolWeight:284 RetIndex:0

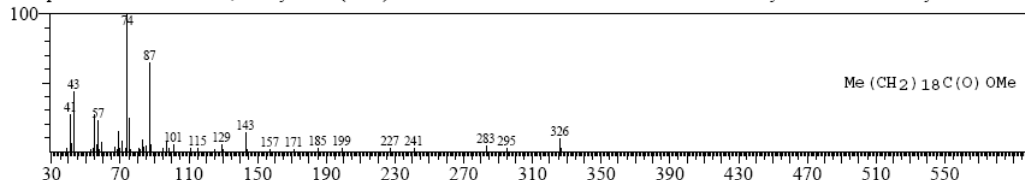
CompName:Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heptadecanoate \$\$ Methyl margarate \$\$ Margaric acid methyl ester \$\$



Hit#:4 Entry:161703 Library:WILEY229 LIB

SI:92 Formula:C21 H42 O2 CAS:1120-28-1 MolWeight:326 RetIndex:0

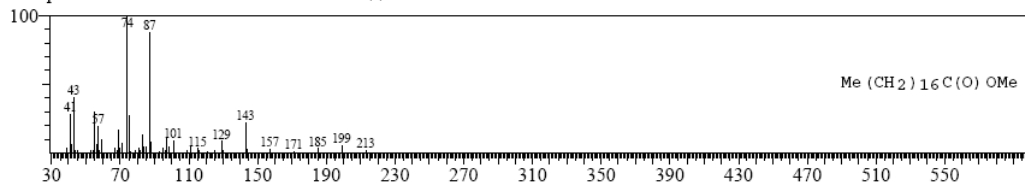
CompName:Eicosanoic acid, methyl ester (CAS) ARACHIDIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl arachate \$\$ Methyl eicosanoate



Hit#:5 Entry:144250 Library:WILEY229 LIB

SI:92 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

CompName:METHYL OCTADECANOATE \$\$

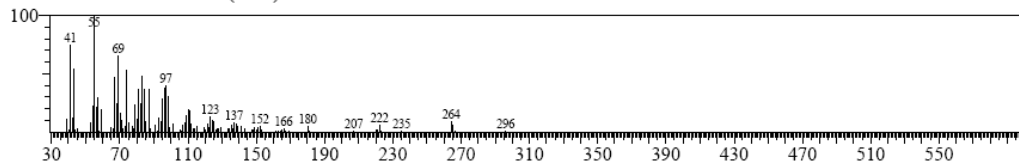


<< Target >>

Line#:20 R.Time:21.425(Scan#:1972) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:103

RawMode:Single 21.425(1972) BasePeak:55.10(177360)

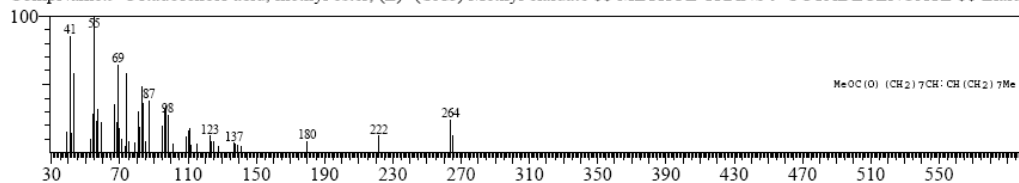
BG Mode:Peak Start 21.258(1952)



Hit#:1 Entry:142901 Library:WILEY229 LIB

SI:92 Formula:C19 H36 O2 CAS:1937-62-8 MolWeight:296 RetIndex:0

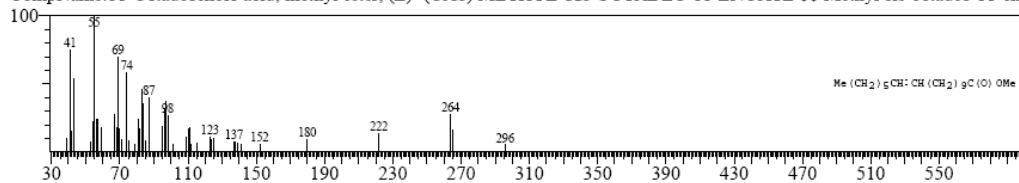
CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (CAS) Methyl elaidate \$\$ METHYL-TRANS 9-OCTADECENOATE \$\$ Elaidi



Hit#:2 Entry:142907 Library:WILEY229 LIB

SI:92 Formula:C19 H36 O2 CAS:1937-63-9 MolWeight:296 RetIndex:0

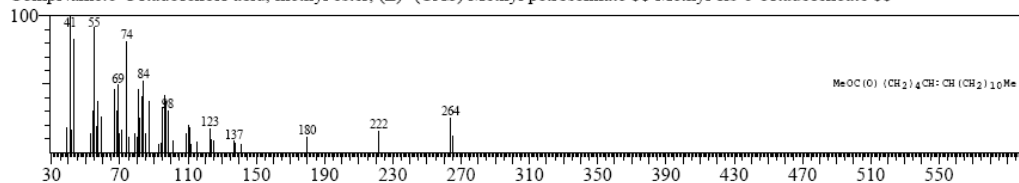
CompName:11-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) METHYL CIS OCTADEC-11-ENOATE \$\$ Methyl cis-octadec-11-enc



Hit#:3 Entry:142877 Library:WILEY229 LIB

SI:92 Formula:C19 H36 O2 CAS:2777-58-4 MolWeight:296 RetIndex:0

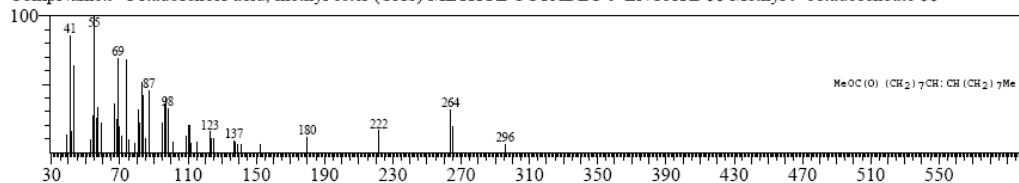
CompName:6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl petroselinate \$\$ Methyl cis-6-octadecenoate \$\$



Hit#:4 Entry:142891 Library:WILEY229 LIB

SI:92 Formula:C19 H36 O2 CAS:2462-84-2 MolWeight:296 RetIndex:0

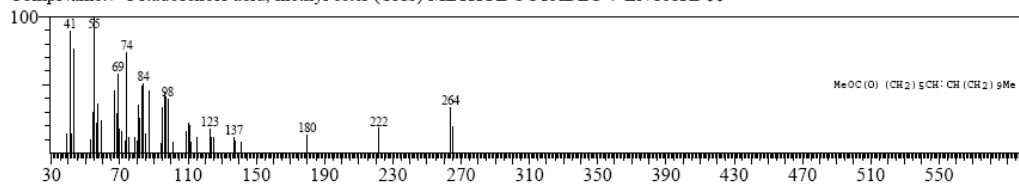
CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-9-ENOATE \$\$ Methyl 9-octadecenoate \$\$



Hit#:5 Entry:142882 Library:WILEY229 LIB

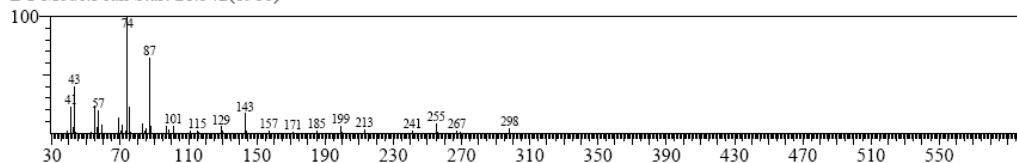
SI:91 Formula:C19 H36 O2 CAS:57396-98-2 MolWeight:296 RetIndex:0

CompName:7-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-7-ENOATE \$\$



<< Target >>

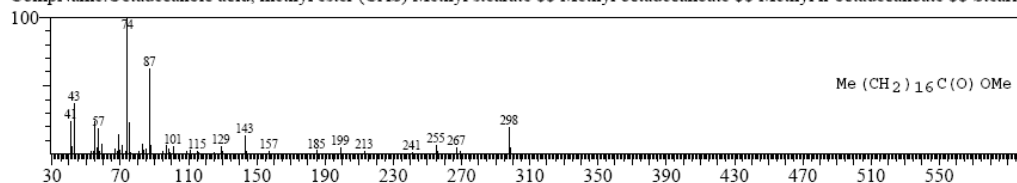
Line#:21 R.Time:21.633(Scan#:1997) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:44
RawMode:Single 21.633(1997) BasePeak:74.10(90606)
BG Mode:Peak Start 21.542(1986)



Hit#:1 Entry:144201 Library:WILEY229.LIB

SI:95 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

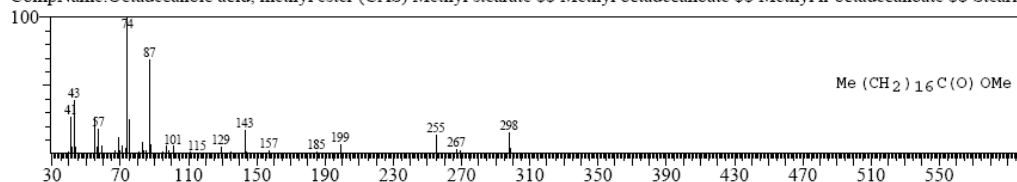
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:2 Entry:144211 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

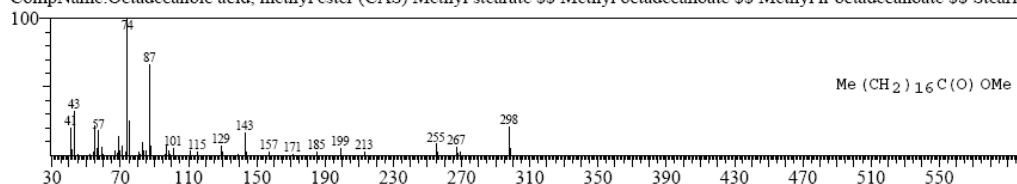
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:3 Entry:144208 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

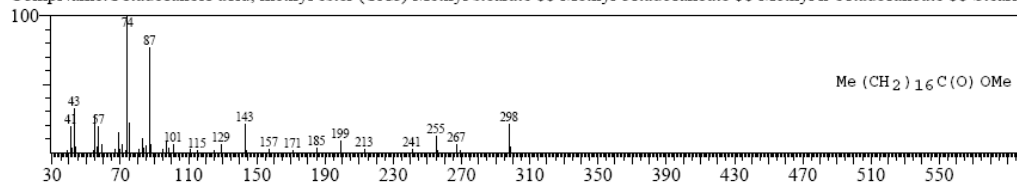
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:4 Entry:144200 Library:WILEY229.LIB

SI:94 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

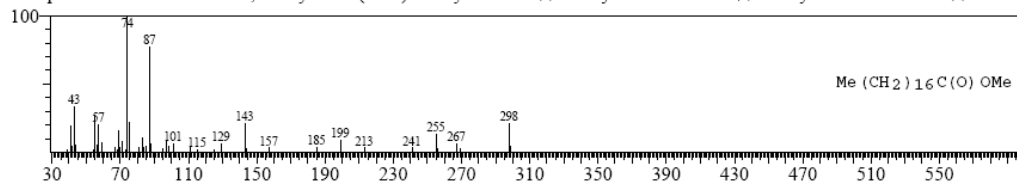
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:5 Entry:144202 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0

CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic

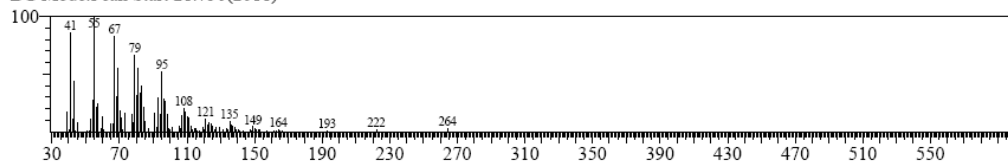


<< Target >>

Line#:22 R.Time:21.867(Scan#:2025) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:97

RawMode:Single 21.867(2025) BasePeak:55.10(29578)

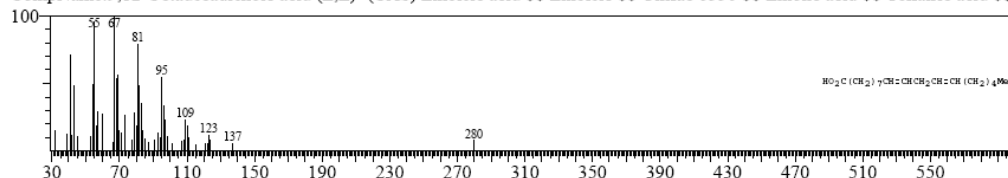
BG Mode:Peak Start 21.750(2011)



Hit#1 Entry:131789 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C18 H32 O2 CAS:60-33-3 MolWeight:280 RetIndex:0

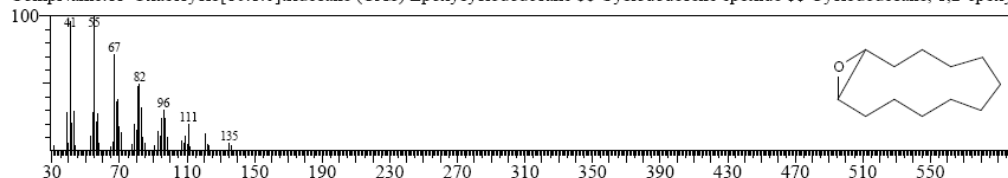
CompName:9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)- (CAS) Linoleic acid \$\$ Linoleic acid \$\$ Unifac 6550 \$\$ Linoleic acid \$\$ Telfairic acid \$\$



Hit#2 Entry:52928 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C12 H22 O CAS:286-99-7 MolWeight:182 RetIndex:0

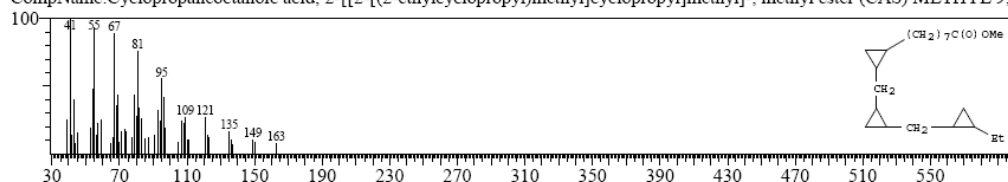
CompName:13-Oxabicyclo[10.1.0]tridecane (CAS) Epoxycyclododecane \$\$ Cyclododecene epoxide \$\$ Cyclododecane, 1,2-epoxy-



Hit#3 Entry:166285 Library:WILEY229.LIB

SI:88 Formula:C22 H38 O2 CAS:10152-71-3 MolWeight:334 RetIndex:0

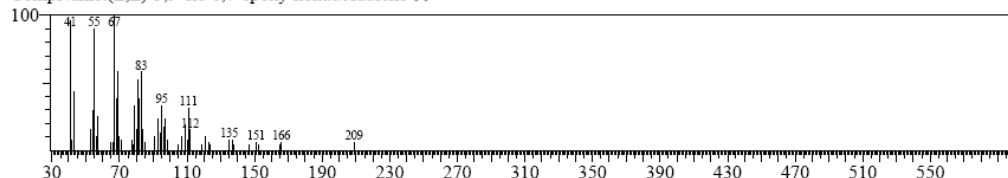
CompName:Cyclopropaneoctanoic acid, 2-[[2-[(2-ethylcyclopropyl)methyl]cyclopropyl]methyl]-, methyl ester (CAS) METHYL 9,1



Hit#4 Entry:130504 Library:WILEY229.LIB

SI:87 Formula:C19 H34 O CAS:0-0-0 MolWeight:278 RetIndex:0

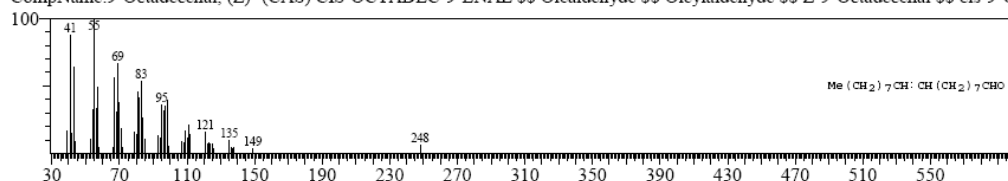
CompName:(Z,Z)-3,9-cis-6,7-epoxy-nonadecadiene \$\$



Hit#5 Entry:121794 Library:WILEY229.LIB

SI:87 Formula:C18 H34 O CAS:2423-10-1 MolWeight:266 RetIndex:0

CompName:9-Octadecenal, (Z)- (CAS) CIS-OCTADEC-9-ENAL \$\$ Olealdehyde \$\$ Oleylaldehyde \$\$ Z-9-Octadecenal \$\$ cis-9-O

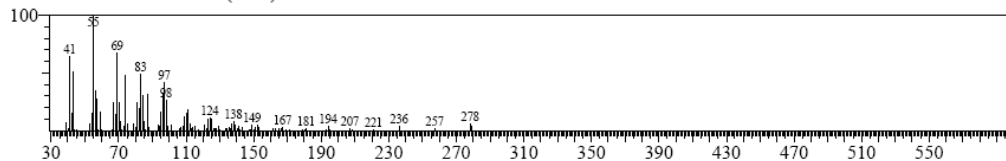


<< Target >>

Line# 23 R.Time: 22.483 (Scan#: 2099) Retention Index: \$TargetRetIndex\$ MassPeaks: 102

RawMode: Single 22.483 (2099) BasePeak: 55.10 (24026)

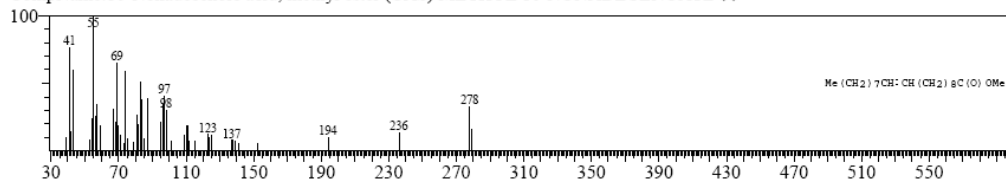
BG Mode: Peak Start 22.417 (2091)



Hit# 1 Entry: 151974 Library: WILEY229.LIB

SI: 93 Formula: C₂₀H₃₈O₂ CAS: 56599-83-8 MolWeight: 310 RetIndex: 0

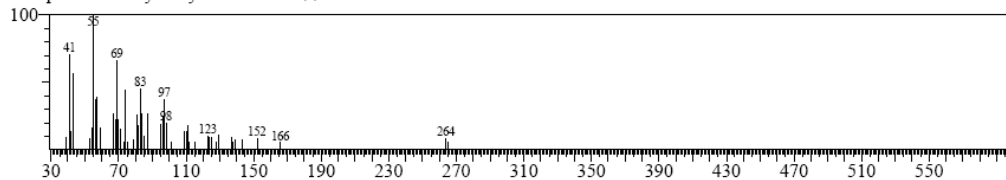
CompName: 10-Nonadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL 10-NONADECENOATE \$\$



Hit# 2 Entry: 142930 Library: WILEY229.LIB

SI: 93 Formula: C₁₉H₃₆O₂ CAS: 0-0-0 MolWeight: 296 RetIndex: 0

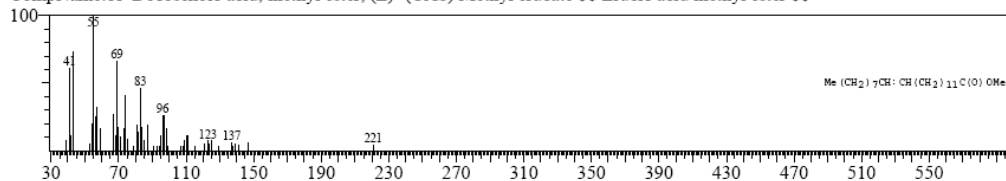
CompName: methyl dihydromalvalate \$\$



Hit# 3 Entry: 175148 Library: WILEY229.LIB

SI: 92 Formula: C₂₃H₄₄O₂ CAS: 1120-34-9 MolWeight: 352 RetIndex: 0

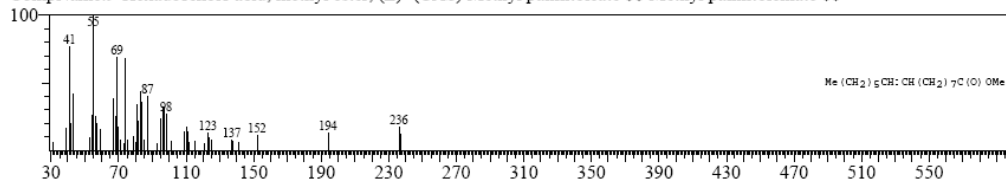
CompName: 13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl erucate \$\$ Erucic acid methyl ester \$\$



Hit# 4 Entry: 123057 Library: WILEY229.LIB

SI: 91 Formula: C₁₇H₃₂O₂ CAS: 1120-25-8 MolWeight: 268 RetIndex: 0

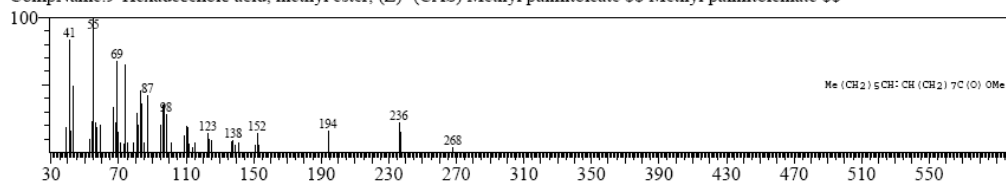
CompName: 9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl palmitoleate \$\$ Methyl palmitoleate \$\$



Hit# 5 Entry: 123056 Library: WILEY229.LIB

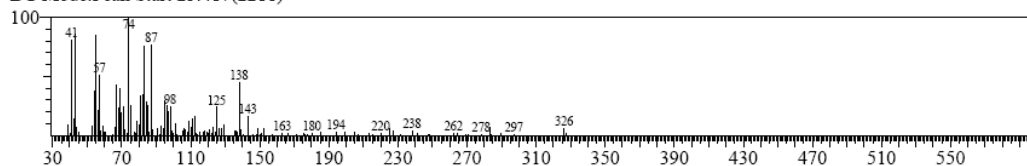
SI: 91 Formula: C₁₇H₃₂O₂ CAS: 1120-25-8 MolWeight: 268 RetIndex: 0

CompName: 9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl palmitoleate \$\$ Methyl palmitoleate \$\$



<< Target >>

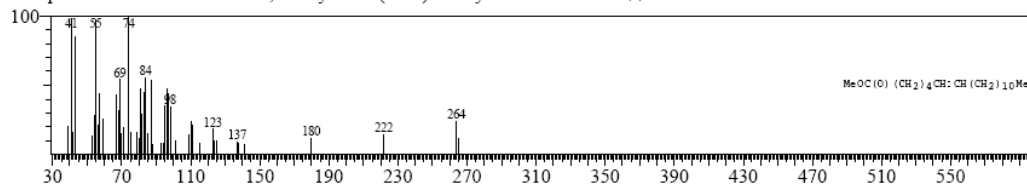
Line#:24 R.Time:23.475(Scan#:2218) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:121
RawMode:Single 23.475(2218) BasePeak:74.05(9787)
BG Mode:Peak Start 23.417(2211)



Hit#:1 Entry:142880 Library:WILEY229.LIB

SI:85 Formula:C19 H36 O2 CAS:52355-31-4 MolWeight:296 RetIndex:0

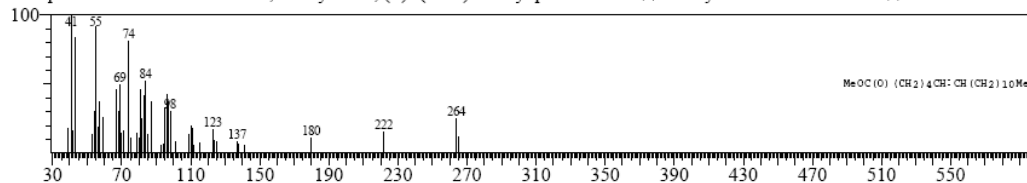
CompName:6-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) Methyl 6-octadecenoate \$\$



Hit#:2 Entry:142877 Library:WILEY229.LIB

SI:85 Formula:C19 H36 O2 CAS:2777-58-4 MolWeight:296 RetIndex:0

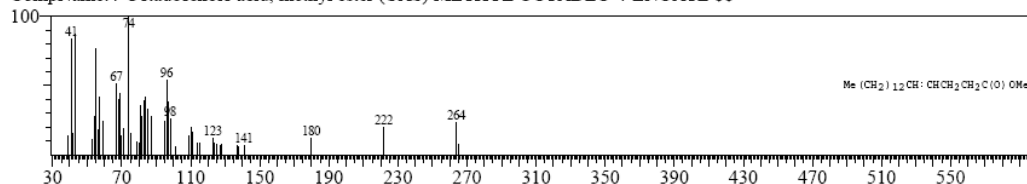
CompName:6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl petroselinate \$\$ Methyl cis-6-octadecenoate \$\$



Hit#:3 Entry:142873 Library:WILEY229.LIB

SI:85 Formula:C19 H36 O2 CAS:56555-10-3 MolWeight:296 RetIndex:0

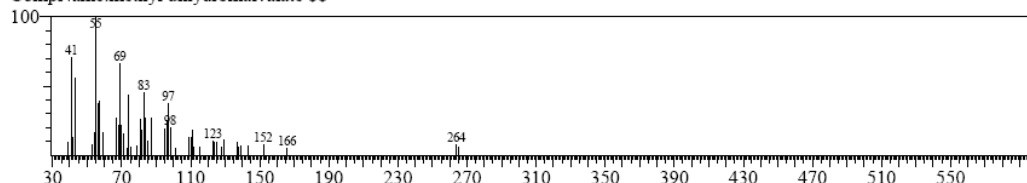
CompName:4-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-4-ENOATE \$\$



Hit#:4 Entry:142930 Library:WILEY229.LIB

SI:84 Formula:C19 H36 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:296 RetIndex:0

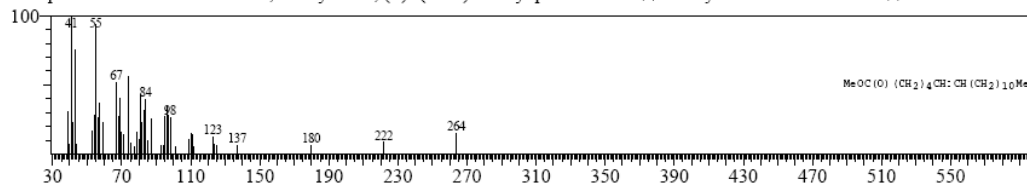
CompName:methyl dihydromalvalate \$\$



Hit#:5 Entry:142878 Library:WILEY229.LIB

SI:84 Formula:C19 H36 O2 CAS:2777-58-4 MolWeight:296 RetIndex:0

CompName:6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl petroselinate \$\$ Methyl cis-6-octadecenoate \$\$

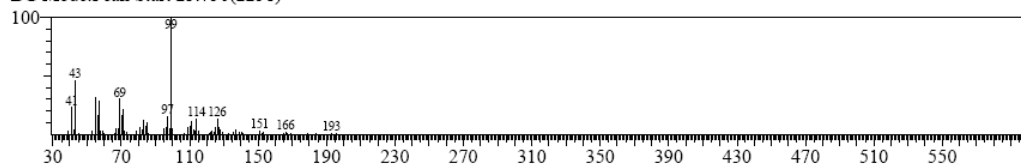


<< Target >>

Line#:25 R.Time:23.817(Scan#:2259) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:67

RawMode:Single 23.817(2259) BasePeak:99.10(22835)

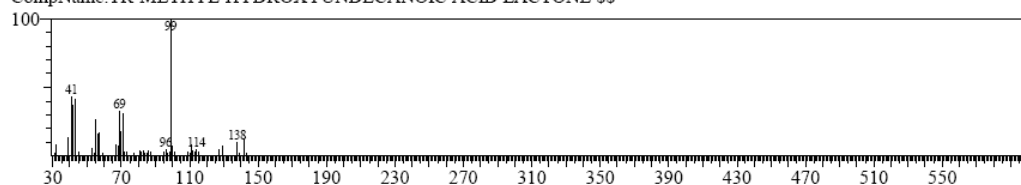
BG Mode:Peak Start 23.750(2251)



Hit#:1 Entry:65778 Library:WILEY229.LIB

SI:83 Formula:C12 H22 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:198 RetIndex:0

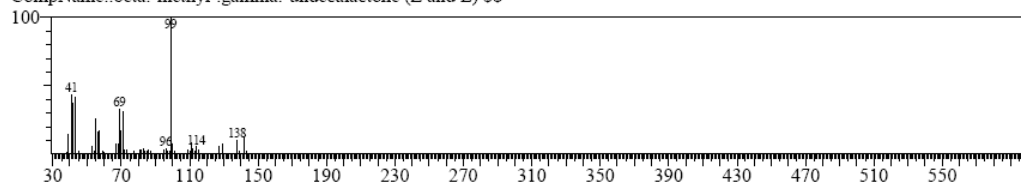
CompName:TR-METHYL-HYDROXYUNDECANOIC ACID LACTONE \$\$



Hit#:2 Entry:65863 Library:WILEY229.LIB

SI:83 Formula:C12 H22 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:198 RetIndex:0

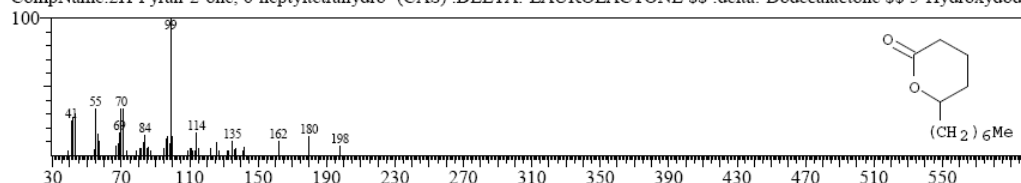
CompName:.beta.-methyl-.gamma.-undecalactone (Z and E) \$\$



Hit#:3 Entry:65784 Library:WILEY229.LIB

SI:82 Formula:C12 H22 O2 CAS:713-95-1 MolWeight:198 RetIndex:0

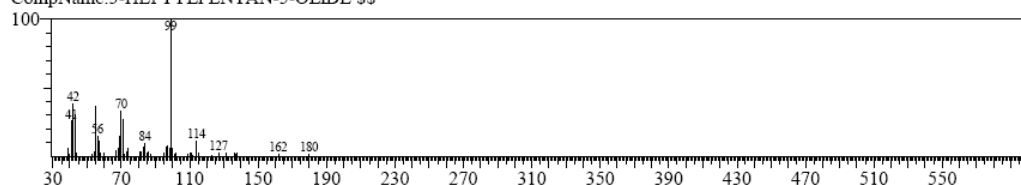
CompName:2H-Pyran-2-one, 6-heptyltetrahydro- (CAS) .DELTA.-LAUROLACTONE \$\$.delta.-Dodecalactone \$\$ 5-Hydroxydode



Hit#:4 Entry:65914 Library:WILEY229.LIB

SI:82 Formula:C12 H22 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:198 RetIndex:0

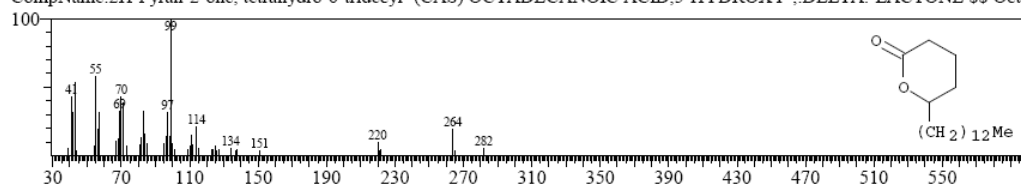
CompName:5-HEPTYLPENTAN-5-OLIDE \$\$



Hit#:5 Entry:133186 Library:WILEY229.LIB

SI:82 Formula:C18 H34 O2 CAS:1227-51-6 MolWeight:282 RetIndex:0

CompName:2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-tridecyl- (CAS) OCTADECANOIC ACID,5-HYDROXY-.DELTA.-LACTONE \$\$ Octa

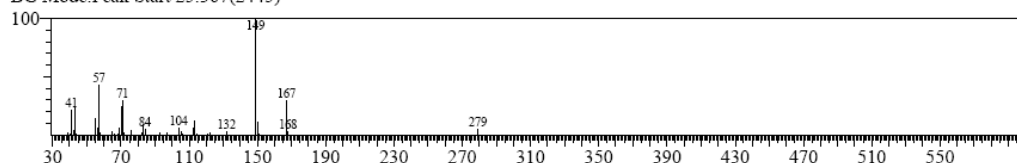


<< Target >>

Line#:26 R.Time:25.417(Scan#:2451) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:38

RawMode:Single 25.417(2451) BasePeak:149.05(32210)

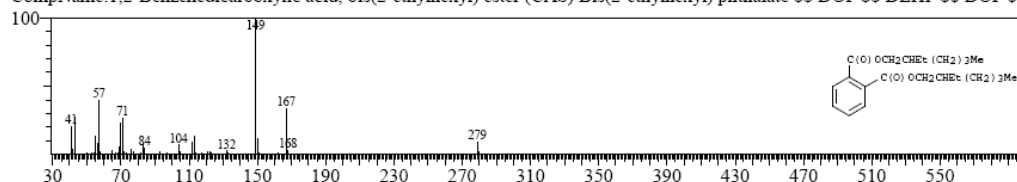
BG Mode:Peak Start 25.367(2445)



Hit#:1 Entry:190634 Library:WILEY229.LIB

SI95 Formula:C24 H38 O4 CAS:117-81-7 MolWeight:390 RetIndex:0

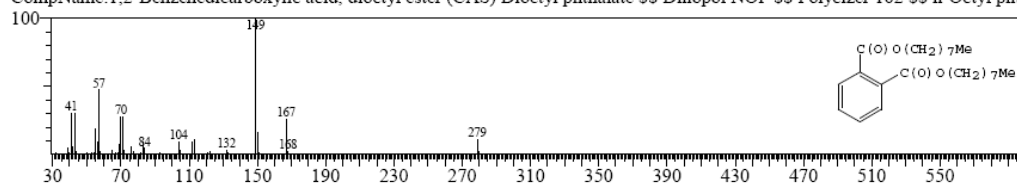
CompName:1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester (CAS) Bis(2-ethylhexyl) phthalate \$\$ DOP \$\$ DEHP \$\$ DOF \$\$



Hit#:2 Entry:190624 Library:WILEY229.LIB

SI94 Formula:C24 H38 O4 CAS:117-84-0 MolWeight:390 RetIndex:0

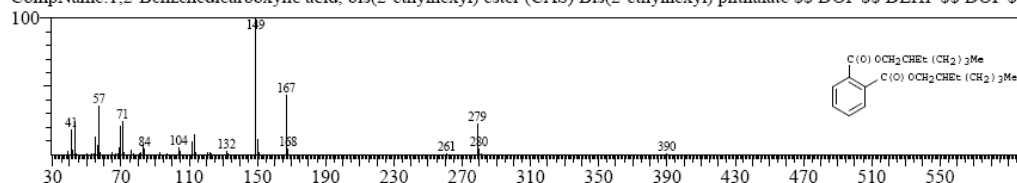
CompName:1,2-Benzenedicarboxylic acid, dioctyl ester (CAS) Dioctyl phthalate \$\$ Dinopol NOP \$\$ Polycizer 162 \$\$ n-Octyl phth



Hit#:3 Entry:190632 Library:WILEY229.LIB

SI94 Formula:C24 H38 O4 CAS:117-81-7 MolWeight:390 RetIndex:0

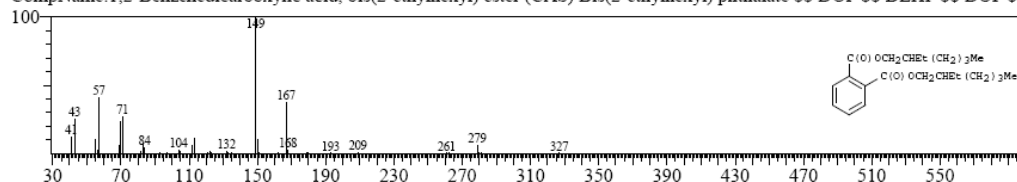
CompName:1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester (CAS) Bis(2-ethylhexyl) phthalate \$\$ DOP \$\$ DEHP \$\$ DOF \$\$



Hit#:4 Entry:190640 Library:WILEY229.LIB

SI93 Formula:C24 H38 O4 CAS:117-81-7 MolWeight:390 RetIndex:0

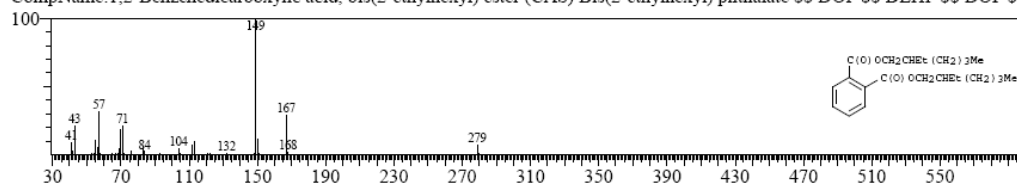
CompName:1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester (CAS) Bis(2-ethylhexyl) phthalate \$\$ DOP \$\$ DEHP \$\$ DOF \$\$



Hit#:5 Entry:190639 Library:WILEY229.LIB

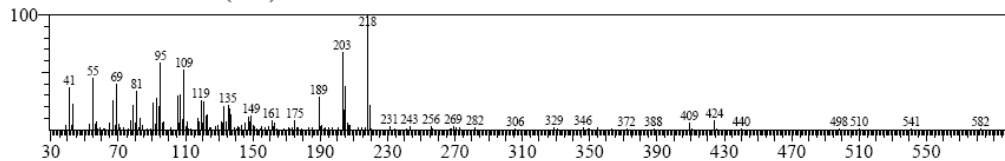
SI93 Formula:C24 H38 O4 CAS:117-81-7 MolWeight:390 RetIndex:0

CompName:1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-ethylhexyl) ester (CAS) Bis(2-ethylhexyl) phthalate \$\$ DOP \$\$ DEHP \$\$ DOF \$\$

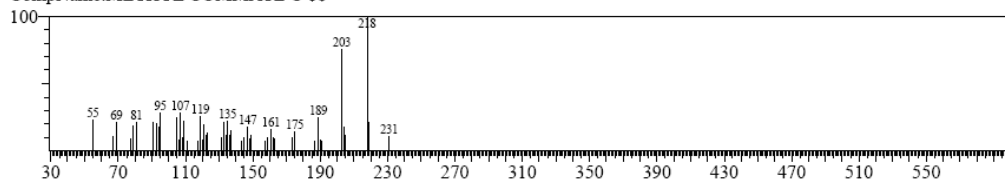


<< Target >>

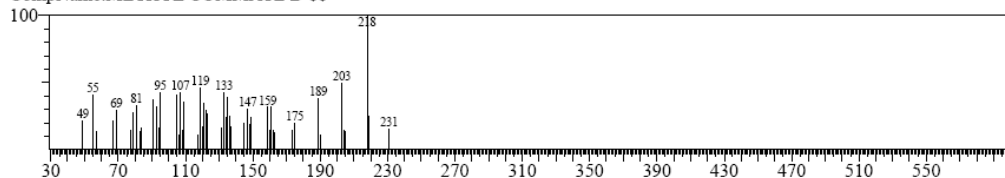
Line#:27 R. Time:32.717(Scan#:3327) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:145
RawMode:Single 32.717(3327) BasePeak:218.20(7296)
BG Mode:Peak Start 32.592(3312)



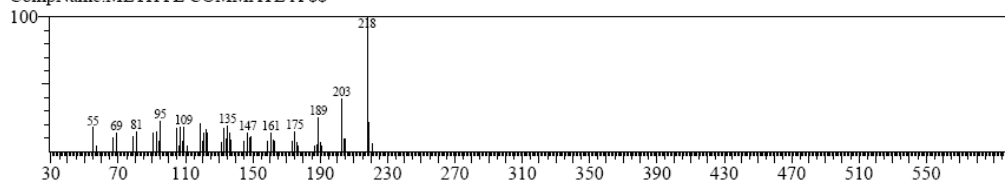
Hit#:1 Entry:213499 Library:WILEY229.LIB
SI:83 Formula:C31 H50 O4 CAS:0-0-0 MolWeight:486 RetIndex:0
CompName:METHYL COMMATE C \$\$



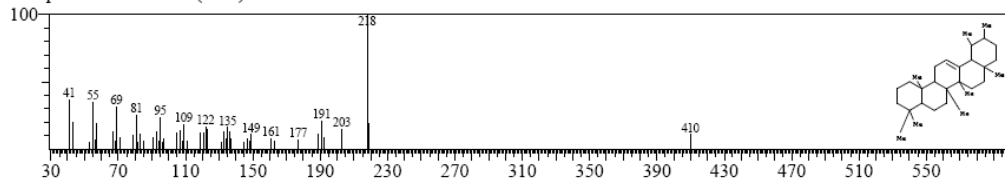
Hit#:2 Entry:213498 Library:WILEY229.LIB
SI:80 Formula:C31 H50 O4 CAS:0-0-0 MolWeight:486 RetIndex:0
CompName:METHYL COMMATE D \$\$



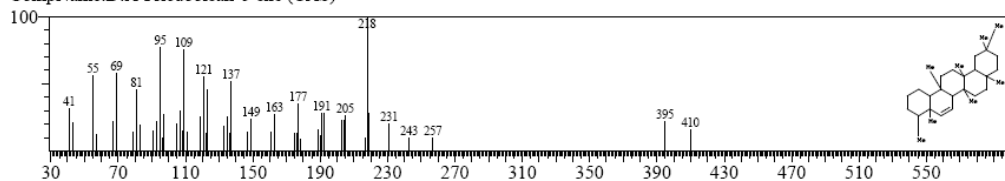
Hit#:3 Entry:215163 Library:WILEY229.LIB
SI:79 Formula:C32 H52 O4 CAS:0-0-0 MolWeight:500 RetIndex:0
CompName:METHYL COMMATE A \$\$



Hit#:4 Entry:197192 Library:WILEY229.LIB
SI:79 Formula:C30 H50 CAS:464-97-1 MolWeight:410 RetIndex:0
CompName:Urs-12-ene (CAS)



Hit#:5 Entry:197194 Library:WILEY229.LIB
SI:79 Formula:C30 H50 CAS:56588-25-1 MolWeight:410 RetIndex:0
CompName:D:A-Friedoolean-6-ene (CAS)

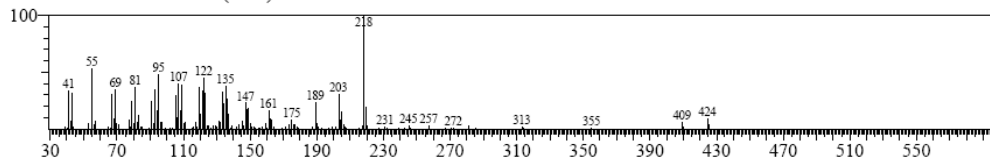


<< Target >>

Line#:28 R.Time:33.358(Scan#:3404) Retention Index:\$TargetRetIndex\$ MassPeaks:135

RawMode:Single 33.358(3404) BasePeak:218.20(15382)

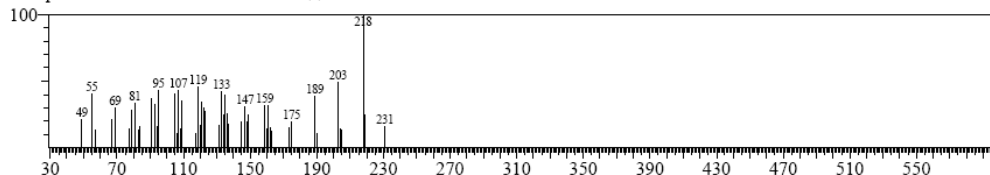
BG Mode:Peak Start 33.242(3390)



Hit#:1 Entry:213498 Library:WILEY229 LIB

SI:85 Formula:C31 H50 O4 CAS:0-0-0 MolWeight:486 RetIndex:0

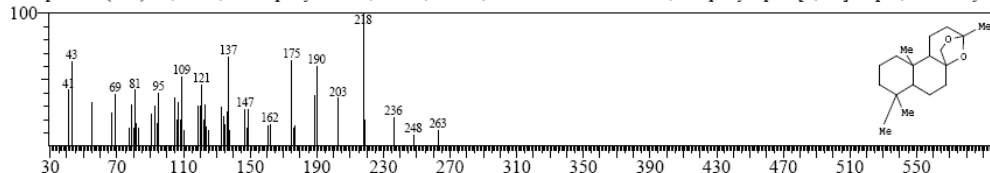
CompName:METHYL COMMATE D \$\$



Hit#:2 Entry:130418 Library:WILEY229 LIB

SI:82 Formula:C18 H30 O2 CAS:67010-57-5 MolWeight:278 RetIndex:0

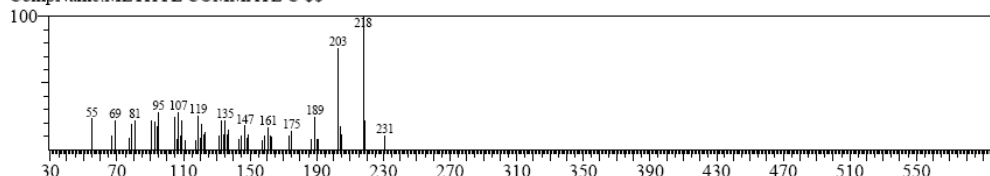
CompName:(13S)-8a,13,13,20-Diepoxy-5.beta.,9.beta.,10a-14,15-dinorlabdan \$\$ 5H-3,5a-Epoxynaphth[2,1-c]oxepin, dodecahydrc



Hit#:3 Entry:213499 Library:WILEY229 LIB

SI:81 Formula:C31 H50 O4 CAS:0-0-0 MolWeight:486 RetIndex:0

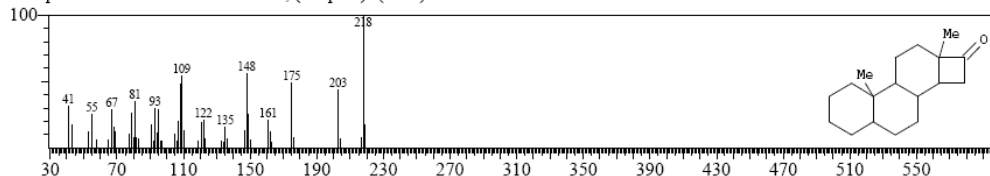
CompName:METHYL COMMATE C \$\$



Hit#:4 Entry:117090 Library:WILEY229 LIB

SI:80 Formula:C18 H28 O CAS:32319-6-5 MolWeight:260 RetIndex:0

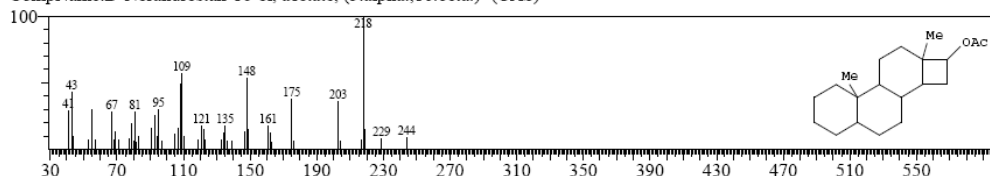
CompName:D-Norandrostan-16-one, (5.alpha.)- (CAS)



Hit#:5 Entry:148299 Library:WILEY229 LIB

SI:79 Formula:C20 H32 O2 CAS:54411-62-0 MolWeight:304 RetIndex:0

CompName:D-Norandrostan-16-ol, acetate, (5.alpha.,16.beta.)- (CAS)



Lampiran 3. Senyawa hasil GC-MS ekstrak methanol batang *R.mucronata*

No. Puncak	Rumus molekul	Nama	BM	(%)	SI
1.	• $C_{10}H_{12}O_2$ • $C_{10}H_{12}O_2$	• Eugenol • Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, (E)- (CAS) (E)-Isoeugenol	• 164 • 164	1.53	• 94 • 92
2.	• $C_7H_{15}Br$ • $C_{11}H_{16}O_2$ • $C_{15}H_{24}O_2$ • $C_{16}H_{28}O$ • $C_{22}H_{32}O_3$	• Heptyl bromide • 2(3H)-Benzofuranone, 3a,4,5,6-tetrahydro-3a,6,6-trimethyl- (CAS) • 2,6-di(t-butyl)-4-hydroxy-4-methyl-2,5-cyclohexadien-1-one • Bicyclo[3.1.0]hexan-2-one, 1,5-bis(1,1-dimethylethyl)-3,3-dimethyl- (CAS) • 1-[[2-[4-(2,2-dimethylethyl)cyclohexylidene]-2-(2-propenyloxy)ethyl]sulfonyl]-4-methylbenzene	• 178 • 180 • 236 • 236 • 376	1.05	• 65 • 66 • 77 • 70 • 64
3.	• $C_{12}H_{36}O_4$ • $C_{14}H_{26}O_2$ • $C_{14}H_{42}O_5$ • $C_{19}H_{20}O_3$ • $C_{24}H_{72}O_{12}$	• Tetrakis(trimethylsiloxy)silane • Silane, [bicyclo[4.2.0]octa-3,7-diene-7,8-diylbis(oxy)]bis(trimethyl- (CAS) • Silicone polymer • 10-hydroxy-10-acetylanthrone trimethylsilyl ether • silicate anion tetramer	• 384 • 282 • 458 • 324 • 888	0.69	• 78 • 73 • 74 • 72 • 82
4.	$C_{15}H_{24}O$	Butyl hydroxy toluene	220	0.62	93
5.	• $C_7H_{10}O$ • $C_7H_{13}N$ • $C_{10}H_{15}DO$ • $C_{10}H_{16}O$ • $C_{26}H_{52}$	• 3-Methyl-2-cyclohexen-1-one • Heptanenitrile • 6-isopropyl-3-methyl-2-cyclohexen-1-one-6-D • 3-Carvomenthenone • Cyclohexane, eicosyl- (CAS)	• 110 • 111 • 152 • 152 • 364	0.69	• 78 • 78 • 81 • 79 • 77
6.	• $C_{10}H_{18}$ • $C_{10}H_{19}$ • $C_{10}H_{19}$ • $C_{15}H_{28}O$ • $C_{18}H_{30}O_2$	• Isocitronellen • 4-Decene, 5-bromo- (CAS) • 4-Decene, 4-bromo- (CAS) • 2,6-Dodecadien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, (Z,E)- (CAS) • Menthyl ester of 3-methyl-4-methylene-cyclopentanecarboxylic acid	• 138 • 218 • 218 • 224 • 278	1.62	• 77 • 77 • 77 • 78 • 76
7.	• $C_{10}H_{10}O_4$ • $C_{11}H_{14}O_3$ • $C_{12}H_{19}P$	• Isoferulic acid • Methoxyeugenol • 4-phosphatricyclo[6.1.1.0(3,7)]dec-3(7)-ene, 4,9,9-trimethyl-	• 194 • 194 • 194	0.93	• 63 • 66 • 66
8.	• $C_{15}H_{30}O_2$ • $C_{18}H_{36}O_2$ • $C_{20}H_{40}O_2$	• Methyl tetradecanoate • Methyl heptadecanoate • Methyl nonadecanoate	• 242 • 284 • 312	1.85	• 95 • 94 • 93

9.	• $C_{16}H_{32}O_2$ • $C_{20}H_{40}O_2$	• Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) • Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate	• 256 • 312	0.50	• 94 • 93
10.	• $C_{19}H_{38}O_2$ • $C_{21}H_{42}O_2$ • $C_{22}H_{44}O_2$ • $C_{24}H_{48}O_2$	• Methyl octadecanoate • Eicosanoic acid, methyl ester (CAS) • Heneicosanoic acid, methyl ester • Tricosanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl tricosanoate	• 298 • 326 • 340 • 368	0.72	• 88 • 89 • 88 • 88
11.	• $C_{16}H_{32}O_2$ • $C_{17}H_{34}O_2$	• Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate • Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate	• 256 • 270	0.84	• 96 • 93
12.	• $C_{12}H_{22}O$ • $C_{13}H_{26}O$ • $C_{17}H_{34}O$ • $C_{18}H_{36}O$	• 11-Dodecen-2-one (CAS) • Hexahydropseudoionone • 2-Heptadecanone (CAS) • Hexahydrofarnesyl acetone	• 182 • 198 • 254 • 268	0.85	• 84 • 89 • 83 • 92
13.	• $C_{17}H_{34}O_2$ • $C_{21}H_{42}O_2$	• Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate • Eicosanoic acid, methyl ester (CAS)	• 270 • 326	2.15	• 95 • 94
14.	• $C_{17}H_{21}NO$ • $C_{24}H_{28}ClN_5O_3$	• Soverin • dimenhydrinate	• 255 • 469	6.45	• 92 • 90
15.	• $C_{17}H_{34}O_2$	• Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate	• 270	23.11	• 97
16.	• $C_{14}H_{28}O_2$ • $C_{16}H_{32}O_2$ • $C_{18}H_{34}O_2$ • $C_{18}H_{36}O_2$	• Tetradecanoic acid (CAS) Myristic acid • Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid • 9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) Oleic acid • Octadecanoic acid (CAS) Stearic acid	• 228 • 256 • 282 • 284	5.84	• 92 • 95 • 93 • 92
17.	• $C_{18}H_{36}O_2$ • $C_{18}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{38}O_2$	• Hexadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS) Methyl 14-methylhexadecanoate • methyl heptadecanoate • Methyl octadecanoate	• 284 • 284 • 298	1.27	• 93 • 91 • 91
18.	• $C_{12}H_{22}Cl_2O_2$ • $C_{14}H_{26}$ • $C_{18}H_{34}O$ • $C_{18}H_{34}O$ • $C_{18}H_{36}O$	• chloromethyl 5-chloroundecanoate • 1,13-Tetradecadiene (CAS) • 9,12-Octadecadien-1-ol (CAS) octadeca-9,12-dien-1-OL • 9-Octadecenal, (Z)- (CAS) CIS-octadec-9-enal • Oleol	• 268 • 194 • 266 • 268 • 268	0.36	• 79 • 79 • 80 • 79 • 79
19.	• $C_{18}H_{36}O_2$	• Methyl heptadecanoate	• 284	0.81	• 93

	• $C_{19}H_{38}O_2$ • $C_{21}H_{42}O_2$	• Methyl octadecanoate • Eicosanoic acid, methyl ester (CAS)	• 298 • 326		• 92 • 92
20.	• $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$	• 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (CAS) Methyl elaidate • 11-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) methyl cis octadec-11-enoate • 6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl petroselinat • 9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) methyl octadec-9-enoate • 7-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) methyl octadec-7-enoate	• 296 • 296 • 296 • 296 • 296	31.39	• 92 • 92 • 92 • 92 • 91
21.	$C_{19}H_{38}O_2$	Methyl octadecanoate	• 298	3.63	• 94
22.	• $C_{12}H_{22}O$ • $C_{18}H_{32}O_2$ • $C_{18}H_{34}O$ • $C_{19}H_{34}O$ • $C_{22}H_{38}O_2$	• Cyclododecene epoxide • Linolic acid • Oleylaldehyde • (Z,Z)-3,9-cis-6,7-epoxy-nonadecadiene • Cyclopropaneoctanoic acid, 2-[[2-[(2-ethylcyclopropyl)methyl]cyclopropyl]methyl]-, methyl ester (CAS) methyl 9,1	• 182 • 280 • 266 • 278 • 334	4.64	• 88 • 90 • 87 • 87 • 88
23.	• $C_{17}H_{32}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{20}H_{38}O_2$ • $C_{23}H_{44}O_2$	• Methyl palmitoleinate • methyl dihydromalvalate • 10-Nonadecenoic acid, methyl ester (CAS) methyl 10-nonadecenoate • Erucic acid methyl ester	• 268 • 296 • 310 • 352	1.46	• 91 • 93 • 93 • 92
24.	• $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$ • $C_{19}H_{36}O_2$	• methyl dihydromalvalate • 6-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) Methyl 6-octadecenoate • Methyl cis-6-octadecenoate • 4-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) methyl octadec-4-enoate	• 296 • 296 • 296 • 296	1.05	• 93 • 85 • 85 • 85
25.	• $C_{12}H_{22}O_2$ • $C_{12}H_{22}O_2$ • $C_{12}H_{22}O_2$ • $C_{12}H_{22}O_2$ • $C_{18}H_{34}O_2$	• TR-methyl-hydroxyundecanoic acid lactone • beta.-methyl-.gamma.-undecalactone (Z and E) • delta.-Dodecalactone • 5-heptylpentan-5-olide • 2H-Pyran-2-one, tetrahydro-6-trideyl- (CAS) octadecanoicacid,5-hydroxy-.,Delta.-lactone	• 198 • 198 • 198 • 198 • 282	0.83	• 83 • 83 • 82 • 82 • 82
26.	$C_{24}H_{38}O_4$	1,2-Benzenedicarboxylic acid,	• 390	0.77	• 94

	• $C_{24}H_{38}O_4$	bis(2-ethylhexyl) ester (CAS) Bis(2-ethylhexyl) phthalate • Polycizer 162	• 390		• 94
27.	• $C_{30}H_{50}$ • $C_{30}H_{50}$ • $C_{31}H_{50}O_4$ • $C_{31}H_{50}O_4$ • $C_{32}H_{52}O_4$	• Urs-12-ene (CAS) • D:A-Friedoolean-6-ene (CAS) • methyl commate C • methyl commate D • methyl commate A	• 410 • 410 • 486 • 486 • 500	1.44	• 79 • 79 • 83 • 80 • 79
28.	• $C_{18}H_{28}O$ • $C_{18}H_{30}O_2$ • $C_{20}H_{32}O_2$ • $C_{31}H_{50}O_4$ • $C_{31}H_{50}O_4$	• D-Norandrostan-16-one, (5.alpha.)- (CAS) • (13S)-8a,13:13,20-Diepoxy-5.beta.,9.beta.,10a-14,15-dinorlabdan • D-Norandrostan-16-ol, acetate, (5.alpha.,16.beta.)- (CAS) • methyl commate C • methyl commate D	• 260 • 278 • 304 • 486 • 486	2.94	• 80 • 82 • 79 • 81 • 85

