

**BIOAKTIVITAS EKSTRAK TANAMAN JERUK PURUT  
(*Citrus hystrix* D.C.) TERHADAP KUMBANG TEMBAKAU  
*Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae)**

Oleh

**MOH. SYAMSU DHUHA**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**MALANG**

**2016**

**BIOAKTIVITAS EKSTRAK TANAMAN JERUK PURUT  
(*Citrus hystrix* D.C.) TERHADAP KUMBANG TEMBAKAU  
*Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae)**

**OLEH  
MOH. SYAMSU DHUHA  
125040200111231**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

**MALANG**

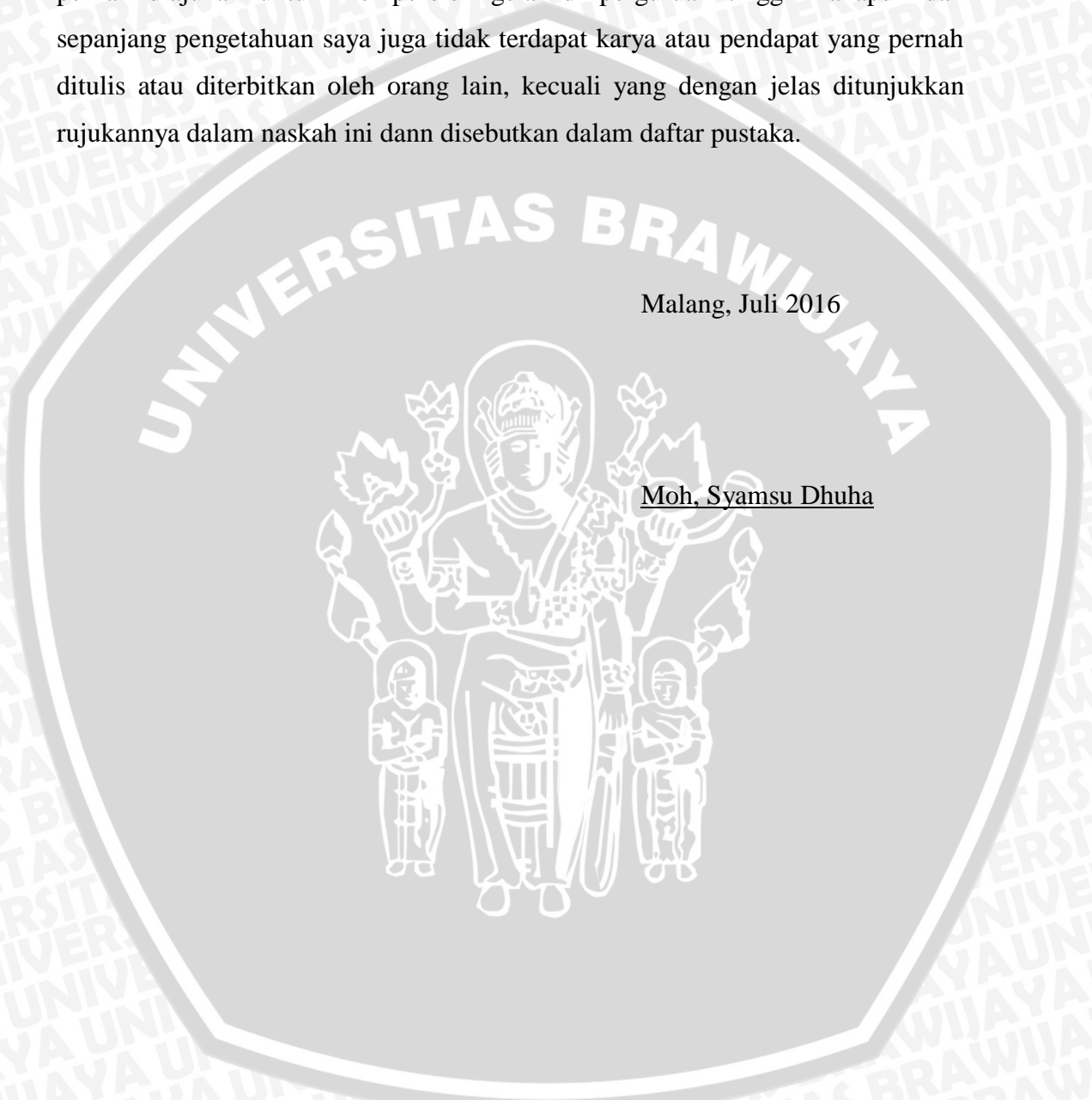
**2016**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dann disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2016

Moh, Syamsu Dhuha



**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul Skripsi : Bioaktivitas Ekstrak Tanaman Jeruk Purut (*Citrus hystrix* D.C.) Terhadap Kumbang Tembakau *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae)

Nama : Moh. Syamsu Dhuha

NIM : 125040200111231

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.  
NIP. 19551119 198303 1 002

Silvi Ikawati, SP., MP., MSc.  
NIP. 20140486 1210 2 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan,

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, M.S.  
NIP. 19551018 198601 2 001

**Tanggal Persetujuan:**

## LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

### MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.  
NIP. 19550403 198303 1 003

Penguji II

Silvi Ikawati, SP., MP., MSc.  
NIP. 20140486 1210 2 001

Penguji III

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.  
NIP. 19551119 198303 1 002

Penguji IV

Luqman Qurata Aini, SP., M. Si., Ph.D.  
NIP. 19720919 199802 1 001

**Tanggal Lulus:**

## RINGKASAN

**MOH. SYAMSU DHUHA. 125040200111231. Bioaktivitas Ekstrak Tanaman Jeruk Purut (*Citrus hystrix* D.C.) Terhadap Kumbang Tembakau *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae). Di bawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. Sebagai pembimbing utama dan Silvi Ikawati, SP., MP., MSc. sebagai pembimbing pendamping.**

---

Tembakau adalah salah satu komoditas terpenting di Indonesia. Namun, terdapat salah satu gangguan yang menyebabkan kerusakan dari segi kualitas dan kuantitas tembakau yaitu *Lasioderma serricorne*. Pengendalian dengan menggunakan pestisida sintetik memberikan efek negatif terhadap lingkungan, seperti resistensi hama dan residu kimia yang membahayakan bagi konsumen. Oleh karena itu, dibutuhkan pengendalian yang efektif, efisien, dan aman terhadap lingkungan dan konsumen dengan menggunakan pestisida nabati sebagai salah satu komponen pengendalian kumbang tembakau *L. serricorne*. Daun jeruk purut merupakan salah satu sumber yang dapat dijadikan pestisida nabati. Hal tersebut karena kandungan senyawanya yang bersifat racun dan repelen terhadap serangga. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bioaktivitas dan daya racun ekstrak daun jeruk purut terhadap kumbang tembakau *L. serricorne*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu komponen pengendalian hama kumbang tembakau *L. serricorne* yang lebih efisien, efektif, dan ramah lingkungan.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium toksikologi dan rearing, jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dimulai pada bulan Januari sampai Juli 2016. Penelitian menggunakan 4 kali ulangan dengan beberapa level konsentrasi yaitu, 0 ppm (kontrol), 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm. Penelitian yang dilakukan adalah menguji aktivitas fumigan dan repelen ekstrak daun jeruk purut. Data fumigan dianalisis dengan menggunakan Analysis of Variance (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5%. Nilai  $LC_{50}$  (Median Lethal Concentration) dari uji fumigasi pada setiap fase dihitung dengan program Probit Analysis (Chi, 1997). Data uji repelensi dicari nilai Indeks Repellent (IR) kemudian dianalisis dengan analisis nonparametrik Kruskal Wallis.

Berdasarkan hasil penelitian bioaktivitas ekstrak daun jeruk purut memiliki aktivitas fumigan terhadap imago, pupa, larva, dan telur *L. serricorne*. Secara berurutan nilai  $LC_{50}$  aktivitas fumigan tertinggi sampai terendah sebagai berikut; larva 47,56 ppm, imago 43,42 ppm, telur 31,61, dan pupa 29,63 ppm. Ekstrak daun jeruk purut bersifat repelen terhadap *L. serricorne* dengan nilai indeks repellent terbaik terdapat pada konsentrasi 60 ppm dengan nilai indeks repellent 66% dan termasuk dalam kelas repelensi IV yang berarti memiliki tingkat repelensi kuat.

## SUMMARY

**MOH. SYAMSU DHUHA. 125040200111231. Bioactivity Of *Citrus hystrix* D.C. Extract Against Cigarette Beetle *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae). Supervised by Dr. Ir. Toto Himawan, SU. and Silvi Ikawati, SP., MP., MSc.**

---

Tobacco is one of the most important commodities in Indonesia. But, there is one the problems which causes damage in terms of quality and quantity of tobacco namely *Lasioderma serricorne*. Controlling by using synthetic pesticides negative effects on the environment, such as resistance pest and residues of the chemical harmful for the consumer. Therefore, needs effective, efficient, and safe control to environment and consumer by the use of a botanical pesticide as one of component pest control cigarette beetle *L. serricorne*. Leaves of *citrus hystrix* is one source which can be used as a botanical pesticide. This is because the content of compounds that are toxic and repellent against insects. The purpose of this study to determine the bioactivity and toxicology extract leaves of *citrus hystrix* against cigarette beetle *L. serricorne*. The results of this research is expected to become one component pest control cigarette beetle *L. serricorne* more efficient, effective, and environmentally-friendly.

The research conducted in the Laboratory of toxicology and rearing, Pests and Diseases Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. The study started from January until July 2016. The research uses 4 replicates with some level of concentration that is, 0 ppm (control), 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, and 60 ppm. The research is to test the activity of the fumigant and repellent extract leaves of *citrus hystrix*. Fumigant's data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA). If there was significant differences followed by Least Significant Difference test (LSD) at level 5% error. LC<sub>50</sub> (Median Lethal Concentration) from fumigation test at each phase of the program is calculated by Probit Analysis (Chi, 1997). Repellent's data analyzed index Repellent (IR) and then analyzed with nonparametric Kruskal Wallis.

Based on the research results bioactivity of *citrus hystrix* leaf extract has fumigant's activity against imago, pupae, larvae and eggs *L. serricorne*. Sequentially LC<sub>50</sub> value fumigant's activity as follows; larvae 47.56 ppm, imago 43.42 ppm, eggs 31.61 ppm, and pupae 29.63 ppm. *Citrus hystrix* leaf extract is repellent against *L. serricorne* with the best results index repellent concentration of 60 ppm with a repellent index value 66% and is included in the grade IV that has strongest grade repellent.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, taufik, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Bioaktivitas Ekstrak Tanaman Jeruk Purut (*Citrus hystrix* D.C.) Terhadap Kumbang Tembakau *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera: Anobiidae)”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
2. Dr. Ir. Toto Himawan, SU., dan Silvi Ikawati, SP., MP., MSc. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan nasehat, arahan, kesabaran dan bimbingannya kepada penulis.
3. Semua staf dan karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas bantuan dan kerjasamanya.
4. Semua teman-teman HPT angkatan 2012, khususnya kepada Donny, Dyka, Eka, Indah, Iin, Lindia, Niud, dan Tari, serta mbak Frelyta.
5. Keluarga khususnya Ibu dan Alm. Bapak yang senantiasa memberikan do'a, motivasi, bimbingan dan dukungan kepada penulis, serta kepada Fina Zakiyyah yang selalu mendukung.

Semoga segala bantuan dari semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan proposal skripsi ini dicatat di sisi Allah SWT sebagai amal ibadah dan selalu dalam ridha-Nya. Amin.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan proposal skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan proposal skripsi ini.

Malang, Juli 2016

Penulis



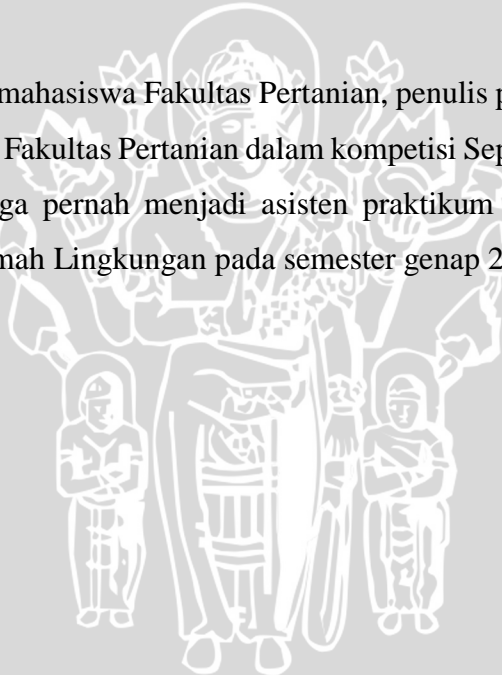
## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 01 Juni 1994 sebagai putra ketiga dari tiga bersaudara dari Alm. Bapak Afandi dan Ibu Sunarti.

Penulis menempuh pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah Hidayatul Mubtadi'in Desa Pakel Kec. Ngantru Kab. Tulungagung pada tahun 2000 sampai tahun 2006, kemudian penulis melanjutkan ke MTsN Kunir Wonodadi Blitar pada tahun 2006 sampai tahun 2009. Pada tahun 2009 sampai tahun 2012 penulis melanjutkan studi di MAN 2 Tulungagung, dengan jurusan IPA.

Pada tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama Dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, melalui jalur SNMPTN Tulis Bidik Misi.

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, penulis pernah meraih juara 2 dengan tim Sepakbola Fakultas Pertanian dalam kompetisi Sepakbola Rektor Cup tahun 2013. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum pada Mata Kuliah Teknologi Pestisida Ramah Lingkungan pada semester genap 2015 – 2016.



DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
LEMBAR PERNYATAAN .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
RINGKASAN .....	iv
SUMMARY .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Hipotesis .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Tembakau <i>Nicotiana tabacum</i> .....	4
2.1.1. Klasifikasi Tembakau .....	4
2.1.2. Deskripsi Tembakau .....	4
2.1.3. Pasca Panen Tembakau .....	5
2.2. <i>Lasioderma serricorne</i> .....	6
2.2.1. Klasifikasi <i>L. serricorne</i> .....	6
2.2.2. Siklus Hidup <i>L. serricorne</i> .....	6
2.2.3. Pengendalian <i>L. serricorne</i> .....	8
2.3. Jeruk Purut <i>Citrus hystrix</i> .....	9
2.3.1. Klasifikasi Jeruk Purut .....	9
2.3.2. Deskripsi Jeruk Purut .....	9
2.3.3. Kandungan Senyawa Jeruk Purut .....	10
2.4. Minyak Atsiri .....	12

2.5. Aktivitas Pestisida Nabati.....	14
2.6. Mode Of Action Ekstrak Daun Jeruk Purut .....	16
2.7. Pengaruh Ekstrak Jeruk Purut Terhadap Hama Gudang.....	16
<b>III. METODOLOGI.....</b>	<b>18</b>
3.1. Tempat dan Waktu .....	18
3.2. Alat dan Bahan .....	18
3.3. Metode Penelitian.....	18
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.4.1. Perbanyakkan Serangga Uji <i>L. serricornis</i> .....	19
3.4.2. Cara Ekstraksi Jeruk Purut.....	19
3.4.3. Pengujian Aktivitas Fumigan ke Serangga Uji .....	20
3.4.4. Pengujian Aktivitas Atraktan dan Repelen .....	22
3.5. Analisis Data .....	24
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1. Hasil Uji GC-MS Ekstrak Daun Jeruk Purut.....	25
4.2. Uji Aktivitas Fumigan Ekstrak Daun Jeruk Purut.....	25
4.3. Uji Aktivitas Atraktan dan Repelen Ekstrak Daun Jeruk Purut .....	29
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>32</b>
5.1. Kesimpulan.....	32
5.2. Saran.....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Daun tembakau .....	4
2.	Daun berlubang akibat serangan hama .....	5
3.	Telur <i>L. serricorne</i> .....	6
4.	Larva <i>L. serricorne</i> .....	7
5.	Pupa <i>L. serricorne</i> .....	7
6.	Imago <i>L. serricorne</i> .....	8
7.	Tanaman Jeruk Purut .....	10
8.	Struktur kimia sitronelal .....	11
9.	Struktur kimia sitronelol .....	11
10.	Struktur kimia linalool .....	11
11.	Struktur kimia geraniol .....	12
12.	Perbanyakkan <i>L. serricorne</i> pada media Oatmeal .....	17
13.	Round Cloning plate .....	19
14.	Skema Petri dish olfaktometer .....	21
15.	Petri dish olfaktometer .....	21
16.	Grafik persamaan regresi linier antara log dosis dengan probit ...	26
17.	Hubungan antara konsentrasi dengan Indeks Repelent (IR) .....	28

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Proses ekstraksi daun jeruk purut .....	39
2.	Proses penggojokan larutan menggunakan Orbital Shaker .....	39
3.	Proses penyaringan setelah digojok dan hasil ekstraksi .....	39
4.	Proses pemisahan filtrat dari pelarut menggunakan Rotary Vacuum evaporator .....	40
5.	Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap imago <i>L. serricorne</i> .....	40
6.	Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap	

pupa <i>L. serricorne</i> .....	40
7. Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap larva <i>L. serricorne</i> .....	41
8. Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap telur <i>L. serricorne</i> .....	41
9. Proses pengujian repelensi terhadap <i>L. serricorne</i> dengan metode Petri Dish Olfaktometer .....	41
10. Proses pengamatan mortalitas imago <i>L. serricorne</i> .....	41
11. Proses pengamatan mortalitas pupa <i>L. serricorne</i> .....	42
12. Proses pengamatan mortalitas larva <i>L. serricorne</i> .....	42
13. Proses pengamatan mortalitas telur <i>L. serricorne</i> menggunakan Mikroskop Stereo .....	42
14. Telur <i>L. serricorne</i> hasil pengamatan menggunakan Mikroskop Stereo .....	43
15. Larva <i>L. serricorne</i> yang menetas pada pengamatan mortalitas telur .....	43
16. Pupa <i>L. serricorne</i> .....	43
17. Imago <i>L. serricorne</i> .....	44
18. Kromatogram ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS .....	44
19. Kromatogram senyawa Sabinene pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS .....	44
20. Kromatogram senyawa Beta-Linalool pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS .....	44
21. Kromatogram senyawa Citronellal pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS .....	45
22. Kromatogram senyawa Citronellol pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS .....	45

**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor</b>	<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
1.	Komponen minyak daun jeruk purut .....	10
2.	Perlakuan yang digunakan dalam penelitian .....	16
3.	Tingkat repelensi (Hasyim et al., 2014) .....	22
4.	Hasil uji GC-MS ekstrak daun jeruk purut dengan metode maserasi .....	23
5.	Rerata persentase mortalitas imago, pupa, larva, dan telur <i>L. serricornis</i> setelah pemaparan 48 jam .....	24
6.	Hasil analisis probit imago, pupa, larva, dan telur <i>L. serricornis</i> setelah pemaparan 48 jam .....	25
7.	Nilai Indeks Repellent (IR) Pengujian Aktivitas Atraktan dan Repelen Setelah Pemaparan 2 jam .....	28

<b>Nomor</b>	<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1.	Analisis ragam mortalitas imago <i>L. serricornis</i> .....	37
2.	Analisis ragam mortalitas pupa <i>L. serricornis</i> .....	37
3.	Analisis ragam mortalitas larva <i>L. serricornis</i> .....	37
4.	Analisis ragam mortalitas telur <i>L. serricornis</i> .....	37
5.	Persentase kematian serangga terkoreksi pada imago .....	37
6.	Persentase kematian serangga terkoreksi pada pupa .....	38
7.	Persentase kematian serangga terkoreksi pada larva .....	38
8.	Persentase kematian serangga terkoreksi pada telur .....	38
9.	Analisis nonparametrik Kruskal Wallis .....	38



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) adalah tanaman semusim perkebunan di daerah tropis. Tembakau adalah salah satu komoditas terpenting di Indonesia. Peran tembakau bagi masyarakat cukup besar, hal ini karena aktivitas produksi dan pemasarannya melibatkan sejumlah penduduk untuk mendapatkan pekerjaan dan penghasilan (Munir, 2013).

Di Indonesia, daun tembakau banyak digunakan pada sektor industri, antara lain rokok dan pewarna tekstil. Industri rokok memberikan peranan yang sangat besar terhadap produksi tembakau. Hal tersebut dapat diketahui dari jumlah rokok yang diproduksi. Dalam kurun waktu tahun 2009 sampai 2013, produksi rokok terus meningkat. Pada tahun 2013 jumlah rokok yang diproduksi 361.4 Milyar batang (Dirjen Bea Cukai, 2014). Selain itu, tembakau juga digunakan untuk pewarna tekstil. Daun tembakau dapat menghasilkan warna coklat, sehingga dapat digunakan sebagai pewarna kain, khususnya sutera (Santosa dan Kusumastuti, 2008).

Salah satu proses pengelolaan pasca panen tembakau adalah penyimpanan dan pengeringan di dalam gudang. Tempat penyimpanan sangat berpengaruh terhadap kualitas bahan yang disimpan. Penurunan kualitas yang terjadi selama masa penyimpanan dapat menimbulkan kerugian yang tidak kecil. Apabila terjadi kesusutan akibat kurang tepatnya penanganan selama penyimpanan bahan simpan di gudang, maka akan sia-sia usaha yang dilakukan (Siddik dan Halid, 1983). Kehilangan hasil panen akibat serangan organisme pengganggu tanaman diperkirakan antara 10% sampai 40% dari total produksi pertanian dunia (Mohan dan Fields, 2002). Ada beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan bahan simpan, salah satunya adalah adanya hama. Serangga hama adalah masalah utama di dalam bahan simpanan karena serangan hama ini dapat berakibat pada kualitas dan kuantitas komoditi simpan (Madrid et al., 1990). *Lasioderma serricornis* diketahui berkembangbiak pada macam-macam biji-bijian rempah-rempah, dan tembakau, serta menyerang komoditas selama penyimpanan dan pengolahan (Dimetry et al., 2004). Daun tembakau yang disimpan dapat menjadi tempat

berkembangnya hama. Serangan kumbang ini pada daun tembakau sering mengakibatkan daun akan berlubang-lubang dan hal ini sangat tidak diinginkan untuk tembakau sebagai bahan cerutu (Erwin, 2000).

Di dalam sistem penyimpanan, penggunaan fumigan adalah pilihan yang paling ekonomis untuk mengendalikan populasi hama gudang (Mueller, 1990). Pengendalian hama gudang yang sering dilakukan yaitu dengan aplikasi pestisida berbahan aktif Fosfin dengan metode fumigasi (Imai dan Harada, 2006). Walaupun penggunaan fumigan dan insektisida kontak berbahan aktif Fosfin sangat efektif, akan tetapi hal tersebut menjadi perhatian dunia akibat efek negatifnya, antara lain penipisan lapisan ozon, pencemaran lingkungan, membunuh serangga non-target, resistensi hama, dan residu pestisida yang ditinggalkan (Shaaya et al., 1997). Oleh karena itu, dibutuhkan pengendalian yang efektif, efisien, dan aman terhadap lingkungan dan konsumen dengan menggunakan pestisida nabati sebagai salah satu komponen pengendalian kumbang tembakau *L. serricornis*. Minyak atsiri adalah senyawa alami dari tanaman yang dapat mengendalikan hama (Isman, 2000).

Pestisida nabati adalah salah satu komponen pengendalian yang ramah lingkungan. Indonesia adalah negara yang memiliki kekayaan plasma nutfah yang sangat potensial untuk digunakan sebagai pestisida nabati. Beberapa tahun ini, pestisida nabati mendapatkan perhatian besar dalam pengendalian serangga hama. Pestisida nabati mengandung minyak atsiri yang lebih selektif terhadap hama sasaran, sedikit bahkan tidak mencemari lingkungan, dan aman untuk serangga non-target (Ghosh et al., 2010). Jeruk purut (*Citrus hystrix* D. C.) adalah salah satu tumbuhan yang dapat dijadikan pestisida nabati. Jeruk purut dapat ditemukan dengan mudah di lingkungan masyarakat. Selain digunakan untuk bahan memasak, jeruk purut memiliki potensi yang besar untuk digunakan dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman.

Senyawa sitronelal adalah kandungan utama di dalam ekstrak daun jeruk purut yang bersifat repelen terhadap Arthropoda. Daun jeruk purut dapat berpotensi menjadi repelen, karena mengandung minyak atsiri dengan komponen diantaranya yaitu limonene, mirsen, linalool, oktanal, deca-nal, sitronelol, neral, geraniol, valensen, sinsial dan sinensial, linalol, citronellol, dan geraniol termasuk salah senyawa yang bersifat repelen terhadap Arthropoda (Santya dan Hendri, 2013).



Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian mengenai pengaruh ekstrak tanaman jeruk purut terhadap kumbang tembakau *L. serricorne* sehingga nantinya dapat diketahui lebih banyak lagi tentang manfaat jeruk purut sebagai pestisida nabati yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan di dalam mengendalikan hama tanaman.

### 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana aktivitas fumigan ekstrak daun jeruk purut terhadap imago, pupa, larva, dan telur *L. serricorne*.
2. Bagaimana aktivitas repelen ekstrak daun jeruk purut terhadap imago *L. serricorne*.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mempelajari aktivitas fumigan dan repelen ekstrak daun jeruk purut *C. hystrix* terhadap kumbang tembakau *L. serricorne*.

### 1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah ekstrak daun jeruk purut mempunyai aktivitas fumigan terhadap telur, larva, pupa dan imago *L. serricorne*, dan ekstrak daun jeruk purut mempunyai aktivitas repelen terhadap imago *L. serricorne*.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu komponen pengendalian hama kumbang tembakau *L. serricorne* yang lebih efisien, efektif, dan ramah lingkungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tembakau *Nicotiana tabacum*

#### 2.1.1. Klasifikasi Tembakau

Tembakau termasuk tanaman semusim dengan klasifikasi sebagai berikut; Kingdom: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Kelas: Dicotyledonae, Ordo: Solanales, Famili: Solanaceae, Genus: *Nicotiana*, Spesies: *Nicotiana tabacum* L. (Steenis, 1997).

#### 2.1.2. Deskripsi Tembakau

Tembakau adalah tanaman semak, tegak, dan sedikit bercabang atau tidak bercabang sama sekali. Tinggi tanaman tembakau sekitar 0,5-2,5 meter. Tembakau memiliki akar tunggang dengan panjang sekitar 50-75 cm, dan mempunyai banyak akar serabut dan bulu akar. Bunga tembakau termasuk bunga majemuk yang berbentuk malai. Kelopak bunga yang berlekuk dan mahkota bunga berbentuk seperti terompet. Daun tembakau berbentuk bulat panjang, ujungnya meruncing, tepinya licin dan bertulang sirip (Gambar 1). Satu tanaman biasanya memiliki sekitar 24 helai daun. Ukuran daun cukup bervariasi menurut keadaan tempat tumbuh dan jenis tembakau yang ditanam. Proses penuaan (pematangan) daun biasanya dimulai dari bagian ujung, kemudian bagian bawahnya (Tjitrosoepomo, 2000).



Gambar 1. Daun tembakau (Anonim, 2015a)

### 2.1.3. Pasca Panen Tembakau

Daun tembakau adalah bagian terpenting karena bagian inilah yang akan dipanen. Setelah proses pemanenan daun, maka dilakukanlah pengolahan daun tembakau. Pengolahan ini dilakukan proses pengeringan dari daun basah menjadi daun kering. Selain tergantung dari jenis tembakau, cara pengolahan adalah faktor yang menentukan untuk memperoleh hasil akhir. Melalui cara pengolahan tertentu, dengan bahan daun basah dari jenis tertentu akan diperoleh hasil pengeringan dengan kualitas yang tertentu pula. Proses pengolahan ini dalam bahasa asing (Inggris) disebut *curing process* (Abdullah dan Sudarmanto, 1986).

Setelah proses pengeringan daun tembakau, didapatkan hasil berupa krosok atau rajangan. Hasil proses pengeringan tersebut kebanyakan tidak langsung diolah. Penyimpanan adalah hal yang sering dilakukan untuk menjaga kualitas dan kuantitas sebelum diolah menjadi sebuah produk. Tempat penyimpanan hasil pengeringan adalah di gudang. Meskipun sudah di dalam gudang, namun masih terjadi kerusakan pada produk simpan. Kerusakan tersebut disebabkan oleh adanya hama gudang (Sudarmo, 1987). Hama gudang tidak hanya menyerang produk yang baru dipanen saja, melainkan juga menyerang produk industri hasil pertanian, antara lain tepung, kopra, beras, dan tembakau. Selain itu, hama gudang juga tidak hanya menyerang pada produk biji-bijian, melainkan juga menyerang produk daun-daunan dan kayu-kayuan (Kartasapoetra, 1991). Kerugian yang sering terjadi di gudang tembakau disebabkan oleh kumbang *L. serricornis* (Cigarette beetle) dan *Setomorpha margalaestriata*. Ulat (larva) kumbang ini merusak daun-daun tembakau yang telah kering dan siap untuk dikirim. Kerusakan akibat serangan kumbang ini membuat daun tembakau menjadi berlubang-lubang (Gambar 2) (Abdullah dan Soedarmanto, 1986).



Gambar 2. Daun berlubang akibat serangan hama (Anonim, 2015b)

## 2.2. *Lasioderma serricorne*

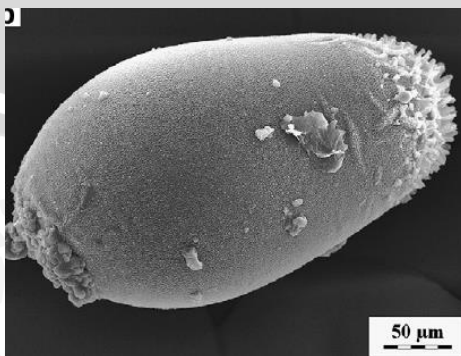
### 2.2.1. Klasifikasi *L. serricorne*

*Lasioderma serricorne* termasuk ke dalam Kingdom: Animalia, Filum: Arthropoda, Kelas: Insekta, Ordo: Coleoptera, Famili: Anobiidae, Genus: *Lasioderma*, Spesies: *Lasioderma serricorne* F. (Budhiono, 2015).

### 2.2.2. Siklus Hidup *L. serricorne*

*Lasioderma serricorne* adalah hama gudang yang daerah penyebarannya sangat luas. Hama ini dapat ditemukan di seluruh dunia, terutama daerah-daerah yang beriklim tropis. Hama ini sangat aktif pada sore dan malam hari (Winarno, 2006). Siklus hidup *L. serricorne* dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan juga pakan. *L. serricorne* memiliki kondisi minimum pada kisaran suhu 20°C, optimum pada kisaran suhu 30°C, dan maksimum pada kisaran 37°C. Sedangkan kelembaban minimum pada 22%, optimum pada 70%, dan maksimum pada 100%. Pada kondisi optimum, *L. serricorne* memiliki siklus hidup selama 26 hari. Kumbang tembakau ini memiliki beberapa fase, yaitu telur, larva, pupa, dan imago (dewasa) (Wagiman, 2014).

**Telur.** Kumbang *L. serricorne* meletakkan telurnya secara tertutup pada bahan (tembakau) simpan. Telur (Gambar 3) diletakkan satu per satu secara terpisah pada bahan makanannya. Setelah 4-6 hari telur akan menetas menjadi larva dan aktif mencari makanan (Kartosapoetra, 1991). Pada suhu 35°C telur akan menetas setelah 5-6 hari. Sedangkan pada suhu 20°C telur akan lebih lama menetas, yakni sekitar 22 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa suhu juga mempengaruhi lama tidaknya telur menetas (Wagiman, 2014).



Gambar 3. Telur *L. serricorne* (Kucerova dan Stejskal, 2010)

**Larva.** Larva yang sudah tua berwarna putih, tipe scarabeiform, dan berbulu, terdiri dari 4-6 instar. Panjang larva pada pertumbuhan maksimal dapat mencapai 4 mm. Bentuk larva semakin membesar ke arah ujung (belakang) (Gambar 4). Terdapat juga arolium dan melebihi panjang kuku dari setiap tarsusnya. Larva akan aktif memakan daun tembakau yang kering dengan cara menggerak. Larva dapat bergerak aktif karena memiliki kaki thoracal. Serangan larva tersebut menyebabkan daun berlubang (Cabrera, 2001). Lama perkembangan larva sangat ditentukan oleh persediaan pakan. Pada tepung coklat, lama perkembangan larva selama 19 hari. Sedangkan pada remukan biji coklat selama 48 hari (Wagiman, 2014).



Gambar 4. Larva *L. serricorne* (Cabrera, 2001)

**Pupa.** Menjelang masa pupa atau kepompong, larva kurang aktif dan membuat kokon dari sisa-sisa gerakan serta kotorannya dengan diperkuat air liurnya. *L. serricorne* memiliki bentuk kepompong lonjong (Gambar 5). Fase kepompong berlangsung antara 4-5 hari, tetapi kumbanganya sementara tidak mau keluar, biasanya sekitar 5 hari (Kartosapoetra, 1991).



Gambar 5. Pupa *L. serricorne* (Cabrera, 2001)

**Imago.** Imago *L. serricorne* (Gambar 6) memiliki bentuk tubuh oval dengan ukuran sekitar 2-3 mm, dan berwarna coklat kemerahan. Elitra (sayap depan) ditutupi oleh bulu-bulu halus. Memiliki antena dengan panjang setengah dari panjang tubuhnya. Antena terdiri dari 11 segmen, pada ruas ke 4 sampai 10 berbentuk seperti mata gergaji. Kepalanya menghadap ke bawah, sehingga tidak kelihatan dari atas. Imago dewasa dapat bertelur 10–100 telur selama hidupnya. *L. serricorne* dapat hidup selama satu sampai empat minggu. Pada suhu 37°C lama hidupnya selama 26 hari. Sedangkan pada 20°C memiliki lama hidup selama 120 hari. Kumbang ini akan mati pada suhu di bawah 4°C (Cabrera, 2001).



Gambar 6. Imago *L. serricorne* (Cabrera, 2001)

### 2.2.3. Pengendalian *L. serricorne*

*Lasioderma serricorne* adalah hama penting tembakau. Populasi yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan yang parah. Sehingga hal tersebut sangat tidak diharapkan terjadi. Oleh karena itu, ada beberapa tindakan pencegahan serta pengendalian. Tindakan pencegahan dan pengendalian yang sering dilakukan antara lain: 1) Selalu menjaga kebersihan gudang, 2) Sebelum daun tembakau masuk ke gudang, lantai dan dinding gudang disemprot insektisida, 3) Melakukan fumigasi dengan CS<sub>2</sub> dengan dosis 125-150 cc/m<sup>3</sup> selama 3 sampai 5 x 24 jam (Winarno, 2006). Selain itu, menurut sumber lain, pengendalian dapat menggunakan aplikasi pestisida dengan bahan aktif Fosfin secara fumigasi (Imai dan Harada, 2006). Cara fumigasi dapat menggunakan beberapa bahan aktif, antara lain metil bromida (CH<sub>3</sub>Br), fosfin (PH<sub>3</sub>), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan hidrogen sianida (HCN). Pemilihan jenis fumigan tergantung beberapa faktor, antara lain jumlah waktu tersedia, jenis komoditas, jumlah biaya, pertimbangan operasional, dan permintaan pasar. Fosfin dan karbon dioksida pada umumnya memerlukan

waktu 7 sampai 15 untuk proses fumigasi. Sedangkan hidrogen sianida dan metil bromida memerlukan waktu 1 sampai 4 hari untuk proses fumigasi (Sudarmo, 1987). Kumbang tembakau ini sangat tertarik pada sinar lampu dengan cahaya merah. Oleh karena itu, dapat pula perangkap memasang lampu merah, sehingga kumbang ini terjebak pada perangkap. Selain itu, dapat pula meningkatkan suhu ruangan di atas 40°C, karena kumbang tidak tahan terhadap suhu ruang yang tinggi (Abdullah dan Soedarmanto, 1986).

### 2.3. Jeruk Purut *Citrus hystrix*

#### 2.3.1. Klasifikasi Jeruk Purut

Jeruk purut adalah tanaman yang termasuk dalam famili Rutaceae yang artinya jeruk-jerukan. Jeruk purut termasuk dalam Kingdom: Plantae, Divisi: Spermatophyta, Kelas: Dicotyledonae, Ordo: Rutales, Famili: Rutaceae, Genus: *Citrus*, Spesies: *Citrus hystrix* D. C. (Sarwono, 1986).

#### 2.3.2. Deskripsi Jeruk Purut

Jeruk purut adalah tumbuhan perdu dengan tinggi 3-5 meter (Gambar 7). Buah jeruk purut memiliki aroma wangi yang agak kuat. Ukuran buah lebih kecil, bentuknya bulat tetapi banyak tonjolan dan berbintil. Kulit buahnya tebal dan berwarna hijau tua polos. Buah yang masak benar akan berwarna sedikit kuning. Daging buah berwarna hijau kekuningan, rasanya sangat masam dan kadang pahit (Yuliani dan Satuhu, 2012). Daunnya berwarna hijau tua, mengkilap, dan permukaan bawah hijau muda atau kekuningan, buram, jika diremas baunya harum. Daun tumbuh berpasangan dan seperti angka delapan. Tangkai daun sebagian melebar menyerupai anak daun. Helainan anak daun berbentuk bulat sampai lonjong, pangkal membulat atau tumpul, ujung tumpul sampai meruncing. Panjang helaian anak daun 8-15 cm, dan lebarnya 2-6 cm. Bunganya berbentuk bintang, berwarna putih kemerah-merahan atau putih kekuning-kuningan (Joko, 2010).



Gambar 7. Tanaman jeruk purut (Yadek, 2011)

### 2.3.3. Kandungan Senyawa Jeruk Purut

Minyak daun jeruk purut diketahui mengandung banyak komponen dan memiliki persentase yang berbeda-beda (Koswara, 2009), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen minyak daun jeruk purut

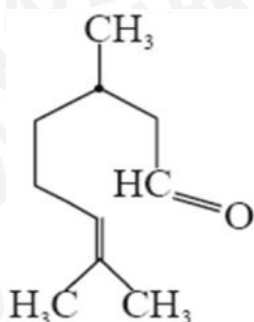
Komponen	Persentase
Sitronelal	81,49%
Sitronelol	8,22%
Linalool	3,69%
Geraniol	0,31%
Komponen lain	6,29%

Sumber: Koswara (2009)

Kandungan minyak atsiri seperti sitronelal, sitronelol, linalol, dan geraniol termasuk senyawa yang bersifat repelen terhadap arthropoda (Maia dan Moore, 2011).

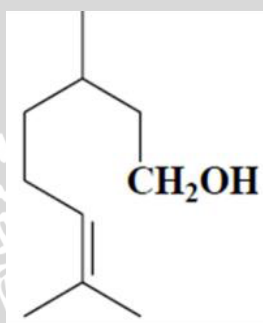
**Sitronelal.** Sitronelal atau rhodial atau 3, 7-dimethilocta-6-en-1-al ( $C_{10}H_{18}O$ ) (Gambar 8) adalah sebuah monoterpenoid, komponen utama dalam campuran senyawa kimia terpenoid yang memberikan minyak serih wangi yang khas (Gilberto, 2012). Sitronelal memiliki titik didih pada suhu  $112^{\circ}C$  (Munawaroh dan Handayani, 2010). Kandungan sitronelal dalam minyak daun jeruk purut dapat digunakan sebagai pestisida nabati (Dewi, 2007).





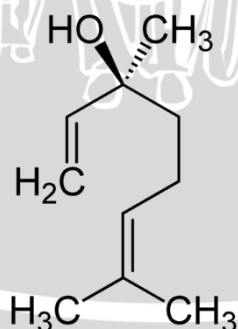
Gambar 8. Struktur kimia sitronelal (Gilberto, 2012)

**Sitronelol.** Sitronelol memiliki nama lain dihydrogenariol atau 3,7-dimethyl – 6 octen-1 – ol adalah monoterpenoid alami dengan formula  $C_{10}H_{20}O$  (Gambar 9). Minyak sitronelol dapat diperoleh dari minyak sitronelal (Gilberto, 2012).



Gambar 9. Struktur kimia sitronelol (Gilberto, 2012)

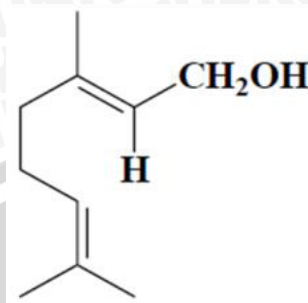
**Linalool.** Linalool atau 3,7-dimethylocta-1,6-dien-3-ol memiliki formula  $C_{10}H_{18}O$  (Gambar 10). Linalool dapat berfungsi sebagai anti-mikroba pada produk obat-obatan (Leiner et al., 2013).



Gambar 10. Struktur kimia linalool (Leiner et al., 2013)

**Geraniol.** Geraniol atau 3, 7,-dimethylocta-2, 6-dien-1-ol atau bisa disebut juga sebagai rhodinol adalah salah satu senyawa monoterpenoid dan alcohol dengan formula  $C_{10}H_{18}O$  (Gambar 11). Geraniol dapat ditemukan pada tanaman geranium

dan jeruk. Senyawa ini tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam bahan pelarut organik yang umum. Geraniol memiliki bau yang menyengat dan sering digunakan sebagai parfum (Gilberto, 2012).



Gambar 11. Struktur kimia geraniol (Gilberto, 2012)

#### 2.4. Minyak Atsiri

Istilah “minyak atsiri” digunakan untuk minyak yang bersifat mudah menguap, dengan komposisi dan titik didih yang berbeda-beda (Suryaningrum, 2009). Minyak atsiri adalah suatu produk metabolit sekunder yang mudah menguap dan terdapat dalam berbagai bagian tanaman seperti umbi, akar, batang, kulit, daun, bunga, dan biji (Mangun et al., 2012). Minyak atsiri dihasilkan dari tanaman dan mempunyai sifat mudah menguap pada suhu kamar tanpa mengalami dekomposisi, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan bau tanaman penghasilnya, umumnya larut dalam pelarut organik dan tidak larut dalam air. Di samping itu minyak atsiri juga mengandung resin dan lilin dalam jumlah kecil adalah komponen tidak dapat menguap (Ketaren, 1985).

Minyak atsiri memiliki senyawa aktif yang disebut terpenoid atau terpen. Jika tanaman memiliki kandungan senyawa ini berarti tanaman tersebut berpotensi dijadikan minyak atsiri. Zat inilah yang mengeluarkan aroma atau bau khas yang terdapat pada banyak tanaman misalnya rempah-rempah yang dapat memberikan cita rasa di dalam industri makanan. Di dalam tanaman, minyak atsiri juga mengandung semacam zat yang berguna mengusir serangga dan untuk menarik serangga dalam proses penyerbukan (Yuliani dan Satuhi, 2012).

Minyak atsiri adalah ekstrak yang didapatkan melalui suatu proses ekstraksi. Ekstrak adalah sediaan kering, kental, atau cair yang dibuat dengan menyari simplisia nabati atau hewani menurut cara yang sesuai, diluar pengaruh cahaya matahari langsung. Ekstraksi adalah proses penarikan senyawa kimia dari

jaringan tumbuhan ataupun hewan dengan menggunakan penyari tertentu. Proses awal ekstraksi senyawa kimia yang ada dalam tumbuhan yakni pengeringan bahan. Kemudian bahan dihaluskan dengan derajat halus tertentu lalu diekstraksi dengan pelarut yang sesuai. Untuk mendapatkan sari yang kental dapat dilakukan dengan menguapkan hasil ekstraksi dengan bantuan rotary evaporator. Tujuan ekstraksi bahan alam adalah untuk menarik komponen kimia yang terdapat pada bahan alam. Ekstraksi ini didasarkan pada prinsip perpindahan massa komponen zat ke dalam pelarut, dimana perpindahan mulai terjadi pada lapisan antar muka kemudian berdifusi masuk ke dalam pelarut (Harborne, 1987).

Terdapat beberapa macam metode ekstraksi, antara lain maserasi, perkolasi, sokletasi, refluks, dan penyulingan uap air (Harborne, 1987).

**Maserasi.** Maserasi adalah proses ekstraksi simplisia menggunakan pelarut dengan perendaman, pengocokan, atau pengadukan pada temperatur ruangan. Remaserasi berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama dan seterusnya. Maserasi dilakukan dengan cara memasukkan 10 bagian simplisia dengan derajat yang cocok ke dalam bejana, kemudian dituangi dengan penyari 75 bagian, ditutup dan dibiarkan selama 5 hari, terlindung dari cahaya sambil diaduk sekali-kali setiap hari lalu diperas dan ampasnya dimaserasi kembali dengan cairan penyari. Penyarian diakhiri setelah pelarut tidak berwarna lagi, lalu dipindahkan ke dalam bejana tertutup, dibiarkan pada tempat yang tidak bercahaya, setelah dua hari lalu endapan dipisahkan (Harborne, 1987).

**Perkolasi.** Perkolasi adalah ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru, umumnya dilakukan pada temperatur ruangan. Prosesnya terdiri dari tahapan pengembangan bahan, tahap maserasi antara, tahap perkolasi sebenarnya (penetesan/penampungan ekstrak), terus-menerus sampai diperoleh ekstrak (perkolat). Perkolasi dilakukan dengan cara dibasahkan 10 bagian simplisia dengan derajat halus yang cocok, menggunakan 2,5 bagian sampai 5 bagian cairan penyari dimasukkan dalam bejana tertutup sekurang-kurangnya 3 jam. Massa dipindahkan sedikit demi sedikit ke dalam perkolator, ditambahkan cairan penyari. Perkolator ditutup dibiarkan selama 24 jam, kemudian kran dibuka dengan kecepatan 1 ml permenit, sehingga simplisia tetap terendam. Filtrat dipindahkan ke dalam bejana,

ditutup dan dibiarkan selama 2 hari pada tempat terlindung dari cahaya (Harborne, 1987).

**Sokletasi.** Sokletasi adalah ekstraksi menggunakan pelarut yang secara terus-menerus, umumnya dilakukan dengan alat soklet sehingga terjadi ekstraksi berlanjut dengan jumlah pelarut relatif konstan dengan adanya pendingin balik. Cairan penyari dipanaskan sampai mendidih. Uap penyari akan naik melalui pipa samping, kemudian diembunkan lagi oleh pendingin tegak. Cairan penyari turun untuk menyari zat aktif dalam simplisia. Selanjutnya bila cairan penyari mencapai sifon, maka seluruh cairan akan turun ke labu alas bulat dan terjadi proses sirkulasi. Demikian seterusnya sampai zat aktif yang terdapat dalam simplisia tersari seluruhnya yang ditandai jernihnya cairan yang lewat pada tabung sifon (Harborne, 1987).

**Refluks.** Ekstraksi dengan cara ini pada dasarnya adalah ekstraksi berkesinambungan. Bahan yang akan diekstraksi direndam dengan cairan penyari dalam labu alas bulat yang dilengkapi dengan alat pendingin tegak, lalu dipanaskan sampai mendidih. Cairan penyari akan menguap, uap tersebut akan diembunkan dengan pendingin tegak dan akan kembali menyari zat aktif dalam simplisia tersebut, demikian seterusnya. Ekstraksi ini biasanya dilakukan 3 kali dan setiap kali diekstraksi selama 4 jam (Harborne, 1987).

**Penyulingan.** Penyulingan dapat dipertimbangkan untuk menyari serbuk simplisia yang mengandung komponen kimia yang mempunyai titik didih yang tinggi pada tekanan udara normal, yang pada pemanasan biasanya terjadi kerusakan zat aktifnya. Untuk mencegah hal tersebut, maka penyari dilakukan dengan penyulingan (Harborne, 1987).

## 2.5. Aktivitas Pestisida Nabati

Pestisida berasal dari dua kata yaitu “pest” berarti Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), dan “caedo atau cide” berarti racun. Pestisida adalah semua zat aktif yang digunakan untuk mengendalikan, mencegah, merusak, menolak atau mengurangi suatu organisme pengganggu untuk melindungi tanaman dari kerusakan. Sedangkan, pestisida nabati adalah pestisida yang bahan aktifnya merupakan senyawa-senyawa yang diekstraksi dari tanaman atau tumbuhan

(terkandung pada daun, batang, akar, biji, buah dan bunga) (Sembel, 2012). Pestisida nabati memiliki mekanisme kerja yang sama dengan pestisida sintetik yaitu racun kontak, racun perut, dan racun pernafasan, sehingga memberikan respon yang berbeda-beda antara lain mematikan serangga (racun), menurunkan nafsu makan serangga (antifidan), mengusir serangga (repellen), serangga jantan mendekat (atraktan), mengacaukan sistem hormon dan syaraf, merusak perkembangan telur, larva dan pupa (Sudarmo, 2005).

**Racun kontak.** Racun kontak adalah suatu jenis senyawa yang bekerja karena adanya kontak langsung dengan serangga yang kemudian masuk ke dalam tubuh serangga dan menyebabkan kematian serangga. Racun kontak dapat digunakan untuk mengendalikan jenis serangga yang dapat terbang. Senyawa yang mengenai permukaan tubuh serangga dapat mempengaruhi sistem saraf dengan mengganggu impuls syaraf sehingga mengakibatkan impuls saraf tidak berjalan secara normal, sehingga serangga tidak mampu merespon rangsangan. Selanjutnya, enzim akibat impuls saraf akan terstimulasi secara terus menerus menyebabkan gejala tremor atau gemetar dan gerakan tidak terkendali (Sembel, 2012).

**Racun perut.** Racun perut memiliki mekanisme kerja yang menyerang bagian perut (lambung). Racun perut ini diaplikasikan dengan menyemprotkan pestisida ke tanaman, sehingga ketika hama makan tanaman senyawa racun ikut termakan dan masuk ke dalam tubuh serangga. Hal tersebut menyebabkan hama mati akibat terjadinya kerusakan atau terabsorsinya sel-sel jaringan pencernaan. Racun perut ini digunakan untuk mengendalikan serangga hama bertipe mulut mengunyah (Sembel, 2012).

**Racun pernafasan.** Racun pernafasan juga disebut racun respirasi, yang mekanisme kerjanya masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernafasan dalam bentuk gas. Fumigan adalah zat berbentuk gas yang digunakan untuk mengendalikan hama yang menyebar ke semua area. Racun pernafasan ini pada umumnya digunakan untuk mengendalikan hama yang terdapat dalam gudang, pabrik, museum, rumah, hotel, dan tempat-tempat penyimpanan lainnya (Sembel, 2012).

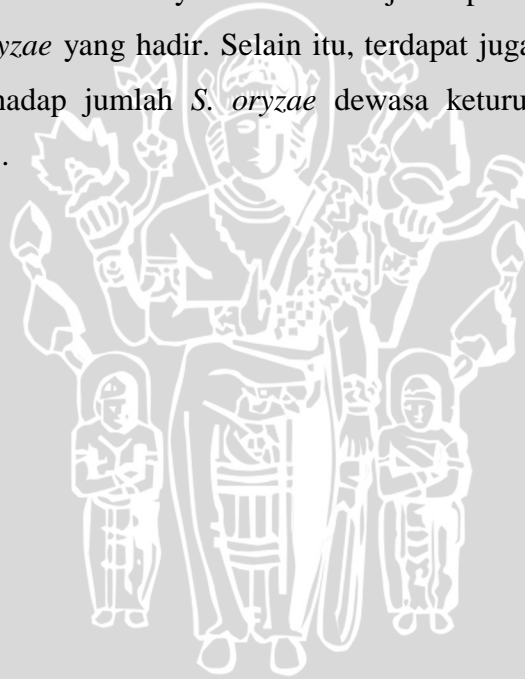
## 2.6. Mode Of Action Ekstrak Daun Jeruk Purut

Ekstrak daun jeruk purut (EDJP) termasuk dalam golongan minyak atsiri, yang memiliki sifat volatil atau mudah menguap yang memiliki aroma khas tanaman. Senyawa minyak atsiri EDJP memiliki beberapa aktivitas fisiologis. Mode of action atau mekanisme kerja EDJP tidak banyak diketahui. Aplikasi EDJP dilakukan dengan metode fumigasi, sehingga proses masuknya senyawa EDJP melalui sistem pernafasan. Senyawa EDJP yang masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernafasan mengganggu proses respirasi. Respirasi adalah suatu proses pemecahan gula atau senyawa lainnya yang menghasilkan energi, yang digunakan untuk proses tumbuh dan berkembang, serta melibatkan banyak reaksi yang memerlukan enzim. Gangguan akibat senyawa yang bersifat racun ke dalam pernafasan akan mengganggu perolehan energi yang diperlukan, sehingga menghambat pertumbuhan dan akhirnya hama kekurangan energi dan mati. Selain itu, senyawa EDJP seperti Linalool dan sitronelal diduga menyebabkan peningkatan aktivitas saraf sensorik yang tinggi. Aktivitas tinggi tersebut mengirimkan informasi yang salah ke saraf motorik yang mengakibatkan gejala – kejang-kejang dan kurangnya koordinasi saraf. Sistem saraf pusat pun juga terganggu akibat adanya gangguan pada saraf motorik. Rangsangan yang besar pada saraf motorik dapat menyebabkan kelumpuhan dan kematian (Henn dan Weinzierl, 1989).

## 2.7. Pengaruh Ekstrak Jeruk Purut Terhadap Hama Gudang

Ekstrak jeruk purut mengandung beberapa senyawa yang dapat digunakan untuk pengendalian serangga hama. Kandungan sitronelal dalam minyak daun jeruk purut dapat digunakan sebagai pestisida nabati (Dewi, 2007). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak jeruk purut dapat menjadi alternatif untuk pengendalian hama termasuk hama gudang. Meskipun tidak semua hama gudang, akan tetapi ada beberapa hama penting yang terbukti dapat dikendalikan dengan ekstrak jeruk purut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Citrus* sp. memiliki sifat repelen terhadap hama kumbang tembakau *L. serricornis*. Sifat repelen tersebut disebabkan oleh senyawa sitronelol yang terkandung di dalam *Citrus* sp. (Hori, 2003). Hasil penelitian dari tiga jenis jeruk yaitu jeruk purut, jeruk nipis, dan jeruk

manis menunjukkan bahwa ada pengaruh terhadap mortalitas kumbang beras *Sitophilus oryzae*. Dari ketiga jenis jeruk tersebut, mortalitas tertinggi pada jeruk purut, diikuti jeruk nipis, dan jeruk manis. Kandungan jenis senyawa yang berbeda menyebabkan laju mortalitas yang berbeda dari ketiga kulit jeruk diduga menjadi penyebab perbedaan persentase mortalitas hama *S. oryzae*. Kandungan minyak atsiri dari kulit jeruk purut yang mengandung komponen kimia yaitu sitronelal sebagai komponen utama (81,49%) dan sitronelol (8,22%). Kandungan sitronelal yang sangat tinggi menjadi salah satu kelebihan minyak jeruk purut (Moki et al., 2014). Kandungan senyawa sitronelal pada jeruk purut berfungsi sebagai racun terhadap serangga (Herminanto et al., 2010). Hasil penelitian minyak atsiri daun jeruk purut terhadap *S. oryzae* menunjukkan adanya sifat repelen. Senyawa sitronelal yang terdapat dalam minyak atsiri daun jeruk purut mampu menolak jumlah serangga *S. oryzae* yang hadir. Selain itu, terdapat juga pengaruh ekstrak daun jeruk purut terhadap jumlah *S. oryzae* dewasa keturunan pertama (F1) (Fajarwati et al., 2015).



### III. METODOLOGI

#### 3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Toksikologi dan Laboratorium Rearing Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Juli 2016.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting, kuas, penggaris, botol kaca 250 mL, kertas saring, jarum pentul, sterofom, kuas, cawan petri, round cloning plate, petri dish olfaktometer, gelas ukur ukuran 10 ml dan 100 ml, tabung Erlenmeyer 250 ml, corong, pinset, mikropipet, pisau, selotip, lem, stoples (t=12, Ø = 10 cm), stoples 750 ml, mikroskop stereo, orbital shaker, rotary vacum evaporator, timbangan analitik, kain kasa, kertas label, dan tissue.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun jeruk purut yang diperoleh dari kebun Sentral Minyak Atsiri di Kesamben Blitar, imago *L. serricornis* F. ± 300 ekor yang diperoleh dari PTPN X, oatmeal, fermipan, N-Heksan 96%, dan aseton.

#### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan 6 perlakuan dan 4 kali ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah tingkatan beberapa level konsentrasi ekstrak daun jeruk purut (EDJP). Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)
P0	0 (kontrol)
P1	20
P2	30
P3	40
P4	50
P5	60



### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Perbanyak Serangga Uji *L. serricorne*

Perbanyak *L. serricorne* dilakukan dengan menginfestasikan 60 ekor pada stoples ukuran ( $t=12\text{ cm}$ ,  $\varnothing=10\text{ cm}$ ) (Gambar 12). Pakan yang digunakan oatmeal 200 gram dan fermipan 10 gram yang dicampur secara merata. Kemudian tutup stoples tersebut dilubangi dan ditutupi kasa, serta diberi label. Setelah 10 hari infestasi, imago awal yang digunakan sebagai perbanyak dipindahkan ke dalam stoples baru yang berisi oatmeal dan fermipan untuk dilakukan perbanyak berikutnya. Rearing dilakukan di dalam laboratorium Rearing yang memiliki suhu  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  dan kelembaban relatif  $75 \pm 5\%$ . Imago baru yang muncul dapat digunakan untuk perbanyak kembali atau digunakan sebagai serangga uji (Lu et al., 2012).



Gambar 12. Perbanyak *L. serricorne* pada media Oatmeal

#### 3.4.2. Cara Ekstraksi Jeruk Purut

Bagian tanaman jeruk purut yang diekstraksi adalah daunnya. Ekstraksi daun jeruk purut dilakukan dengan metode maserasi dengan mesin pengaduk. Daun jeruk purut dibersihkan kemudian dikeringanginkan selama 24 jam pada suhu ruang sampai agak layu. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi kadar air, sehingga mempercepat proses ekstraksi dan lebih tahan terhadap mikroba. Daun jeruk purut yang sudah layu dipotong kecil-kecil dengan pisau. Maserasi dilakukan dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:4. Bahan dan pelarut dimasukkan ke dalam botol media atau botol erlenmeyer 250 mL dengan jumlah 40 g potongan daun jeruk purut dan 160 mL pelarut. Ekstraksi daun jeruk purut menggunakan pelarut non-polar,

yaitu N-Heksan 96%. Penggunaan N-Heksan sebagai pelarut karena memiliki sifat yang stabil dan mudah menguap, selektif dalam melarutkan zat, mengekstraksi sedikit lilin, dan dapat mengekstrak minyak atsiri dalam jumlah besar (Munawarah dan Handayani, 2010). Guna pengadukan berjalan dengan maksimal maka botol tidak diisi penuh. Kemudian dilakukan pengadukan menggunakan shaker dengan kecepatan 120 rpm selama 24 jam. Pengadukan bertujuan untuk mendapatkan ekstrak dalam waktu yang relatif cepat. Hasil maserasi disaring menggunakan kertas Whatman no.1. Setelah disaring, hasil ekstraksi kemudian dipisahkan dari N-Heksan dengan menggunakan rotary vacuum evaporator. Suhu evaporator diatur sekitar 60°C. Hasil evaporasi kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam botol dan ditutup rapat. Hal tersebut bertujuan agar filtrat tidak menguap, dan kemudian disimpan di showcase dengan suhu 4°C (Zhong, Su, dan Lu, 2010). Kemudian dilakukan pengujian senyawa dengan metode Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) di laboratorium central Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.

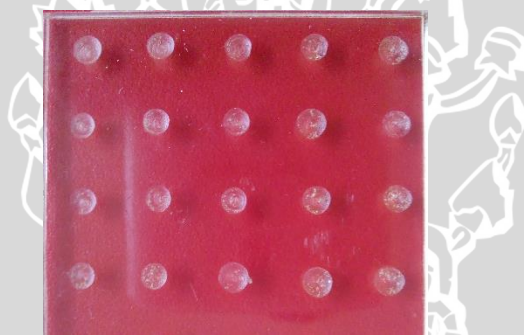
#### 3.4.3. Pengujian Aktivitas Fumigan ke Serangga Uji

**Larva, pupa, dan dewasa *L. serricorne*.** Pengujian aktivitas/sifat fumigan terhadap *L. serricorne* dilakukan dengan cara memaparkan sebanyak 20 larva (umur 10-12 hari), 20 pupa (umur 1-2 hari), dan 20 dewasa, tanpa dibedakan jantan dan betina (umur 5-7 hari) pada masing-masing ekstrak yang diuji. Masing-masing ekstrak yang diuji dilarutkan dalam 1 mL aseton. Pengujian dilakukan dalam botol kaca 250 mL. Cara aplikasi menggunakan mikropipet agar lebih akurat (Weeks et al., 2011).

Masing-masing konsentrasi diteteskan secara merata pada potongan kertas saring dengan ukuran 7 x 9 cm dan dikeringanginkan (10 menit). Kemudian digantungkan pada tutup botol dengan jarum pentul. Kertas saring dipasang sedemikian rupa sehingga tidak bersentuhan dengan dinding. Setelah itu botol uji disimpan dalam ruangan pada suhu  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  dan kelembaban relatif  $65 \pm 5\%$ . Setelah pemaparan selama 48 jam, masing-masing (larva, pupa, dan dewasa) dipindahkan kedalam cawan Petri. Mortalitas larva dan dewasa *L. serricorne* segera mungkin dapat diamati, serangga dianggap mati apabila disentuh tidak

menunjukkan gerakan. Pupa diamati setiap hari selama 10 hari, dewasa yang muncul dicatat dan pupa yang tidak menjadi/mencapai tahap dewasa dianggap mati.

**Telur.** Pengujian aktivitas fumigan terhadap telur dilakukan dengan cara memaparkan telur (umur 0–24 jam) pada masing-masing konsentrasi yang diuji. Pengujian telur diletakkan pada round cloning plate. Alat tersebut terbuat dari mika akrilik dengan ukuran 5 x 4 cm yang diberi lubang. Setiap round cloning plate terdiri dari 20 microwell ( $\varnothing$ : 3 mm; dalam 2 mm) (Gambar 13). Masing-masing microwell diisi satu telur, setiap ulangan digunakan sebanyak 20 telur. Plate yang telah berisi telur disimpan dalam toples 750 ml. Selanjutnya tata cara perlakuan seperti langkah-langkah pada perlakuan sebelumnya. Setelah 48 jam, plate dipindahkan ke lingkungan pemeliharaan yang bersih. Pengamatan terhadap penetasan telur dilakukan di bawah mikroskop stereo setelah 10 hari dan telur yang tidak menetas dianggap mati.



Gambar 13. Round Cloning plate

**Variabel Pengamatan.** Variabel pengamatan yang diamati pada pengujian aktivitas fumigan pada telur, larva, pupa, dan imago adalah mortalitas serangga. Mortalitas serangga dihitung dengan menggunakan rumus (Rizal et al., 2010):

$$M = \frac{N}{n} \times 100\%$$

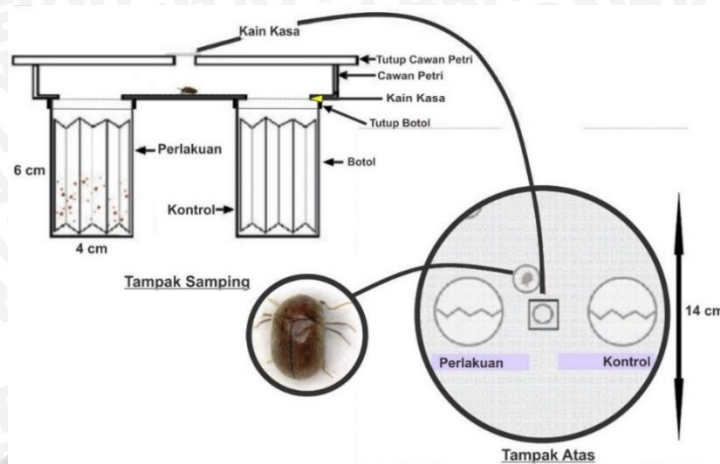
Dengan M adalah persentase mortalitas serangga, N adalah jumlah serangga yang mati, dan n adalah jumlah serangga uji. Apabila pada kontrol terdapat kematian, maka persen kematian perlu dikoreksi. Apabila kematian serangga pada kontrol  $\geq 20\%$ , maka pengujian harus diulang. Persen kematian dikoreksi berdasarkan rumus Abbott (1987) yaitu:

$$P = \frac{X - Y}{X} \times 100\%$$

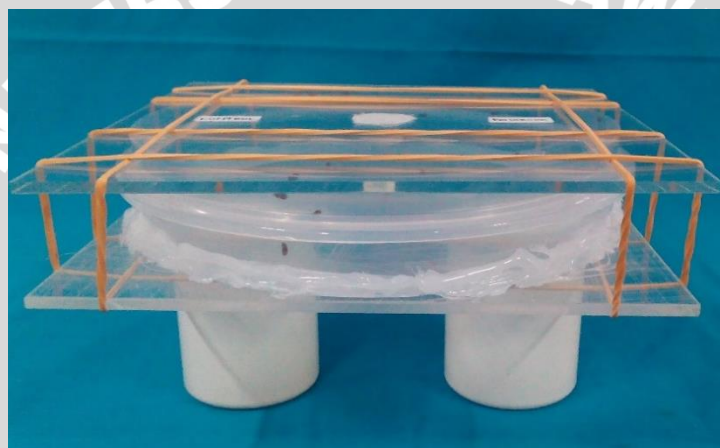
Dengan P adalah persen kematian terkoreksi, X adalah persen serangga yang hidup pada kontrol, dan Y adalah persen serangga yang hidup pada perlakuan.

#### 3.4.4. Pengujian Aktivitas Atraktan dan Repelen

Pengujian sifat atraktan dan repelen dilakukan terhadap masing-masing konsentrasi dengan metode Petri dish olfactometer. Metode ini adalah perkembangan dari olfaktometer itu sendiri. Olfaktometer ini memodifikasi dari cawan petri (diameter 14 cm) dengan dua botol menempel dibawahnya seperti skema Gambar 14. Cawan petri diberi dua lubang dengan diameter ukuran per lubang 2,6 cm, jarak antara kedua lubang 6,4 cm, dan jarak lubang ke tepi 1,2 cm. Tinggi cawan petri 2,4 cm. Pada bagian tengah tutup cawan petri dilubangi dengan diameter 1 cm. Lubang pada tutup cawan petri diberi kain kasa agar serangga tidak keluar. Botol ukuran tinggi 6 cm dan diameter 4 cm ditempel pada dua lubang cawan petri. Guna mempermudah melepas botol, maka tepat pada bagian lubang cawan petri ditempel dengan tutup botol yang sudah dilubangi. Di antara tutup botol dan cawan petri diberi kain kasa. Lubang pada tutup botol ukurannya sama dengan ukuran lubang cawan petri. Setiap petri dish olfaktometer terdiri dari perlakuan dan control (Gambar 15). Masing-masing konsentrasi ditetesi ke potongan kertas saring (4 x 7 cm). Perlakuan kontrol hanya ditetesi aseton. Kemudian kertas saring dimasukkan kedalam botol, dan botol direkatkan dengan tutup botol pada olfaktometer. Cara aplikasi menggunakan mikropipet agar lebih akurat (Weeks et al., 2011). Masing-masing pengujian menggunakan 20 serangga dewasa *L. serricornis* dan diletakkan ditengah-tengah cawan petri. Cawan petri ditutup rapat dengan dilapisi parafilm. Pengamatan respon dilakukan setelah 2 jam dengan menghitung jumlah serangga yang respon terhadap setiap perlakuan dan kontrol.



Gambar 14. Skema Petri dish olfaktometer



Gambar 15. Petri dish olfaktometer

**Variabel Pengamatan.** Variabel pengamatan yang diamati pada uji repeleksi adalah menghitung jumlah serangga yang respon terhadap kontrol dan perlakuan. Untuk mengetahui respon serangga dari uji repeleksi dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan nilai Indeks Repellent (IR) berdasarkan rumus Pascual-Villalobods and Robledo (1998) yaitu:

$$IR = \frac{C - T}{C + T} \times 100\%$$

Dengan IR adalah Indeks Repellent (%), C adalah jumlah serangga yang respon terhadap kontrol, T adalah jumlah serangga yang respon terhadap perlakuan. Apabila nilai IR positif, maka mengindikasikan adanya sifat repelen. Sedangkan nilai IR negatif mengindikasikan adanya sifat atraktan (Pascual-Villalobods &

Robledo, 1998). Untuk menentukan tingkatan repelensi digunakan kriteria sebagai berikut (Tabel 3) (Hasyim et al., 2014):

Tabel 3. Tingkat repelensi (Hasyim et al., 2014)

Kelas Repelensi	Tingkat Repelensi	Nilai Repelensi
0	Lemah	< 0,1 %
I	Agak Sedang	0,1 – 20 %
II	Sedang	20,1 – 40 %
III	Agak Kuat	40,1 – 60 %
IV	Kuat	60,1 – 80 %
V	Sangat Kuat	80,1 – 100 %

### 3.5. Analisis Data

Data Indeks Repellent (IR) dilakukan analisis dengan analisis nonparametrik Kruskal Wallis dengan menggunakan aplikasi SPSS 21. Persentase mortalitas dianalisis dengan menggunakan Analysis of Variance (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan yang nyata, maka pengujian dilanjutkan dengan menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf kesalahan 5% dengan menggunakan aplikasi DSTAAT. Nilai LC<sub>50</sub> (Median Lethal Concentration) dari uji fumigasi pada telur, larva, pupa, dan imago dihitung dengan menggunakan program Probit Analysis (Chi, 1997).

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Uji GC-MS Ekstrak Daun Jeruk Purut

Hasil uji GC-MS EDJP dengan metode maserasi menunjukkan bahwa EDJP mengandung 4 jenis senyawa (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil uji GC-MS ekstrak daun jeruk purut dengan metode maserasi

Rate Time	Nama Senyawa	Persentase senyawa (%)
6,565	Sabinen	0,44
8,576	Beta-Linalool	1,65
9,480	Sitronelal	86,43
10,634	Sitronelol	11,48

Berdasarkan hasil uji GC-MS, didapatkan persentase senyawa sitronelal yang tinggi sebesar 86,43%. Hasil penelitian Moki et al., (2014) menjelaskan bahwa kandungan ekstrak daun jeruk purut mengandung senyawa sitronelal sebagai komponen utama (81,49%) dan sitronelol (8,22%). Sedangkan, Munawarah dan Handayani (2010) melaporkan bahwa ekstraksi daun jeruk purut dengan pelarut N-Heksan mengandung senyawa sitronelal sebesar 97,27 % dengan metode sokhetasi. Meskipun demikian, hasil persentase senyawa sitronelal sebagai senyawa utama tidak berbeda jauh hasilnya. Perbedaan metode dan perlakuan awal daun dimungkinkan menyebabkan persentase senyawa dan jumlah senyawa yang terekstraksi berbeda. Herminanto et al., (2010) melaporkan bahwa kandungan senyawa sitronelal pada jeruk purut berfungsi sebagai racun terhadap serangga.

### 4.2. Uji Aktivitas Fumigan Ekstrak Daun Jeruk Purut

Pengamatan persentase mortalitas terhadap imago, pupa, larva, dan telur *L. serricorne* pada uji bioaktivitas (EDJP) dilakukan pemaparan selama 48 jam. Hasil pengujian dengan lima (5) tingkat konsentrasi. Pada Tabel 5 menunjukkan hasil rerata persentase mortalitas yang berbeda pada setiap fase *L. serricorne*. Hasil analisis ragam pada fase imago, pupa, larva, dan telur menunjukkan hasil yang sama yaitu terdapat perbedaan yang nyata. Hal tersebut berarti tingkat konsentrasi berpengaruh nyata terhadap mortalitas ke-empat fase. Ekstrak daun jeruk purut

menunjukkan aktivitas fumigan yang kuat terhadap setiap fase *L. serricorne*, dan daya racun meningkat seiring peningkatan konsentrasi. Perbedaan fase menyebabkan respon yang bervariasi, dimana pupa dan telur lebih rentan dan peka dari pada larva dan imago. Konsentrasi terbaik terdapat pada 60 ppm karena rerata persentase mortalitas lebih dari 50% pada semua fase *L. serricorne*.

Tabel 5. Rerata persentase mortalitas imago, pupa, larva, dan telur *L. serricorne* setelah pemaparan ekstrak daun jeruk purut 48 jam

Konsentrasi (ppm)	Rata-rata Persentase Mortalitas (%)			
	Imago	Pupa	Larva	Telur
20	10 <sup>a</sup>	31,25 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	18,75 <sup>a</sup>
30	23,75 <sup>ab</sup>	41,25 <sup>a</sup>	23,75 <sup>ab</sup>	38,75 <sup>b</sup>
40	33,75 <sup>b</sup>	67,5 <sup>b</sup>	37,5 <sup>bc</sup>	70 <sup>c</sup>
50	62,5 <sup>c</sup>	90 <sup>c</sup>	48,75 <sup>c</sup>	82,5 <sup>d</sup>
60	86,25 <sup>d</sup>	98,75 <sup>c</sup>	76,25 <sup>d</sup>	93,75 <sup>e</sup>

Keterangan: Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan hasil uji BNT pada taraf 5%

Pada saat fase pupa dan telur masih dalam tahap perkembangan, sehingga sangat sensitif terhadap senyawa toksik dari EDJP. Pada saat fase pupa terjadi perkembangan morfologi menjadi imago. Sedangkan pada saat fase telur terjadi perkembangan embrio yang nantinya menjadi larva. Oleh sebab itu, adanya senyawa toksik dari EDJP mengakibatkan kegagalan proses perkembangan sehingga terjadi kematian. Berdasarkan hasil penelitian Kucerova dan Stejskal (2010) pada ujung telur *L. serricorne* terdapat lubang yang dinamakan mikropyl yang berjumlah antara 7-11 lubang dengan fungsi sebagai lubang pernafasan telur. selain itu, hasil penelitian Gautam et al., (2014) menunjukkan bahwa dipermukaan korion telur *L. serricorne* terdapat aeropyl dan juga mikropyl yang terletak dikutub telur. Sehingga adanya aktivitas fumigan dari senyawa EDJP yang masuk melalui lubang aeropyl dan mikropyl menyebabkan telur gagal berkembang dan akhirnya mati. Hasil penelitian Lu et al. (2012) dengan ekstrak *Elsholtzia stauntonii* menunjukkan hasil yang bervariasi pada setiap fase *L. serricorne*. Perbedaan fase hidup serangga dan senyawa yang terkandung dalam ekstrak menyebabkan perbedaan respon terhadap serangga uji. Cabrera (2001) menjelaskan bahwa



kumbang *L. serricorne* sangat aktif pada saat fase larva dan imago, karena pada fase tersebut larva banyak mencari makan untuk tumbuh dan berkembang. Sedangkan pada saat fase imago menghisap cairan dan sedikit makan. Hal tersebut membuat larva dan imago lebih tahan dari pada fase telur dan pupa.

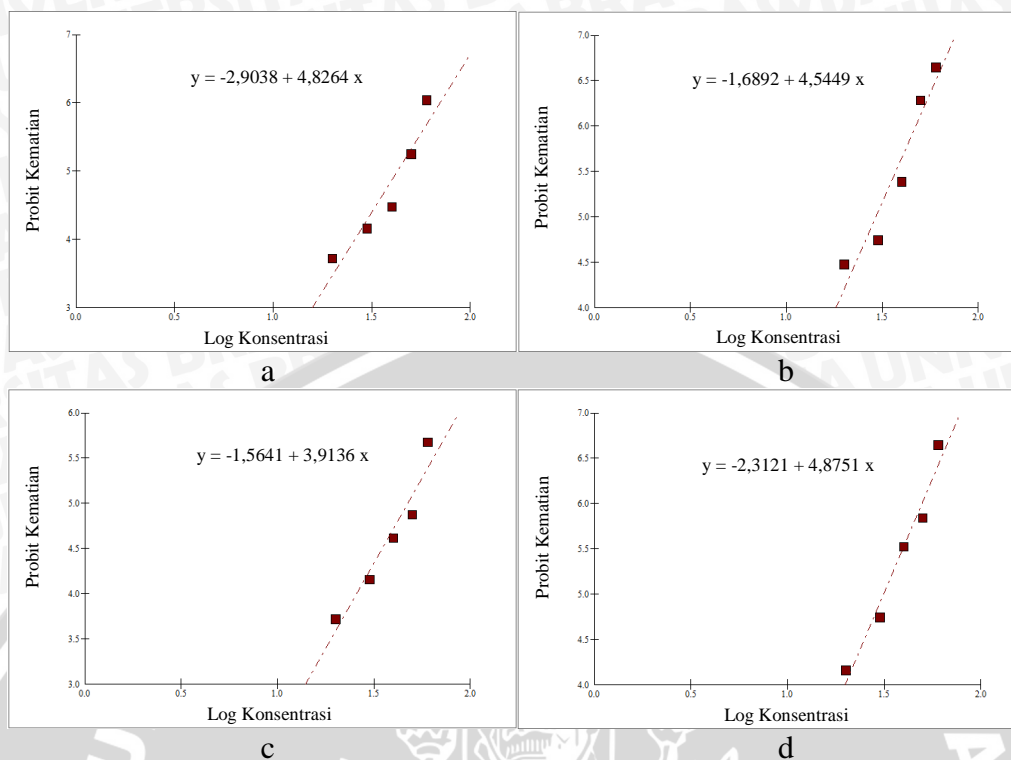
Hasil pengujian aktivitas fumigan EDJP pada setiap fase perkembangan *L. serricorne* dilakukan analisis probit LC<sub>50</sub> menggunakan program Probit Analysis (Chi, 1997) (Tabel 6). Median lethal concentration atau LC<sub>50</sub> adalah nilai konsentrasi yang dibutuhkan untuk mematikan serangga uji sebesar 50% dari populasi.

Tabel 6. Hasil analisis probit imago, pupa, larva, dan telur *L. serricorne* setelah pemaparan ekstrak daun jeruk purut 48 jam

Fase	Persamaan Regresi	SE	LC <sub>50</sub> (ppm)	LC <sub>90</sub> (ppm)	Batas Acuan LC <sub>50</sub> (ppm)	
					Bawah	Atas
Imago	$y = -2,9038 + 4,8264 x$	0,9897	43,42	80,02	33,06	64,26
Pupa	$y = -1,6892 + 4,5449 x$	0,8992	29,63	56,72	18,95	37,35
Larva	$y = -1,5641 + 3,9136 x$	0,9320	47,56	101,10	38,92	68,28
Telur	$y = -2,3121 + 4,8751 x$	0,9193	31,61	57,91	27,13	35,68

Keterangan: LC<sub>50</sub> dan LC<sub>90</sub> adalah Lethal Concentration 50 dan 90; SE adalah Slope of Error;

Berdasarkan hasil analisis probit diperoleh persamaan regresi pada setiap fase *L. serricorne*. Persamaan regresi berfungsi untuk mencari konsentrasi yang dibutuhkan dengan persentase kematian tertentu. Semakin kecil nilai LC<sub>50</sub> maka semakin efektif. Nilai variabel konsentrasi (x) yang bernilai positif pada semua persamaan regresi menunjukkan bahwa tingkat kematian berbanding lurus dengan garis regresi. Grafik regresi antara mortalitas setiap fase *L. serricorne* dengan konsentrasi EDJP disajikan pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik hubungan antara log dosis dengan probit kematian; (a) imago; (b) pupa; (c) larva; (d) telur

Pada fase imago, nilai  $LC_{50}$  sebesar 43,42 ppm, artinya untuk menyebabkan kematian imago sebesar 50% dibutuhkan konsentrasi sebesar 43,42 ppm. Sedangkan pada fase pupa, dibutuhkan konsentrasi sebesar 29,63 ppm untuk mematikan pupa 50% dari populasi serangga uji. Nilai  $LC_{50}$  pupa lebih kecil dibanding nilai  $LC_{50}$  pada fase imago, larva, dan telur. Nilai  $LC_{50}$  yang kecil menunjukkan bahwa nilai tersebut lebih efektif dibanding yang lainnya. Hal tersebut karena dengan konsentrasi yang lebih sedikit sudah dapat mematikan serangga uji 50% dari populasi sampel. Hasil penelitian Moki et al., (2014) menunjukkan bahwa kandungan senyawa sitronelal dan sitronelol dapat menyebabkan kematian pada serangga *S. oryzae* sebesar 49,33%. Sehingga ekstrak daun jeruk purut lebih efektif dalam mengendalikan *L. serricorne* dibanding *S. oryzae*. Perbedaan pelarut dan kepekaan serangga yang digunakan dimungkinkan menyebabkan hasil yang berbeda.

Nilai  $LC_{50}$  pada fase larva yang tertinggi dibanding nilai  $LC_{50}$  pada fase lainnya yaitu sebesar 47,56 ppm. Hal tersebut berarti dengan konsentrasi sebesar 47,56 ppm dapat mematikan larva 50% dari populasi sampel. Sedangkan pada fase

telur, nilai  $LC_{50}$  sebesar 31,61 ppm. Hal ini berarti senyawa yang terkandung dalam EDJP juga bersifat racun terhadap larva dan telur. Gautam et al., (2014) menjelaskan bahwa efek gas fumigasi terhadap telur dapat menyebabkan kematian akibat senyawa toksik yang masuk lewat lubang pernafasan. Hasil penelitian dari Andriana et al., (2013) menunjukkan bahwa kandungan senyawa dalam daun jeruk purut mampu mematikan larva *Aedes aegypti* dan bersifat larvasida dengan nilai  $LC_{90}$  3246,4 ppm. Dapat dilihat bahwa ekstrak daun jeruk purut lebih efektif mengendalikan larva *L. serricornis* karena memiliki nilai  $LC_{90}$  yang lebih kecil dibandingkan pada larva *Ae. aegypti*. Perbedaan kepekaan serangga dan metode yang digunakan diduga menyebabkan hasil yang berbeda pula.

Hasil analisis probit menunjukkan bahwa EDJP bersifat fumigan dan memiliki daya racun yang berbeda-beda pada fase imago, pupa, larva, dan telur *L. serricornis*. Sungkar et al., (2008) menyatakan bahwa senyawa daun jeruk purut termasuk dalam racun pernafasan (fumigan) yang masuk melalui sistem pernafasan. Hal tersebut mengakibatkan gangguan pada sistem pernafasan dan mengganggu sistem lainnya. Sehingga sistem di dalam tubuh serangga tidak berjalan normal dan akhirnya mati. Berdasarkan kepekaan terhadap aplikasi EDJP, dapat diurutkan dari yang peka yaitu pupa, telur, imago, dan larva. Senyawa sitronelal dengan persentase kandungan tertinggi dimungkinkan memiliki sifat fumigan dan daya racun yang tinggi terhadap setiap fase *L. serricornis*.

#### 4.3. Uji Aktivitas Atraktan dan Repelen Ekstrak Daun Jeruk Purut

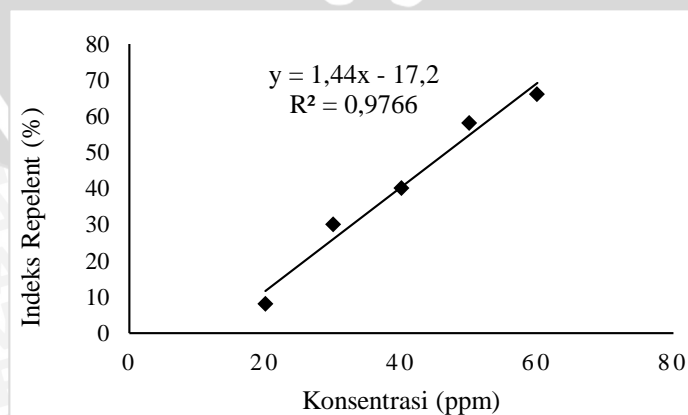
Hasil pengujian aktivitas atraktan dan repelen EDJP terhadap *L. serricornis* dengan lima (5) tingkat konsentrasi menunjukkan rerata nilai IR yang berbeda-beda dengan kriteria yang berbeda pula. Berdasarkan pada Tabel 7, respon serangga dari uji repelensi Pascual-Villalobos and Robledo (1998) didapatkan nilai IR positif. Hal tersebut mengindikasikan bahwa EDJP yang diuji pada serangga *L. serricornis* bersifat repelen. Perbedaan hasil IR disebabkan oleh perbedaan tingkat konsentrasi. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula nilai IR-nya. Hasil analisis statistik nonparametrik Kruskal Wallis menghasilkan nilai P-value lebih kecil dari  $\alpha$  0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi EDJP berpengaruh nyata terhadap respon *L. serricornis* yang menolak (repelen).

Tabel 7. Nilai Indeks Repelent (IR) pengujian aktivitas Atraktan dan Repelen ekstrak daun jeruk purut terhadap imago *L. serricorne*

Konsentrasi (ppm)	Rerata Nilai IR (%)	Kelas IR
20	8	I
30	30	II
40	40	II
50	58	III
60	66	IV

Keterangan: Kelas IR menurut Hasyim et al. (2014)

Pada konsentrasi 20 ppm didapatkan nilai IR dan kriteria terendah. Sedangkan nilai IR dan kriteria tertinggi terdapat pada konsentrasi 60 ppm yang termasuk dalam tingkat repelensi kuat. Sehingga dapat diartikan semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak jumlah kandungan senyawa yang bersifat repelen. Respon *L. serricorne* yang menolak disebabkan oleh adanya bau yang tidak disukai oleh serangga tersebut. Bau tersebut merupakan senyawa EDJP yang menguap. Kandungan EDJP mengandung senyawa sitronelal dan sitronelol yang memiliki sifat repelen. Sehingga ketika terdapat serangga yang mendekati bau tersebut maka serangga akan menjauh karena tidak menyukai baunya. Bau tersebut dapat direspon serangga lewat sistem pernafasan serangga. Hasil penelitian Fajarwati et al., (2015) menunjukkan bahwa pada konsentrasi 2% ekstrak daun jeruk purut efektif menolak kehadiran serangga *S. oryzae*. Menurut Maia dan Moore (2011) bahwa senyawa sitronelol dan geraniol mempunyai sifat repelen terhadap nyamuk *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus*. Terdapat hubungan antara konsentrasi EDJP dengan nilai IR yang disajikan dalam Gambar 17.



Gambar 17. Hubungan antara konsentrasi dengan *Indeks Repelent* (IR)

Gambar 17 menunjukkan semakin tinggi tingkat konsentrasi maka semakin besar nilai IR. Berdasarkan nilai koefisien determinasi  $R^2$  0,9766 yang mendekati 1, dapat diartikan bahwa konsentrasi dan IR memiliki hubungan yang erat. Nilai tersebut menunjukkan bahwa IR dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi EDJP dan keduanya saling mempengaruhi sebesar 97,66%.



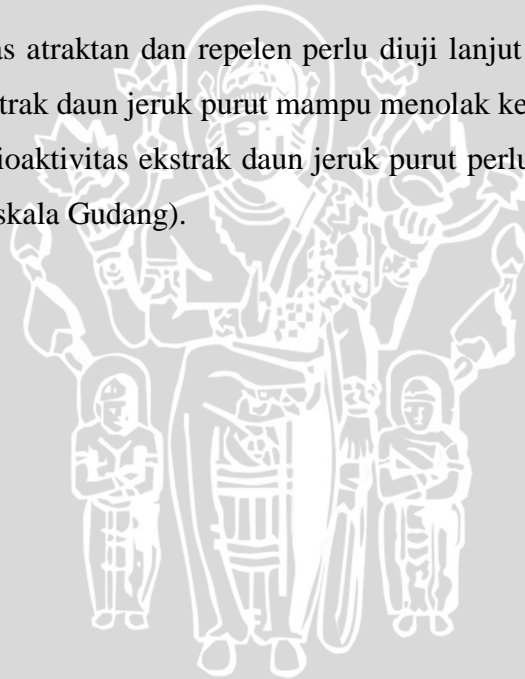
## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bioaktivitas ekstrak daun jeruk purut memiliki aktivitas fumigan terhadap imago, pupa, larva, dan telur *L. serricorne*. Secara berurutan nilai LC<sub>50</sub> aktivitas fumigan tertinggi sampai terendah sebagai berikut; larva 47,56 ppm, imago 43,42 ppm, telur 31,61, dan pupa 29,63 ppm. Ekstrak daun jeruk purut bersifat repelen terhadap *L. serricorne* dengan nilai indeks repellent terbaik terdapat pada konsentrasi 60 ppm dengan nilai indeks repellent 66% dan termasuk dalam kelas repelensi IV yang berarti memiliki tingkat repelensi kuat.

### 5.2. Saran

1. Dalam uji aktivitas atraktan dan repelen perlu diuji lanjut untuk mengetahui seberapa lama ekstrak daun jeruk purut mampu menolak kehadiran serangga.
2. Hasil penelitian bioaktivitas ekstrak daun jeruk purut perlu diuji dalam skala yang lebih besar (skala Gudang).



## DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1987. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Abdullah, A., dan Sudarmanto. 1986. *Budidaya Tembakau*. Jakarta: Yasaguna.
- Anonim. 2015a. Daun Tembakau. (*online*). <http://www.encrypted-tbn1.gstatic.com/gambar/daun-tembakau.jpg>. Diakses pada 26 Desember 2015.
- Anonim. 2015b. Leaf of Tobacco. (*online*). <https://encryptedtbn2.gstatic.com/image>. Diakses pada 26 Desember 2015.
- Andriana, A., Hamidah, dan Moehammadi, N. 2013. uji efektivitas ekstrak kulit buah jeruk purut (*Citrus hystrix* D.C.) dan jeruk kalamondin (*Citrus mitis* Blanco) sebagai biolarvasida nyamuk *Aedes aegypti* L. J. Program Studi S1 Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Budhiono, S. 2015. Pengendalian Hama Tembakau *Lasioderma serricorne*. (*online*). <http://www.academia.edu/17400366/> Pengendalian-hama-tembakau-lasioderma-serricorne.html. Diakses pada 26 Desember 2015.
- Cabrera, B. J. 2001. Cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Insecta: Coleoptera: Anobiidae). J. Entomology and Nematology Department.
- Chi, H. 1997. Probit Analysis. Taiwan: National Chung Hsing University.
- Dewi, I. R. 2007. Prospek Insektisida yang Berasal dari Tumbuhan untuk Menanggulangi OPT. Makalah Program Pascasarjana. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Dimetry, N. Z., Barakat, A. A., El-Metwaly, H. E., Risha, E. M. E., Abdel, S. A. M. E. 2004. Assessment of damage and losses in some medicinal plants by the cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). *J. National Research Center of Egypt.* 29: 325-333.
- Erwin. 2000. Hama dan Penyakit Tembakau Deli. Balai Penelitian Tembakau Deli PTPN II. Medan.
- Fajarwati, D., Toto, H., dan Ludji, P. A. 2015. Uji Repelensi Dari Ekstrak Daun Jeruk Purut (*Cytrus hystrix*) Terhadap Hama Beras *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae). *J. HPT* Vol. 3 No. 1.
- Gautam, S. G., Opit, G. P., Tebbets, J. S., Margosa, D., and Walse, S. 2014. Egg morphology of key stored-product insect pests of the United States. *J. Annals of the Entomological Society of America:* 107: 1-10.
- Ghosta, Y., Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M. H., Pourmirza, A. A. 2010. Contact and fumigant toxicity of essential oils of *Lavandula stoechas* L. and

*Eucalyptus globulus* labill grown in Iran against *Lasioderma serricorne* F. J. V. 4, No. 1, pp: 31-36.

Gilberto. 2012. Kandungan minyak sereh wangi. (*online*). gilberto-pribadi.blogspot.co.id/2012/kandungan-minyak-sereh-wangi.html. Diakses pada 23 Desember 2015.

Harborne, J. B. 1987. Metode Fitokimia. Bandung: ITB.

Hasyim, A., Setiawati, W., Jayanti, H., dan Krestini, E. H. 2014. Repelensi Minyak Atsiri Terhadap Hama Gudang Bawang *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) di Laboratorium. J. Hort. 24(4): 336-345.

Henn, T., dan Weinzieri, R. 1989. Botanical insecticides and insecticidal soaps. J. University of Illinois, Urbana-Champaign. P: 18 pp.

Herminanto, Nurtiati, dan Kristianti, D. M. 2010. Potensi Daun Sereh Untuk Mengendalikan Hama Collosobruchus Analis F Pada Kedelai Dalam Penyimpanan. J. Agrivigor 3 no. 1.

Hori, M. 2003. Repellency of essential oils against the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae). J. Appl. Entomol. Zool. 38 (4): 467-473.

Imai, T. and Harada, H. 2006. Low-temperature as an alternative to fumigation to disinfest stored tobacco of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). J. Appl. Entomol. Zool. 41 (1): 87-91.

Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. J. Crop Protection 19: 603-608.

Joko, S. 2010. Bertani jeruk purut. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.

Kartasapoetra, A. G. 1991. Hama Hasil Tanaman Dalam Gudang. Jakarta: Rineka Cipta.

Ketaren, S. 1985. Pengantar Teknologi minyak Atsiri. Jakarta: Balai Pustaka.

Koswara, S. 2009. Menyuling dan Menepungkan Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut. (*online*).<http://www.ebookpangan.com/artikel/menyuling%20dan%20menepungkan%20minyak%20Atsiri>. Diakses pada 23 Desember 2015.

Kucerova, Z., dan Stejskal, V. 2010. External egg morphology of two stored-product anobiids, *Stegobium paniceum* and *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). J. Stor. Prod. Res.

Leiner, J., Stolle, A., Ondruschka, B., Netscher, T., and Bonrath, W. 2013. Thermal behavior of pinan-2-ol and linalool. J. Molecules. 2013(18): 8358-8375.

Lu, J.H., Su, X. H., and Zhong, J. J. 2012. Fumigant Acivity Of *Elsholtzia Stauntonii* Extract Againts *Lasioderma serricorne*. J. Sci. Research Letter. 8(7): 108.



- Madrid, F. J., White, N. D. G., dan Loschiavo, S. R. 1990. Insects in stored cereals and their association with farming practices in Southern Manitoba. *J. Canadian Entomologist*. 122: 289-298.
- Maia, M. F., and Moore, S. J. 2011. Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *J. Malaria*. 10(Suppl 1):S11.
- Mangun, H., Waluyo, M. S. H., dan Purnama, A. 2012. *Nilam Hasilkan Rendemen Hingga 5 kali lipat dengan Fermentasi Kapang*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Mohan, S., and Fields, P. G. 2002. A simple technique to assess compounds that are repellent or attractive to stored-products insects. *J. Stor. Prod. Res.* 33: 289-298.
- Moki, M., Iswati, R., dan Datau, F. 2014. Uji Efektivitas Tiga Jenis Kulit Jeruk Sebagai Insektisida Nabati Dalam Menekan Populasi Dan Serangan Kumbang Beras (*Sitophilus oryzae*). *J. Agroteknologi Fak. Pertanian Univ. Negeri Gorontalo*.
- Mueller, D. K. 1990. Fumigation, in handbook of pest control. J. Ohio, USA.
- Munawaroh, S., dan Handayani, P. A. 2010. Ekstraksi Minyak Daun Jeruk Purut (*Citrus hystrix* D.C.) Dengan Pelarut Etanol dan N-Heksana. *J. Vol: 2 No: 1*.
- Munir, Badrul. 2013. *Budidaya Pembibitan Tembakau Di Wilayah Jawa Tengah*. Balai Besar Pebenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan. Surabaya.
- Pascual-Villalobods, M.J. and A. Robledo. 1998. Screening For Anti-Insect Activity In Mediterranean Plants. *J. Industrial Crops And Products*. 8: 183-194.
- Rizal, M., Kardinan, A., Mardiningsih, T. L., Darwis, M., Sugandi, E., and Sukmana, C. 2010. Pemanfaatan 6 Jenis Pestisida Nabati Untuk Menurunkan Serangan Hama Simplisia dan *Sitophylus oryzae* (50%), s.l.: Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Santosa, E. K. dan Kusumastuti, A. 2008. Pemanfaatan Daun Tembakau Untuk Pewarnaan Kain Sutera Dengan Mordan Jeruk Nipis. *J. Teknobuga Volume 1 No. 1*.
- Santya, E. R. N. E., dan Hendri, J. 2013. Daya Proteksi Ekstrak Kulit Jeruk Purut (*Cytrus hystrix*) Terhadap Nyamuk Demam Berdarah. *J. Aspirator*, 5 (2), pp 61-66.
- Sarwono, B. 1986. *Jeruk dan Kerabatnya*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sembel, T. D. 2012. *Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman*. Yogyakarta: ANDI.
- Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J., Sukprakarn, C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *J. Stor. Prod. Res.* 33: 7-15.

- Siddik, M. dan Halid, H. 1983. Sistem Penyimpanan Dan Perawatan Kualitas Bahan Pangan Di Badan Urusan Logistik. Risalah Seminar Nasional Pengawetan Makanan Dengan Iradiasi, Jakarta, 6-8 Juni 1983.
- Steenis, V. 1997. *Flora Pegunungan Jawa*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi LIPI.
- Sudarmo, S. 1987. *Tembakau: Pengendalian Hama dan Penyakit*. Yogyakarta: Kanisius.
- \_\_\_\_\_. 2005. *Pestisida Nabati*. Jakarta: Kanisius.
- Sungkar, S., Djakaria, S., Hoedjo, R., dan Zulhasril, 2008. *Parasitologi Kedokteran edisi keempat*. Jakarta: Balai Penerbitan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. P: 250- 286.
- Suryaningrum, S. 2009. Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Buah Jeruk Purut (*Citrus hystrix D.C*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. J. Fak. Farmasi Univ. Muhammadiyah Surakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2000. *Taksonomi Tumbuhan Spermathophyta*. Yogyakarta: UGM Press.
- Wagiman, F. X. 2014. *Hama Pascapanen dan Pengendaliannya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Weeks, E. N. I., Logan, J. G., Gezan, S. A., Woodcock, C. M., Birkett, M. A., Pickett, J. A., and Cameron, M. M. 2011. A bioassay for studying behavioural responses of the common bed bug, *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) to bed bug-derived volatiles. *J. Entomol. Res.* 101, 1-8.
- Winarno, F. G. 2006. *Hama Gudang dan Teknik Pengendaliannya*. Bogor: M-Brio Press.
- Yadek. 2011. Manfaat Jeruk Purut. (*online*).  
[yudek2012.blogspot.co.id/2011/11/manfaat-jeruk-purut.html](http://yudek2012.blogspot.co.id/2011/11/manfaat-jeruk-purut.html). Diakses pada 23 Desember 2015.
- Yuliani, S., dan Satuhu, S. 2012. *Panduan Lengkap Minyak Atsiri*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Zhong, J-J., Lu, J-H., and Su, X-H. 2010. Fumigant activity of *Elsholtzia stauntonii* extract against *Lasioderma serricorne*. *J. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology*. p: 1-3.



LAMPIRAN



Tabel Lampiran 1. Analisis ragam mortalitas imago *L. serricornis*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	15182,5	4	3795,62	18,1826**	3,0556
Galat	3131,25	15	208,75		
Total	18313,75	19			

Keterangan: \* = berbeda nyata; \*\* = Berbeda sangat nyata

Tabel Lampiran 2. Analisis ragam mortalitas pupa *L. serricornis*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	13882,5	4	3470,62	71,1923**	3,0556
Galat	731,25	15	48,75		
Total	14613,75	19			

Keterangan: \* = berbeda nyata; \*\* = Berbeda sangat nyata

Tabel Lampiran 3. Analisis ragam mortalitas larva *L. serricornis*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	10232,5	4	2558,12	9,5186**	3,0556
Galat	4031,25	15	268,75		
Total	14263,75	19			

Keterangan: \* = berbeda nyata; \*\* = Berbeda sangat nyata

Tabel Lampiran 4. Analisis ragam mortalitas telur *L. serricornis*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	15582,5	4	3895,62	92,5693**	3,0556
Galat	631,25	15	42,08		
Total	16213,75	19			

Keterangan: \* = berbeda nyata; \*\* = Berbeda sangat nyata

Tabel Lampiran 5. Persentase kematian serangga terkoreksi pada imago

Konsentrasi (ppm)	U2		Σ Serangga Mati
	Data Awal (%)	Data Terkoreksi (%)	
0	5	0	0
20	15	10,53	3
30	35	31,58	7
40	35	31,58	7
50	60	57,89	12
60	75	73,68	15

Tabel Lampiran 6. Persentase kematian serangga terkoreksi pada pupa

Konsentrasi (ppm)	U2			U3		
	Data Awal (%)	Data Terkoreksi (%)	$\Sigma$ Serangga Mati	Data Awal (%)	Data Terkoreksi (%)	$\Sigma$ Serangga Mati
0	5	0	0	5	0	0
20	20	15,79	4	30	26,32	6
30	35	31,58	7	35	31,58	7
40	60	57,89	12	70	68,42	14
50	80	78,95	16	90	89,47	18
60	100	100,00	20	100	100,00	20

Tabel Lampiran 7. Persentase kematian serangga terkoreksi pada larva

Konsentrasi (ppm)	U1		
	Data Awal (%)	Data Terkoreksi (%)	$\Sigma$ Serangga Mati
0	5	0	0
20	10	5,26	2
30	15	10,53	3
40	65	63,16	13
50	65	63,16	13
60	85	84,21	17

Tabel Lampiran 8. Persentase kematian serangga terkoreksi pada telur

Konsentrasi (ppm)	U1			U4		
	Data Awal (%)	Data Terkoreksi (%)	$\Sigma$ Serangga Mati	Data Awal (%)	Data Terkoreksi (%)	$\Sigma$ Serangga Mati
0	10	0	0	5	0	0
20	25	15,79	4	10	5,26	2
30	40	31,58	5	45	42,11	9
40	70	63,16	13	75	73,68	15
50	85	78,95	16	90	89,47	18
60	100	94,74	19	95	94,74	19

Tabel Lampiran 9. Analisis nonparametrik *Kruskal Wallis*

	Indeks Repelent (IR)
Chi-Square ( $X^2$ )	20,232
db	4
<i>P-value</i>	.000
$\alpha$	.05



Gambar Lampiran 1. Proses ekstraksi daun jeruk purut; (a) Pengeringan daun jeruk purut; (b) Pemetongan daun jeruk purut; (c) Penimbangan daun jeruk purut; (d) Daun jeruk purut dimasukkan ke botol 250 cc dan ditambah pelarut N-Heksan



Gambar Lampiran 2. Proses penggojokan larutan menggunakan *Orbital Shaker*



Gambar Lampiran 3. Proses penyaringan setelah digojok dan hasil ekstraksi



Gambar Lampiran 4. Proses pemisahan filtrat dari pelarut menggunakan *Rotary Vacuum evaporator*



Gambar Lampiran 5. Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap imago *L. serricornis*



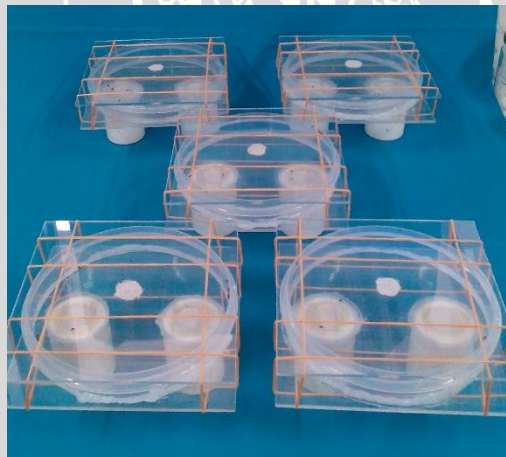
Gambar Lampiran 6. Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap pupa *L. serricornis*



Gambar Lampiran 7. Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap larva *L. serricorne*



Gambar Lampiran 8. Proses pengujian aktivitas fumigan terhadap telur *L. serricorne*



Gambar Lampiran 9. Proses pengujian repelensi terhadap *L. serricorne* dengan metode *Petri Dish Olfaktometer*



Gambar Lampiran 10. Proses pengamatan mortalitas imago *L. serricorne*





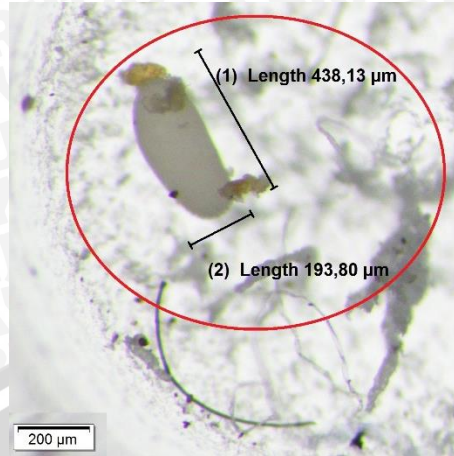
Gambar Lampiran 11. Proses pengamatan mortalitas pupa *L. serricorne*



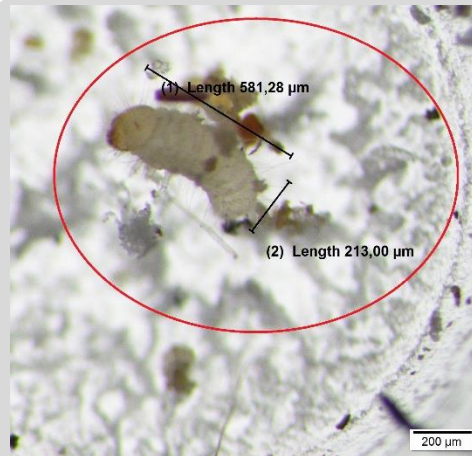
Gambar Lampiran 12. Proses pengamatan mortalitas larva *L. serricorne*



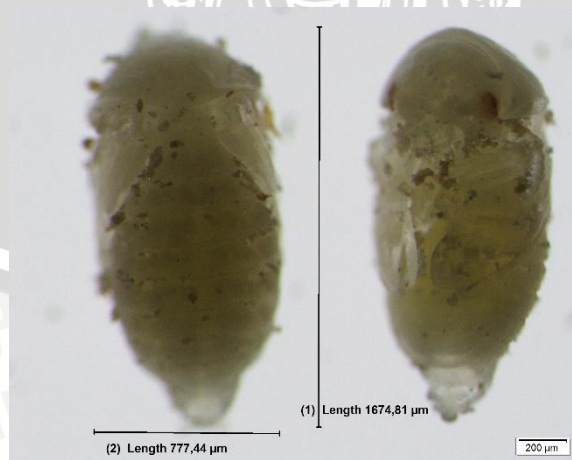
Gambar Lampiran 13. Proses pengamatan mortalitas telur *L. serricorne* menggunakan Mikroskop Stereo



Gambar Lampiran 14. Telur *L. serricorne* hasil pengamatan menggunakan Mikroskop Stereo



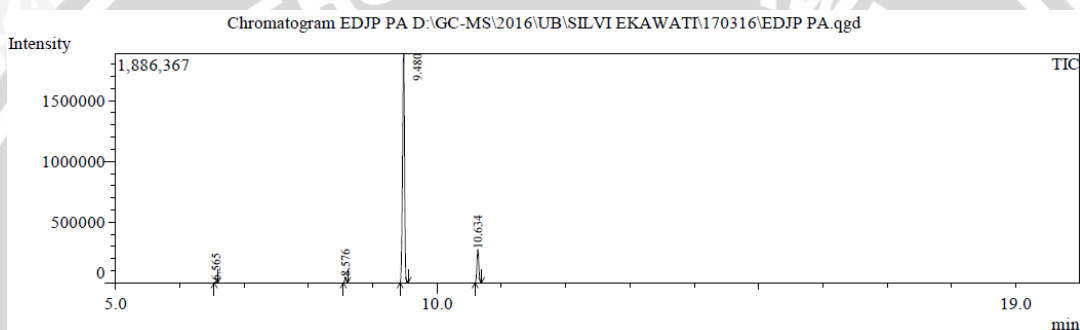
Gambar Lampiran 15. Larva *L. serricorne* yang menetas pada pengamatan mortalitas telur



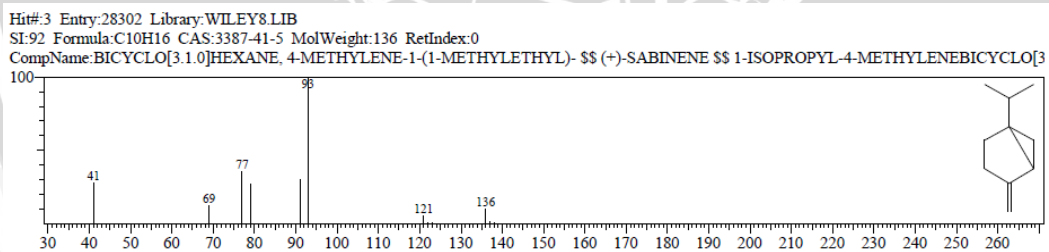
Gambar Lampiran 16. Pupa *L. serricorne*



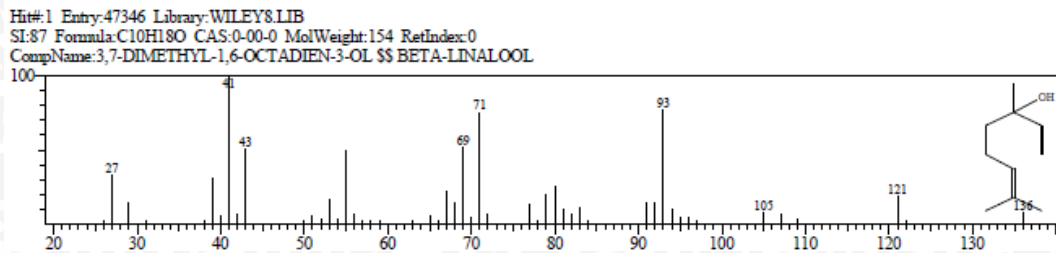
Gambar Lampiran 17. Imago *L. serricorne*



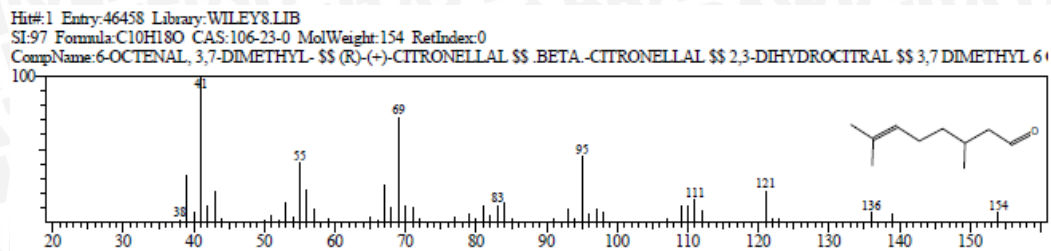
Gambar Lampiran 18. Kromatogram ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS



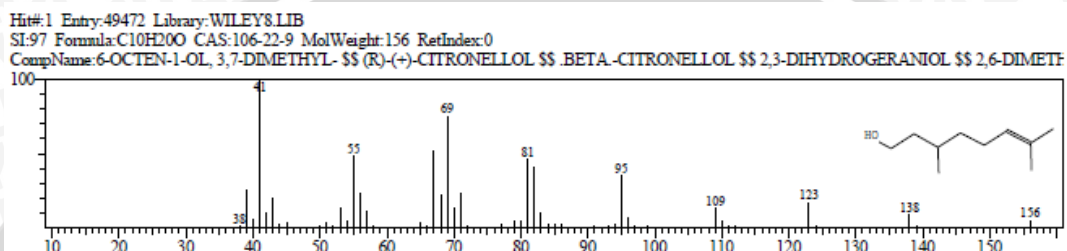
Gambar lampiran 19. Kromatogram senyawa Sabinen pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS



Gambar lampiran 20. Kromatogram senyawa Beta-Linalool pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS



Gambar lampiran 21. Kromatogram senyawa Sitronelal pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS



Gambar lampiran 22. Kromatogram senyawa Sitronelol pada ekstrak daun jeruk purut hasil uji GC-MS

