

**AKTIVITAS FUMIGAN DAN REPELENSI EKSTRAK SEREH
WANGI TERHADAP *Callosobruchus maculatus*
(Coleoptera: Bruchidae) PADA KACANG HIJAU**

Oleh :

THERESIA YULI PURWANTI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018**

**AKTIVITAS FUMIGAN DAN REPELENSI EKSTRAK SEREH
WANGI TERHADAP *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera:
Bruchidae) PADA KACANG HIJAU**



**OLEH
THERESIA YULI PURWANTI
115040200111079
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

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
2018**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, dengan 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 dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 24 Agustus 2018

Theresia Yuli Purwanti



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Aktivitas Fumigan dan Repelensi Ekstrak Sereh Wangi terhadap *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pada Kacang Hijau

Nama Mahasiswa : Theresia Yuli P

NIM : 115040200111079

Jurusan : Hama Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119198303 1 002

Tita Widjayanti, SP., M.Si.
NIP. 201304870819200

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan

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

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001

Tita Widjayanti, SP., M.Si.
NIP. 201304870819200

Penguji III

Penguji IV

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

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP.19590705 198601 100 3

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

THERESIA YULI PURWANTI. 115040200111079. Aktivitas Fumigan dan Repelensi Ekstrak Daun Sereh Wangi terhadap *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) pada Kacang Hijau. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU dan Tita Widjayanti, SP., M.Si.

Kacang hijau merupakan salah satu bahan pangan dan mempunyai nilai ekonomi nomor tiga dalam kacang-kacangan di Indonesia. Data dari Berita Resmi Statistik Provinsi Jawa timur (2015) menjelaskan bahwa produksi kacang hijau pada tahun 2012 sebesar 66,772 ribu ton sedangkan pada tahun 2013 menjadi 57,686 ribu ton. Kerugian yang sering terjadi di gudang disebabkan *Callosobruchus maculatus* yang mengakibatkan biji berlubang-lubang dan hasil gerakannya yang terbuat berupa tepung. Sehingga jika biji telah rusak, tidak dapat digunakan lagi selain dibuang. Pengendalian hama gudang yang sering dilakukan dengan fumigasi menggunakan bahan aktif f/osfin. Namun penggunaannya memiliki dampak negatif. Oleh karena itu diperlukan pestisida yang efektif, efisien dan aman bagi lingkungan dan konsumen dengan menggunakan pestisida nabati sebagai salah satu komponen pengendalian *C. maculatus*. Sereh wangi berpotensi sebagai pestisida nabati. Aroma yang khas dan menyengat dari sereh wangi berasal dari komponen sitronellal yang memiliki sifat pengusir. Tujuan penelitian untuk mengetahui fumigan ekstrak sereh wangi terhadap telur, larva, pupa, imago pada *C. maculatus* dan mengetahui repelensi ekstrak sereh wangi terhadap imago *C. maculatus*.

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi dan Laboratorium Rearing, Fakultas Pertanian Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Penelitian dilaksanakan April 2017 – November 2017. Penelitian menggunakan 4 kali ulangan dengan beberapa level konsentrasi yaitu 0 ppm (kontrol), 80 ppm, 160 ppm, 320 ppm dan 640 ppm. Penelitian yang dilakukan adalah menguji aktivitas fumigan dan repelen ekstrak daun sereh wangi. Ekstraksi daun sereh wangi dengan tehnik maserasi menggunakan pelarut N-heksan 96%. Pengujian aktivitas fumigan menggunakan kertas Whatman No.1. Pengujian aktivitas repelensi menggunakan metode *Petri dish Olfactometer*. Analisis data menggunakan ANOVA dan Uji Lanjut Duncan pada taraf 5%. LC_{50} dihitung dengan Probit Analysis.

Hasil penelitian aktivitas ekstrak daun sereh wangi terhadap *C. maculatus* adalah bersifat repelen terhadap *C. maculatus* dengan nilai IR positif dengan konsentrasi yang efektif bersifat repelen adalah 640 ppm dengan nilai indeks repelen 66 % termasuk dalam kelas repelensi IV (tingkat repelensi kuat). Ekstrak daun sereh wangi memiliki aktivitas fumigan terhadap telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus*. Secara berurutan nilai LC_{50} aktivitas terendah sampai tertinggi sebagai berikut; telur 207,300 ppm, pupa 272,156 ppm, imago 344,480 ppm dan larva 361,194 ppm.

SUMARRY

THERESIA YULI PURWANTI. 115040200111079. Fumigant and Repellent Activity of *Cymbopogon nardus* Extract on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) on Mung bean. Superdvised Dr. Ir. Toto Himawan, SU and Tita Widjayanti, SP., M.Si.

Mung bean are one of the foodstuffs and have economic value number three in beans in Indonesia. Data from the Official Gazette of East Java Province (2015) explained that mung bean production in 2012 amounted to 66.772 thousand tons, while in 2013 it was 57.686 thousand tons. Losses that often occur in the warehouse was caused of *Callosobruchus maculatus* resulting in hollow seeds and the results made of flour. So that if the seed has been damaged, it can't be used anymore and must be thrown away. Warehouse pest control is often done with fumigation and using active phosphine ingredients. But it has a negative impact. Therefore, pesticides that are effective, efficient, and safe for the environment and consumer are needed by using botanical pesticide as one of the *C. maculatus* pest control component. *Cymbopogon nardus* has the potential as botanical pesticide. The distinctive and stinging aroma of *Cymbopogon nardus* comes from the citronellal component that has the character to repel. The purpose of this study was to find out the fumigant of *Cymbopogon nardus* extract to egg, larva, pupa, imago on *C. maculatus* and to find out the repellent of *Cymbopogon nardus* extract to imago *C. maculatus*.

The research conducted in the Laboratory of toxicology and rearing, Pests and Diseases Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. The study was conducted April 2017 - November 2017. The research used 4 repetitions with several concentration levels is 0 ppm (control), 80 ppm, 160 ppm, 320 ppm and 640 ppm. The research is to test the activity of fumigant and repellent e of *Cymbopogon nardus* leaves extarct. Extraction of *Cymbopogon nardus* with maseration technique using 96% N-hexane solvent. Fumigant activity test using Whatman paper No.1. Testing of repellency activity using Petri dish Olfactometer method. Data analysis using ANOVA and Duncan Advanced Test at 5% level. LC₅₀ using Probit Analysis.

Based on research results bioactivity of *Cymbopogon nardus* leaf extract has repellent's activity against *C. maculatus* with the best results index repellent concentration of 640 ppm with a repellent index value 66 % and is included in the grade IV (strong repelent level). *Cymbopogon nardus* leaf extract has fumigant's activity against eggs, larvae, pupae, and imago *C. maculatus*. Sequentially the lowest to highest LC₅₀ values are as follows; eggs 207,300 ppm, pupa 272,156 ppm, imago 344,480 ppm and larvae 361,194 ppm.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena anugerah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “Aktivitas Fumigan dan Repelensi Sereh Wangi terhadap *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) pada Kacang Hijau” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Strata Satu Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. Toto Himawan, SU. dan Tita Widjayanti SP., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan nasehat, arahan, kesabaran dan bimbingannya kepada penulis.
2. Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS. dan Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, nasehat, bimbingan kepada penulis.
3. Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. Selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
4. Semua staf dan karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian atas bantuan dan kerjasamanya.
5. Semua teman-teman HPT angkatan 2011, 2012, dan 2013 serta LDP Malang

Semoga segala bantuan dari semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan skripsi ini diberkati oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Sebagai penutup, pada akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan apabila ada kesalahan itu hanya karena berasal dari penulis itu sendiri dan apabila ada kebenaran dan nilai manfaat dalam skripsi ini adalah semata-mata karena bantuan berbagai pihak serta tentunya ada sifat kasih-Nya Tuhan Yang Maha Esa

Malang, 24 Agustus 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surakarta pada tanggal 02 Juli 1993 sebagai putrid keempat dari empat bersaudara dari Bapak Suparno M.K dan Ibu Suparni.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Kristen Setabelan 2 Surakarta pada tahun 1999 sampai tahun 2005, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 7 Surakarta pada tahun 2005 sampai tahun 2008. Pada tahun 2008 sampai tahun 2011 penulis melanjutkan studi ke SMKN 2 Surakarta dengan jurusan Teknik Komputer dan Jaringan. Pada tahun 2011 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.

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian penulis pernah aktif dalam UKM CC (Christian Community) pada tahun 2011-2012.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMARRY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan	3
Hipotesis	3
Manfaat.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
Kacang Hijau	4
Klasifikasi	4
Arti Penting	4
Pasca Panen	5
<i>Callosobruchus maculatus</i>	6
Bioekologi	8
Pengendalian <i>C. maculatus</i>	10
Sereh Wangi	11
Potensi Sereh Wangi	11
Fitokimia Sereh Wangi	13
Minyak Atsiri	14
Aktivitas Pestisida Nabati	15
Pestisida berdasarkan Cara Kerjanya	16
Cara Kerja dan Pengaruh Ekstrak Sereh Wangi	16
III. METODE PENELITIAN	18
Tempat dan Waktu Penelitian	18
Alat dan Bahan.....	18
Metode Penelitian	18

Persiapan Penelitian	18
Pengadaan Kacang Hijau	18
Pembiakan Serangga Uji	18
Ekstraksi Sereh Wangi	18
Pelaksanaan Penelitian	19
Pengujian Aktivitas Fumigan terhadap Mortalitas	19
Variabel Pengamatan	21
Pengujian Repelen dan Atraktan terhadap <i>C. maculatus</i>	21
Variabel Pengamatan Repelen dan Atraktan	22
Analisis Data	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
Uji Aktivitas Fumigan Ekstrak Daun Sereh Wangi	24
Uji Aktivitas Atraktan dan Repelen Ekstrak Daun Sereh Wangi	28
V. PENUTUP	31
Kesimpulan	31
Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	37

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Konsentrasi yang digunakan dalam Penelitian.....	19
2.	Tingkat Repelensi	23
3.	Rerata Persentase Mortalitas	24
4.	Nilai LC ₅₀ pada setiap fase perkembangan	26
5.	Nilai Indeks Repelent (IR) Pengujian	29

LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Analisis Ragam Mortalitas dengan Konsentrasi 80 ppm	38
2.	Analisis Ragam Mortalitas dengan Konsentrasi 160 ppm	38
3.	Analisis Ragam Mortalitas dengan Konsentrasi 320 ppm	38
4.	Analisis Ragam Mortalitas dengan Konsentrasi 640 Ppm	38
5.	Persentase Kematian Serangga Terkoreksi pada Telur	38
6.	Persentase Kematian Serangga Terkoreksi pada Larva	39
7.	Persentase Kematian Serangga Terkoreksi pada Pupa.....	39
8.	Persentase Kematian Serangga Terkoreksi pada Imago	39
9.	Analisis nonparametrik <i>Kruskal Wallis</i>	39

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kenampakan Biji Kacang Hijau.....	6
2.	Siklus Hidup <i>C. maculatus</i>	9
3.	<i>Callosobruchus maculatus</i>	10
4.	Antena	10
5.	Tanaman Sereh Wangi di Kebun UPT	12
6.	Struktur Sitronellal, Geraniol dan Sitronellol.....	13
7.	Skema <i>Petri dish Olfaktometer</i>	22
8.	<i>Petri dish Olfaktometer</i>	22
9.	Hubungan Konsentrasi dengan <i>Indeks Repelent (IR)</i>	30

LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	<i>Orbital Shaker</i>	40
2.	Pengamatan mortalitas telur <i>C. maculatus</i>	40
3.	Pengamatan mortalitas larva <i>C. maculatus</i>	40
4.	Pengamatan mortalitas pupa <i>C. maculatus</i>	41
5.	Pengamatan mortalitas imago <i>C. maculatus</i>	41
6.	Proses Pengujian Repelensi	41



I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu sumber bahan pangan yang dikenal luas oleh masyarakat Indonesia adalah kacang hijau. Kacang hijau (*Vigna radiata*) mempunyai nilai ekonomi nomor tiga dalam kelompok kacang-kacangan di Indonesia, setelah kedelai dan kacang tanah. Data dari Berita Resmi Statistik Provinsi Jawa Timur (2015) menjelaskan bahwa produksi kacang hijau pada tahun 2012 sebesar 66,772 ribu ton sedangkan pada tahun 2013 menjadi 57,686 ribu ton, sedangkan pada tahun 2014 (ASEM) 60,31 ribu ton. Salah satu penyebab dari berkurangnya produktivitas kacang hijau adalah serangan hama dan penyakit tanaman. Kerusakan oleh hama dan penyakit tidak terbatas pada tanaman yang masih ada dilapangan, tetapi juga pada hasil yang telah dipanen dan disimpan didalam gudang. Penyimpanan di dalam gudang dapat menyebabkan gangguan dari berbagai hama gudang. Beberapa hama gudang berasal dari ordo Coleoptera, salah satunya adalah *Callosobruchus maculatus*.

Callosobruchus maculatus atau yang biasa disebut kumbang penggerek biji kacang-kacangan adalah serangga yang menyerang jenis kacang-kacangan di tempat penyimpanan. Fase larva serangga ini merupakan fase yang paling merusak karena memakan bagian dalam kacang yang dapat menyebabkan hilangnya berat, turun potensi perkecambah, nutrisi dan kualitas benih (Umar dan Turraki 2014). Imago betina dapat menghasilkan telur sebanyak 50-150 butir dan diletakkan satu per satu pada permukaan biji kacang hijau.

C. maculatus merupakan serangga yang dapat berkembang biak dengan cepat dan membutuhkan waktu 28-35 hari. Infestasi serangga ini pada penyimpanan biji kacang-kacangan dapat mencapai 50% dalam waktu 3-4 bulan dan dapat menyebabkan kerusakan (Pasqual-Villalobos dan Ballesta Acosta 2003). Kerusakan yang diakibatkan oleh *C. maculatus* pada biji-bijian terjadi ketika larva mulai merusak biji hingga berlubang dan menyebabkan penurunan mutu biji. Pada biji yang telah terserang ditemukan aroma yang berbau tidak sedap atau khas yang merupakan hasil sekresi dari serangga. Aktivitas metabolis dan kerapatan populasi serangga yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan

kadar air dan suhu pada biji yang terserang. Hal ini juga memicu pertumbuhan cendawan.

Untuk mengatasi kerusakan yang diakibatkan oleh *C. maculatus* perlu dilakukan pengendalian pada gudang penyimpanan. Pengendalian hama gudang umumnya dilakukan dengan cara fumigasi dan penyemprotan insektisida sintetik (Kim *et al.*, 2014). Kelebihan menggunakan insektisida sintetik adalah praktis, efisien dan hasilnya cepat diketahui sehingga sangat diminati untuk dipergunakan, namun yang menjadi perhatian adalah akibat dampak negatifnya antara lain menyebabkan resistensi serangga hama terhadap pestisida sintetik, berdampak ke kesehatan manusia, menyebabkan residu pada bahan simpanan (Norris *et al.*, 2003). Oleh sebab itu diperlukan pestisida yang dapat mengurangi dampak tersebut dan penggunaannya aman dan ramah lingkungan.

Salah satu pestisida yang memenuhi persyaratan tersebut adalah pestisida yang berasal dari tumbuhan atau nabati. Penggunaan ekstrak tumbuhan atau tanaman sebagai sumber pestisida nabati didasarkan atas pemikiran bahwa, terdapat mekanisme pertahanan diri dari tumbuhan akibat interaksi dengan serangga pemakan tumbuhan.

Pestisida nabati adalah pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan. Penggunaan pestisida nabati selain dapat mengurangi pencemaran lingkungan, harganya relatif lebih murah apabila dibandingkan dengan pestisida kimia (Sudarmo, 2005). Tanaman atau tumbuhan yang berasal dari alam dan berpotensi sebagai pestisida nabati umumnya mempunyai karakteristik rasa pahit (mengandung alkaloid dan terpen), berbau busuk dan berasa agak pedas. Tanaman atau tumbuhan ini jarang diserang oleh hama sehingga banyak digunakan sebagai ekstrak pestisida nabati dalam pertanian organik (Hasyim *et al.*, 2010).

Penelitian yang telah dilakukan antara lain penggunaan daun dan abu daun sereh berpengaruh meningkatkan mortalitas imago *Callosobruchus analis* yaitu 98,99% pada biji kedelai (Herminanto *et al.*, 2010). Ekstrak daun sereh secara tunggal atau dikombinasikan dengan tanaman lainnya diketahui memiliki sifat insektisidal terhadap hama gudang *Achantoschelides obtectus* dan *C. maculatus* (Sylvia *et al.*, 1994), *Spodoptera exigua* (Irfan, 2005), nyamuk *Aedes aegypti* (Wardani, 2009). Penggunaan minyak atsiri daun sereh, daun mint, dan kulit buah

lemon efektif untuk mengendalikan *C. maculatus* (Situmorang, 2015). Penggunaan minyak atsiri serih wangi dan kulit batang kayu mampu mengendalikan serangga *C. maculatus* (Ferlandia, 2016).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis akan mengkaji aktivitas fumigan dan repelensi ekstrak serih wangi terhadap *C. maculatus* pada setiap stadia telur, larva, pupa dan imago serangga. Dengan penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang insektisida alami yang digunakan secara aman, murah dan ramah lingkungan sehingga pencegahan dari awal dapat dilakukan.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui aktivitas fumigan dan repelensi ekstrak serih wangi terhadap hama *Callosobruchus maculatus*.

Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah ekstrak serih wangi mempunyai aktivitas fumigan terhadap telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus* dan mempunyai aktivitas repelensi kuat terhadap imago *C. maculatus*.

Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang aktivitas ekstrak serih wangi baik fumigan dan repelensi yang dapat berfungsi mengendalikan hama *C. maculatus* lebih efisien, efektif dan ramah lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Kacang Hijau

Klasifikasi Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*)

Tanaman kacang hijau adalah tanaman yang berumur pendek (60-80 hari). Kacang hijau bisa ditanam menggantikan padi di musim kemarau atau tanaman penyiela antara musim kemarau ke musim hujan berikutnya (Purwono, 2005). Sehingga tidak memerlukan musim tertentu untuk menghasilkan kacang hijau. Tanaman kacang hijau termasuk dalam keluarga Leguminose. Adapun klasifikasi botani tanaman kacang hijau adalah sebagai berikut Divisi: Spermatophyta, Sub divisi: Angiospermae, Kelas: Dicotyledonae, Ordo: Rosales, Famili: Leguminose (Fabaceae), Genus: *Vigna*, Spesies: *Vigna radiata* (Purwono, 2005).

Arti Ekonomi Kacang Hijau (*Vigna Radiata L.*)

Pulau Jawa merupakan penghasil utama kacang hijau di Indonesia, karena memberikan kontribusi 61% terhadap produksi kacang hijau nasional. Sebaran daerah produksi kacang hijau di Indonesia adalah: NAD, Sumatera Barat dan Sumatera Selatan, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Utara dan Sulawesi Selatan, NTB dan NTT. Total kontribusi daerah tersebut adalah 90% terhadap produksi kacang hijau nasional dan 70% berasal dari lahan sawah. Tantangan pengembangan kacang hijau di lahan kering adalah peningkatan produktivitas dan mempertahankan kualitas lahan untuk berproduksi lebih lanjut. Pengembangan kacang hijau merupakan solusi murah untuk mengatasi masalah tersebut. Keterbatasan modal, garapan lahan kering yang relatif luas, anggapan petani terhadap kacang hijau sebagai tanaman kedua, dan infrastruktur yang kurang memadai merupakan faktor biofisik dan sosial ekonomi yang menghambat pengembangan kacang hijau di lahan kering (Kasno, 2007).

Tanaman kacang hijau masih kurang mendapat perhatian petani, meskipun hasil tanaman ini mempunyai nilai gizi yang tinggi dan harga yang baik. Dibanding dengan tanaman kacang-kacangan yang lain, kacang hijau memiliki kelebihan ditinjau dari segi agronomi maupun ekonomis, seperti: lebih tahan kekeringan, serangan hama penyakit lebih sedikit, dapat dipanen pada umur 60 -

80 hari, dapat ditanam pada tanah yang kurang subur, dan cara budidaya yang mudah. Dengan demikian kacang hijau mempunyai potensi yang tinggi untuk dikembangkan (Sunantara, 2000).

Menurut Khairani (2008), kacang hijau mempunyai nilai gizi yang cukup baik, mengandung vitamin B1 dan vitamin A yang cukup tinggi. Kacang hijau yang sudah menjadi kecambah kaya kandungan vitamin E yang penting bagi antioksidan, dalam mencegah penuaan dini dan anti sterilitas. Kandungan protein kacang hijau mencapai 24%. Kacang hijau mengandung karbohidrat 58%. Pemanfaatan dari patinya dapat dibuat tepung bahan berbagai bentuk makanan bayi sampai orang dewasa. Pati kacang hijau terdiri dari amolosa 28,8% dan amilopektin 71,2%.

Pasca Panen Kacang Hijau

Biji kacang hijau adalah bagian terpenting karena bagian inilah yang akan dipanen. Panen dilakukan apabila polong sudah berwarna hitam atau coklat. Panen dengan cara dipetik dan polong segera dijemur selama 2-3 hari sehingga kulit mudah terbuka. Selanjutnya pembijian dilakukan dengan cara dipukul, sebaiknya di dalam kantong plastik atau kain untuk menghindari kehilangan hasil. Pembersihan biji dari kotoran dengan menggunakan tampah dan biji dijemur lagi sampai kering (Sumarji, 2013).

Penyimpanan biji/benih kacang hijau dengan cara memasukkan biji ke dalam kantong plastik, karung goni, drum atau wadah lain yang kedap udara/tertutup rapat. Sebelum penyimpanan, benih harus dipastikan telah kering dengan kadar air 10 -11% agar tidak terserang hama bubuk (*Callosbruchus sp*). Pada penyimpanan biji untuk tujuan konsumsi, kadar airnya 12%. Kondisi ruang penyimpanan hendaknya dingin dan kering setelah 2-3 bulan benih/biji perlu dijemur kembali (untuk menjaga kadar air dilakukan secara periodik) dan diuji kembali daya tumbuhnya. Benih dapat disimpan hingga 6 bulan (Sumarji, 2013).

Tempat penyimpanan dapat dilakukan di dalam ruangan berlantai semen. Biji kacang hijau yang sudah dikemas disimpan diruangan tersebut dengan beralaskan kayu, agar menghindari kelembaban biji jika bersentuhan langsung dengan lantai. Biji kacang hijau yang disimpan lama kadar airnya dapat

meningkat melebihi kadar air awal. Untuk mengendalikan hama gudang dapat menggunakan fungisida dan insektisida, pembersihan gudang dan segera membuang biji yang rusak.

Kerusakan yang ditimbulkan *C. maculatus* adalah biji berlubang-lubang dan hasil gerakannya berupa tepung. Sehingga biji tersebut tidak dapat digunakan lagi selain dibuang.



Gambar 1. Kenampakan biji kacang hijau (a : sehat, b: gejala serangan *C. maculatus*) (Beck, 2014)

Callosobruchus maculatus (Coleoptera : Bruchidae)

Callosobruchus spp. merupakan hama penting pada biji kacang-kacangan terutama kacang hijau dan kedelai. Hama ini menyerang sejak dari lapang sampai pada tempat penyimpanan. Serangan pertama terjadi di lapang, imago betina meletakkan telurnya pada polong yang masih muda, dan larvanya menggerek kulit polong yang masih muda. Larva menggerek kulit polong ke dalam biji dan tinggal di dalam biji sampai dewasa (Sodiq, 2009).

Klasifikasi *C. maculatus*. Domain: Eukaryot Kingdom: Metazoa, Phylum: Arthropoda, Subphylum: Uniramia, Class: Insecta, Order: Coleoptera, Family: Bruchidae, Genus: *Callosobruchus*, Species: *Callosobruchus maculatus* (Invasive Species Compendium, 2014).

Menurut Fatima *et al.*, (2016) jenis *Callosobruchus spp.* adalah sebagai berikut :

1. *Callosobruchus chinensis* : antena jantan berbentuk pectinate, dengan jelas bersegmen 4-10 dan antero-laterally yang melebar. Antena betina bergerigi; antena keduanya biasanya bersegmen 4-11 dan berwarna coklat gelap (jarang yang berwarna kuning kecoklatan). Pygidium dari betina dan jantan berwarna putih atau perak setae. Gigi bagian dalam dari belakang femur sejajar,

memusat dekat puncak. Alat kelamin jantan; median lobe lebih panjang, apex dengan katup exophallic mengerucut, dan bagian bawah dengan dua sclerotized lapisan; parameres normal dan spatulate yang cukup luas.

2. *Callosobruchus analis* : bagian carina dari tulang paha belakang dengan jarak yang tidak sama banyak denticles kecil sepanjang dua pertiga proksimal; gigi bagian dalam tidak lebih pendek; atau lebih panjang dari gigi bagian luar. Protonum dengan warna cuticle coklat kemerahan, dan dengan setae emas tipis, kecuali bagian dasar tengah gibbosities, dimana lebih panjang dari bagian posterior dan memiliki setae putih yang jarang. Bagian matanya kurang menonjol emerginate. Alat kelamin jantan: lobus median tanpa daerah sclerotized dekat tengahnya; parameres agak ramping dan hanya sedikit spatulate.
3. *Callosobruchus maculatus* : bagian carina dari tulang paha belakang itu halus; gigi bagian dalam biasanya akan terus berkembang, atau sedikit lebih panjang dari bagian luar. Bagian luar protonum dewasa berwarna hitam, dan dengan setae emas, kecuali pada gibbosities tengah bagian dasar, dimana memanjang melampaui batas posterior dan terbungkus dengan sisik putih seperti setae. Bagian matanya sangat dalam emerginate, menonjol dan bulat. Alat kelamin jantan memiliki ciri khas; median lobe dengan dua sclerotized membujur denticulet area dekat dengan bagian tengah; bagian parameres begitu kuat dan spatulate luas.
4. *Callosobruchus subbinotutuss* : bagian cuticle berwarna hitam atau coklat sangat gelap, kadang-kadang dengan kemerahan gelap pada bagian kaki dan antena; setae abu-abu atau coklat, tidak memiliki bentuk pola yang jelas pada elytra, tetapi pada umumnya dengan pola samar keputih-putihan setea pada elytra dari betina. Panjangnya 4.5-5.5 mm.
5. *Callosobruchus Udemptus* : gigi bagian dalam tulang belakang paha lebih mencolok dibandingkan gigi luar yang pendek tumpul. Bagian hitam cuticle, dengan pola abu-abu, hitam dan brassy setae pada dorsum. Panjang 2.75-3.0 mm.

Bioekologi

Callosobruchus spp. mengalami empat fase perkembangan yaitu telur, larva, pupa dan imago (Kalshoven, 1981). Siklus hidup *Callosobruchus maculatus* 25-35 hari, sedangkan kemampuan keperidian hama ini mencapai 150 butir telur. Kondisi optimum untuk hama ini hidup adalah pada saat temperatur $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan RH $65\pm 5\%$.

Telur. Telur berbentuk lonjong, transparan dan berukuran 0,75 mm. Telur melekat pada permukaan biji-bijian. Telur diletakkan di permukaan biji, satu telur per biji. Setelah meletakkan telur imago mengeluarkan cairan pada permukaan biji yang digunakan sebagai signal bahwa biji tersebut telah diteluri (Harahap, 1993). Telur akan menetas setelah 3-5 hari.

Larva. Larva dan pupa hidup di dalam biji (Anonim, 2013). Larva pada waktu menetas langsung menembus biji-bijian, dan membuat *jendela* sebelum menjadi pupa. Jendela tersebut digunakan untuk keluarnya imago nantinya. Larva tidak bertungkai, berwarna putih dan pada kepala agak kecoklatan. Stadium larva sekitar 2 minggu.

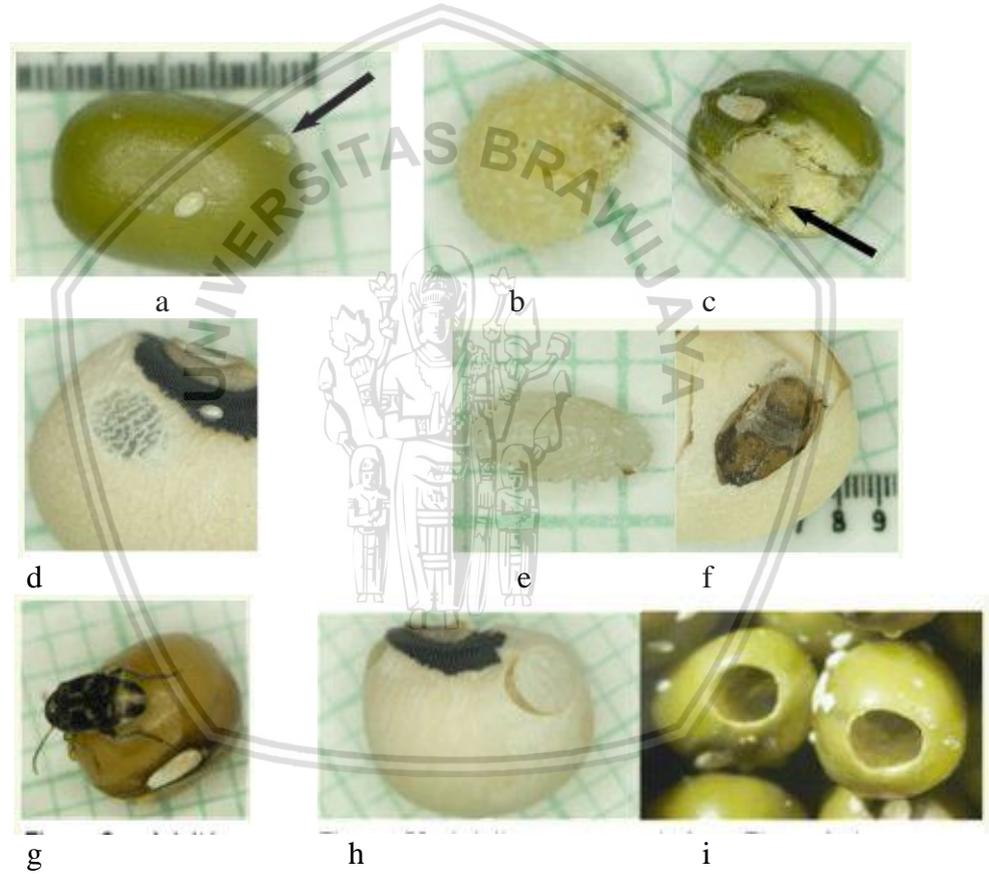
Pupa. Lama stadia pupa adalah 4-6 hari. Kemudian pupa berubah menjadi imago. Pupa tipe bebas dan warnanya putih. Dalam hidup imago betina 1-2 minggu dan imago tidak makan. Imago lebih menyukai biji berpermukaan halus dibandingkan dengan biji berpermukaan kasar (Harahap, 1993). Fase pupa merupakan fase sempurna metamorfosis untuk menjadi imago. Imago membutuhkan waktu 24 sampai 36 jam untuk menyempurnakan fasenya (Litbang, 2016)

Imago. Pada tahap dewasa, imago keluar melalui *jendela* dengan meninggalkan lubang bulat. Hama ini tidak berumur panjang, berlari cepat dan terbang dengan baik (Anonim, 2015). Imago berwarna coklat kemerahan dengan elitra coklat terang bercak gelap. Ciri lain adalah femur tungkai belakang membesar dan pada ujung tampak dua duri. Imago jantan dapat dibedakan dengan yang betina berdasarkan tipe antena. Pada jantan antena bertipe pektinat, sedang betina tipe antena serrate (Rafiqha *et al.*, 2014).

Maksimum pertumbuhan populasi per bulan sebanyak 50 kali. Borrer *et al.* (1996) mengemukakan bahwa *Callosobruchus spp.* merupakan kumbang

berukuran kecil, bertubuh besar, dengan elitra yang memendek dan tidak menutupi ujung abdomen. Tubuh seringkali agak menyempit pada bagian anterior. Rata-rata *C. maculatus* hidup 8,2 hari untuk jantan dan 7,6 hari untuk betina (Atwal *et al.*, 1968).

Produk yang terserang oleh hama ini akan tampak berlubang pada permukaan biji kacang hijau. Hal ini dikarenakan perilaku *Callosobruchus maculatus* saat stadium larva menggerok permukaan kulit biji kacang hijau yang nantinya akan menjadi jalan untuk imago keluar dari dalam biji. Apabila produk, tersebut telah rusak maka tidak bisa dipergunakan untuk bahan makanan.



Gambar 2. Siklus hidup *C. maculatus*.

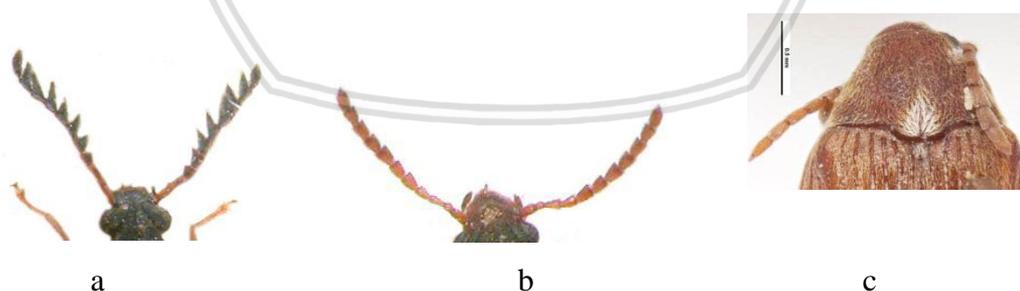
(a : Telur pada permukaan biji. Telur yang baru (kanan atas) dan telur yang sudah lama (ditengah), b : Larva, c : Tempat larva mengisolasi, warna hitam di sebelah kanan atas. Larva pada biji ditunjukkan dengan tanda panah, d :“Jendela” pada lapisan biji untuk terbentuknya pupa, e : pupa muda, f : pupa tua, g : Imago, h : lubang keluarnya imago, i : kacang hijau yang sudah terserang) (Beck, 2014)





Gambar 3. *C. maculatus* (a : jantan, b : betina, c: jantan, d : betina) (Beck, 2014)

Untuk membedakan ketiga jenis *Callosobruchus* biasanya melihat bentuk dari antena dan femur belakang. Jantan *C. chinensis*, keempat bagian apical melewati pectinate ke pectinate yang lebih tinggi sedangkan betina memiliki bagian yang bergerigi tajam. *C. maculatus*, antenanya sedikit bergerigi dari keempat bagian apical dan *C. analis* antena utuh testaceous dan tidak bergerigi. Bagian belakang femur pada *C. chinensis* mengenai perut bicarinate dengan peletakan denticle di setiap carina dekat apex. Gigi sebelah luar tumpul dan bagian dalam panjang dan kuat, dan bulat ujungnya. Femur belakang *C. maculatus* mengenai perut bicarinate, dengan gigi tumpul besar di bagian luar carina dan gigi yang tajam dengan ukuran yang sama di bagian dalam carina. Kedua gigi diletakkan dekat dengan apex. *C analis*, femur belakang biasanya mengenai perut bicarinate, dengan gigi besar tajam di bagian luar carina. Kedua gigi di dalam carina adalah sangat tajam atau absent (Taleker, 1988).



Gambar 4. Antena (a) *C. chinensis* (Gyorgy, 2005), (b) *C. maculatus* (Gyorgy, 2005), (c) *C. analis* (Walker, 2006).

Pengendalian *Callosobruchus maculatus*

Pengendalian hama gudang *C. maculatus* menggunakan Nuvantop 500 EC dengan pengaplikasiannya 500g/l (Komisi Pesticida, 1997). Pengendalian kumbang biji biasanya digunakan Fumigasi PH3, Pemasangan Beetle Trap, dan

Perangkap UV, pemanasan ruangan/heating. Untuk pengendalian hama gudang secara alami, bisa menggunakan tanaman-tanaman yang berfungsi sebagai pestisida nabati, seperti daun dan biji srikaya atau juga saga. Dan juga menjaga kebersihan gudang, menjaga suhu dan kelembabab gudang, kemasan kedap udara, menurunkan tingkat kadar air (Hanny, 2002). Penyedia jasa fumigan menggunakan Methyl Bromide dengan bahan aktif Dettametrin 25 g/l dan Vapormate 16.7 LG dengan bahan aktif Ethyl Formate 16,7% untuk target hama gudang.

Di Cina penyemprotan biji kacang hijau dengan deltametrin ditambah piperonil butoksida pada tingkat 0,25, 0,50 dan 1,00 ppm untuk melindungi biji terhadap *C. chinensis* hingga 228 hari (Duguet dan Wu,1986).

Sereh Wangi (*Cymbopogon Nardus* L : Graminae)

Potensi Sereh Wangi

Tanaman sereh termasuk golongan Graminae yang disebut *Andropogon nardus* atau *Cymbogob nardus*. Genus *Cympogon* meliputi hampir 80 species, tetapi hanya beberapa jenis yang menghasilkan minyak atsiri yang mempunyai arti dalam perdagangan. Diantara spesies yang terpenting adalah *Cympogon nardus* dan *Cympogon winterianus* atau mahapengiri dari Jawa, yang masing-masing sumber minyak sereh wangi. Klasifikasi tanaman sereh wangi adalah sebagai berikut Divisi: Spermatophyta, Kelas: Angiospermae, SaubKlas: Monocotyledonae, Ordo: Graminales, Famili: Gramineae, Subfamili: Panicoidae, Tribe: Andropogineae, Genus: *Cymbopogon*, Species: *Cymbopogon Nardus* (Hieronymus, 1992).

Tanaman sereh wangi tumbuh berumpun dengan tinggi sekitar 50-100 cm. Daun tunggal berjumbai, panjang sampai 1 meter, lebar 1,5 cm, bagian bawahnya agak kasar, tulang daun sejajar. Batang tidak berkayu, berusuk-rusuk pendek, dan berwarna putih. Akarnya serabut, perbanyakannya dilakukan dengan pemisahan stek anakan (Emmyzar dan Muhammad, 2002).



Gambar 5. Tanaman serih wangi di kebun UPT

Di Indonesia, terdapat dua jenis tanaman serih, yaitu serih dapur (*Cymbopogon citratus*) (lemongrass) dan serih wangi (*Cymbopogon nardus L*) (sitronella). Di Indonesia, tanaman serih banyak di temui di daerah Jawa dan dikenal dengan nama 'sere' (Armando, 2009). Menurut data dari Ditjenbun (2013), produksi serih wangi di Indonesia pada tahun 2012 adalah 2.563 ton dari jumlah tanam 18.989 tanam dan panen 18.471 panen.

Serih wangi mempunyai tipe mekanisme pengendalian *anti-insek*, insektisidal, *antifeedant* (menghambat aktivitas makan), *repellent* (mengusir), antifungal dan antibakterial. Bagian tanaman yang berpotensi mengendalikan hama adalah daun dan minyak atsirinya (Grainge dan Ahmed, 1988 ; Santoso, 2007).

Menurut Kardinan (1992) dalam Hardi dan Kurniawan (2007) menyatakan bahwa tanaman serih wangi merupakan salah satu tanaman penghasil insektisida nabati yang mempunyai kemampuan untuk menurunkan populasi hama. Bahan aktif yang diduga mematikan bagi hama adalah sitronelal dan geraniol. Sitronelal pada konsentrasi tinggi memiliki keistimewaan sebagai *antifeedant* yang menyebabkan serangga (hama) tidak bergairah memakan tanaman, sedangkan pada konsentrasi rendah bersifat sebagai racun perut yang bisa mengakibatkan kematian pada serangga.

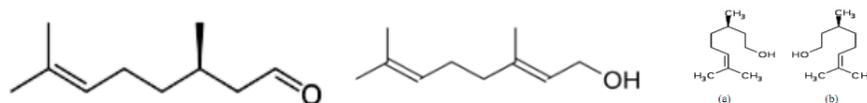
Hasil rendemen menurut Ketaren dan B Djatmiko (1978) adalah 0,5 %-1,2%, penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Ginting (2004) mendapatkan rendemen 0,97 % - 1,2 % dan menurut Lestari dan Dewi (2015) 0,72 % (apabila 300 gr serih wangi akan mendapatkan minyak 2,12 ml).

Fitokimia Minyak Sereh Wangi

Komponen kimia dalam minyak atsiri yang dihasilkan oleh sereh wangi cukup kompleks, namun komponen yang terpenting adalah *sitronellal* dan *geraniol*. Kedua komponen tersebut menentukan intensitas bau, harum, serta nilai harga dari minyak yang dihasilkan. Menurut Surahadikusumah (1989) kandungan batang sereh wangi adalah 0,4% minyak atsiri dengan komponen utama sitronelol 66-85%. Berdasarkan penelitian pada daun ditemukan minyak atsiri 1% dengan komponen utama sitronelal 32-45%, geraniol 12-18%, sitonelol 11-15%, geranil asetat 3-8%, sitronelil asetat 2-4%, sitral, kavikol, eugenol, elemol, kadinol, kadinen, vanillin, limonen, kamfen (Budi,1992).

Menurut Guenther (2006), komponen utama minyak sereh wangi adalah sebagai berikut :

1. **Sitronelal.** Mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{16}O$, massa molar 154,25 g/mol, kepadatan 0,855 g /cm³, dan mempunyai titik didih 201-207°C. Sitronelal mempunyai beberapa sebutan seperti rhodinal atau 3,7-dimethyloct-6-en-1-al ($C_{10}H_{16}O$) adalah monoterponoid, komponen utama dalam campuran senyawa kimia terpenoid yang memberikan minyak sereh wangi lemon yang khas. Sitronelal adalah mengisolasi utama dalam minyak suling dari *Cymbopogon*, beraroma lemon gusi, dan beraromalemon *teatree*. Memiliki sifat pengusir serangga.
2. **Geraniol.** Geraniol mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{18}O$, massa molar 154,25 g mol⁻¹, kepadatan 0,889 g /cm³, titik lebur pada suhu 15°C, titik didih mencapai 229°C.
3. **Sitronellol.** Molekul rumus sitronellol adalah $C_{10}H_{20}O$, masaa molar 156,27 g mol⁻¹, kepadatan 0,855 g/cm³ dan tiitk didih 225°C. Sitronellol atau *dihydrogeraniol*, adalah monoterpenoid *asiklik* alam. Kedua enantiomer terjadi di alam.



Gambar 6. Struktur Sitronelal, Geraniol dan Sitronellol (Guenther 2006)

Minyak Atsiri

Minyak atsiri disebut juga minyak “eteris” adalah minyak yang bersifat mudah menguap, yang terdiri dari campuran zat yang mudah menguap, dengan komposisi dan titik didih yang berbeda - beda dengan metode ekstraksi. Minyak tersebut diperoleh dari tanaman (dapat dari bagian akar, daun, batang, bunga) dengan metode ekstraksi (Guenther,1987).

Terdapat beberapa macam metode ekstraksi, anantara 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 temperature ruangan. Remaserasi berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama dan seterusnya. Maserasi dilakukan dengan cara memasukkan 10 bagian simplisia dengan derajat cocok ke dalam bejana kemudian dituangi penyari 75 bagian, ditutup dan dibiarkan 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 terturup, 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 temperature ruangan. Prosesnya terdiri dari tahapan pengemabangan bahan, tahap maserasi antara, tahap perkolasi sebenarnya (penetasan 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 percolator, ditambahkan cairan penyari. Percolator ditutup dibiarkan selama 24 jam, kemudian kran dibuka dengan kecepatan 1 ml permenit, sehingga simplisia tetap terndam. Filtrate dipindahkan ke dalam bejana, ditutup dan dibiarkan selama 2 hari pada temat 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 bali. 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 didefinisikan sebagai pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap dari masing-masing zat tersebut (Mial, 1994). Terdapat 3 macam, metode penyulingan yaitu : penyulingan dengan air, air dan uap, dan uap langsung (Ketaren,1987). 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).

Aktivitas Pestisida Nabati

Pestisida adalah semua zat aktif yang digunakan untuk mengendalikan, mencegah, merusak, menolak, atau mengurangi suatu organisme pengganggu untuk melindungi tanaman dari kerusakan. 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 berdasarkan Cara Kerjanya (*Mode of Action*) dan *Mode of entry*

Cara kerja insektisida dalam tubuh serangga dikenal sebagai *mode of action* dan cara masuk atau *mode of entry*. *Mode of action* adalah cara insektisida memberikan pengaruh melalui titik tangkap didalam tubuh serangga. Titik tangkap pada serangga biasanya berupa enzim atau protein. Cara kerja insektisida yang digunakan dalam pengendalian hama terbagi lima kelompok yaitu mempengaruhi sistem saraf, menghambat produksi energi, mempengaruhi sistem endokrin, menghambat produksi kutikula, dan menghambat keseimbangan air.

Mode of entry adalah cara insektisida masuk kedalam tubuh serangga, dapat melalui kutikula (racun kontak), alat pencernaan (racun perut), atau lubang pernafasan (racun pernafasan) (Kementrian Kesehatan RI, 2012).

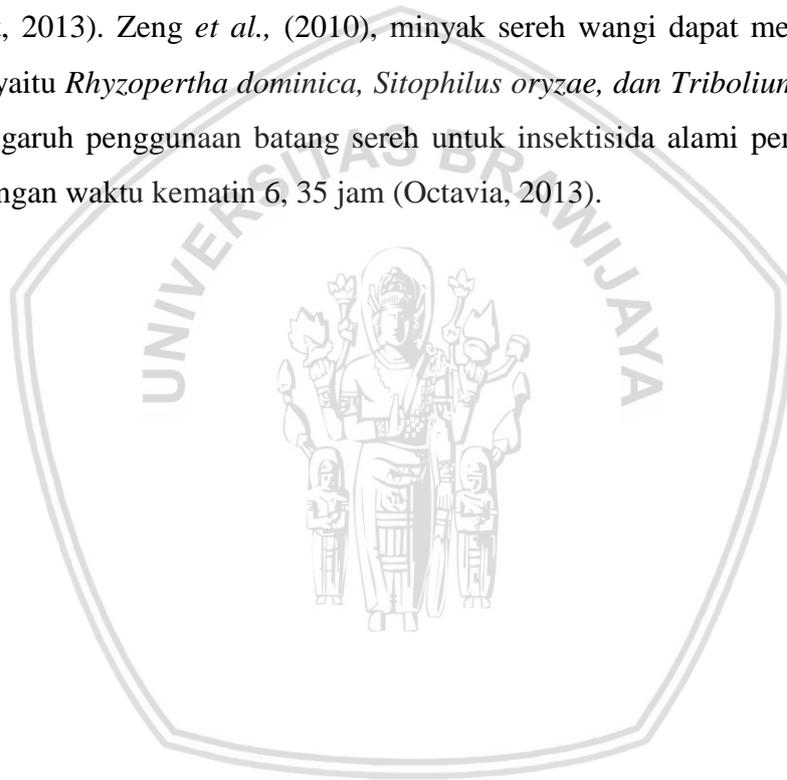
Berdasarkan cara kerjanya (sifatnya), Takahashi (1981) menggolongkan pestisida nabati sebagai :

- a. kelompok repelen, yaitu menolak kehadiran serangga misalnya karena bau yang menyengat,
- b. kelompok antifidan yang dapat mencegah serangga memakan tanaman yang telah disemprot, menghambat reproduksi serangga betina, sebagai racun syaraf dan dapat mengacaukan sistem hormon di dalam tubuh serangga,
- c. kelompok atraktan, yakni pestisida nabati yang dapat memikat kehadiran serangga sehingga dapat dijadikan sebagai senyawa perangkap serangga dan juga untuk mengendalikan pertumbuhan jamur/ bakteri (Marianah 2016),
- d. kelompok pestisida nabati yang menurunkan preferensi serangga dalam mengakses sumber makanan

Cara Kerja dan Pengaruh Ekstrak Sereh Wangi terhadap Hama Gudang

Rizal (2009) menyatakan salah satu minyak atsiri dengan nama dagang Java Citronella Oil yang dapat digunakan sebagai insektisida, fungisida, bakterisida, moluskasida dan bersifat penolak (repellen) hama adalah berasal dari tanaman sereh wangi. Ekstrak daun sereh wangi termasuk dalam golongan minyak atsiri yang mudah menguap, memiliki bau yang khas. Menurut Rizal (2009), ekstrak tanaman sereh wangi dapat bersifat penolak (repellen) hama.

Sampai saat ini penggunaan ekstrak serih wangi sebagai insektisida selalu dikombinasikan dengan ekstrak tanaman lainnya. Ekstrak cengkeh, serih wangi dan kunyit efektif membunuh keong mas dengan mortalitas 100% (Wiratno, 2008). Senyawa sitronella mempunyai sifat racun dehidrasi. Racun tersebut merupakan racun kontak yang dapat mengakibatkan kematian karena serangga akan mengalami kekurangan cairan. Kandungan dari ekstrak serih wangi mempunyai sifat toksis terhadap serangga hama gudang. Efek dari senyawa ini bagi perkembangan hidup serangga dapat menghambat dalam peletakan telur sehingga secara tidak langsung dapat memperlambat perkembangbiakan serangga (Hidayat, 2013). Zeng *et al.*, (2010), minyak serih wangi dapat mengusir hama gudang yaitu *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, dan *Tribolium casteneum*. Ada pengaruh penggunaan batang serih untuk insektisida alami pembasmi kutu beras dengan waktu kematin 6, 35 jam (Octavia, 2013).



Minyak Atsiri

Minyak atsiri disebut juga minyak “eteris” adalah minyak yang bersifat mudah menguap, yang terdiri dari campuran zat yang mudah menguap, dengan komposisi dan titik didih yang berbeda - beda dengan metode ekstraksi. Minyak tersebut diperoleh dari tanaman (dapat dari bagian akar, daun, batang, bunga) dengan metode ekstraksi (Guenther,1987).

Terdapat beberapa macam metode ekstraksi, anantara 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 temperature ruangan. Remaserasi berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama dan seterusnya. Maserasi dilakukan dengan cara memasukkan 10 bagian simplisia dengan derajat cocok ke dalam bejana kemudian dituangi penyari 75 bagian, ditutup dan dibiarkan 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 terturup, 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 temperature ruangan. Prosesnya terdiri dari tahapan pengemabangan bahan, tahap maserasi antara, tahap perkolasi sebenarnya (penetasan 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 percolator, ditambahkan cairan penyari. Percolator ditutup dibiarkan selama 24 jam, kemudian kran dibuka dengan kecepatan 1 ml permenit, sehingga simplisia tetap terndam. Filtrate dipindahkan ke dalam bejana, ditutup dan dibiarkan selama 2 hari pada temat 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 bali. 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 didefinisikan sebagai pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari dua jenis cairan atau lebih berdasarkan perbedaan tekanan uap dari masing-masing zat tersebut (Mial, 1994). Terdapat 3 macam, metode penyulingan yaitu : penyulingan dengan air, air dan uap, dan uap langsung (Ketaren, 1987). 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).

Aktivitas Pestisida Nabati

Pestisida adalah semua zat aktif yang digunakan untuk mengendalikan, mencegah, merusak, menolak, atau mengurangi suatu organisme pengganggu untuk melindungi tanaman dari kerusakan. 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 berdasarkan Cara Kerjanya (*Mode of Action*) dan *Mode of entry*

Cara kerja insektisida dalam tubuh serangga dikenal sebagai *mode of action* dan cara masuk atau *mode of entry*. *Mode of action* adalah cara insektisida memberikan pengaruh melalui titik tangkap didalam tubuh serangga. Titik tangkap pada serangga biasanya berupa enzim atau protein. Cara kerja insektisida yang digunakan dalam pengendalian hama terbagi lima kelompok yaitu mempengaruhi sistem saraf, menghambat produksi energi, mempengaruhi sistem endokrin, menghambat produksi kutikula, dan menghambat keseimbangan air.

Mode of entry adalah cara insektisida masuk kedalam tubuh serangga, dapat melalui kutikula (racun kontak), alat pencernaan (racun perut), atau lubang pernafasan (racun pernafasan) (Kementrian Kesehatan RI, 2012).

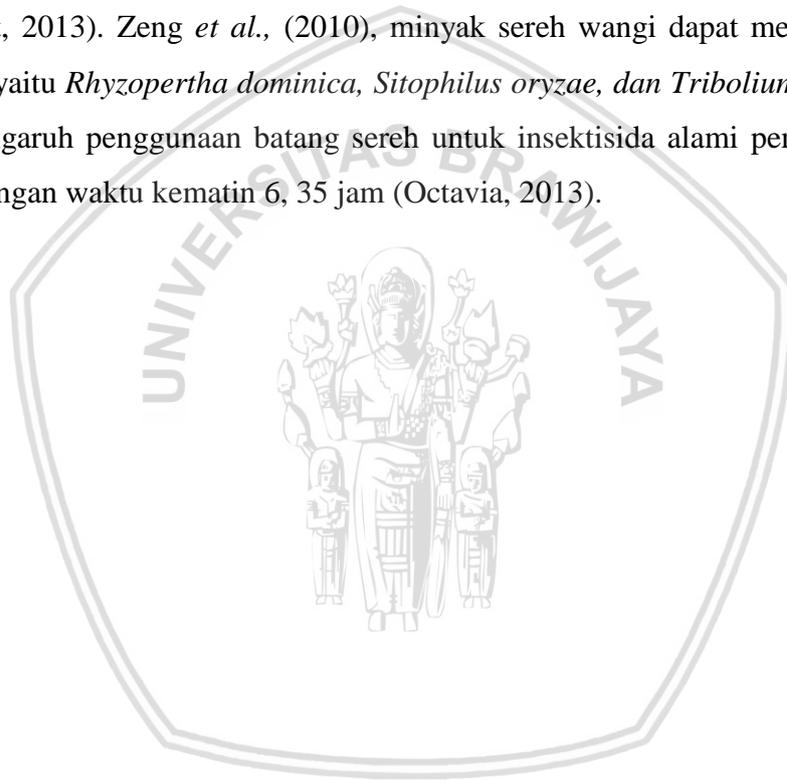
Berdasarkan cara kerjanya (sifatnya), Takahashi (1981) menggolongkan pestisida nabati sebagai :

- a. kelompok repelen, yaitu menolak kehadiran serangga misalnya karena bau yang menyengat,
- b. kelompok antifidan yang dapat mencegah serangga memakan tanaman yang telah disemprot, menghambat reproduksi serangga betina, sebagai racun syaraf dan dapat mengacaukan sistem hormon di dalam tubuh serangga,
- c. kelompok atraktan, yakni pestisida nabati yang dapat memikat kehadiran serangga sehingga dapat dijadikan sebagai senyawa perangkap serangga dan juga untuk mengendalikan pertumbuhan jamur/ bakteri (Marianah 2016),
- d. kelompok pestisida nabati yang menurunkan preferensi serangga dalam mengakses sumber makanan

Cara Kerja dan Pengaruh Ekstrak Sereh Wangi terhadap Hama Gudang

Rizal (2009) menyatakan salah satu minyak atsiri dengan nama dagang Java Citronella Oil yang dapat digunakan sebagai insektisida, fungisida, bakterisida, moluskasida dan bersifat penolak (repellen) hama adalah berasal dari tanaman sereh wangi. Ekstrak daun sereh wangi termasuk dalam golongan minyak atsiri yang mudah menguap, memiliki bau yang khas. Menurut Rizal (2009), ekstrak tanaman sereh wangi dapat bersifat penolak (repellen) hama.

Sampai saat ini penggunaan ekstrak serih wangi sebagai insektisida selalu dikombinasikan dengan ekstrak tanaman lainnya. Ekstrak cengkeh, serih wangi dan kunyit efektif membunuh keong mas dengan mortalitas 100% (Wiratno, 2008). Senyawa sitronella mempunyai sifat racun dehidrasi. Racun tersebut merupakan racun kontak yang dapat mengakibatkan kematian karena serangga akan mengalami kekurangan cairan. Kandungan dari ekstrak serih wangi mempunyai sifat toksis terhadap serangga hama gudang. Efek dari senyawa ini bagi perkembangan hidup serangga dapat menghambat dalam peletakan telur sehingga secara tidak langsung dapat memperlambat perkembangbiakan serangga (Hidayat, 2013). Zeng *et al.*, (2010), minyak serih wangi dapat mengusir hama gudang yaitu *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, dan *Tribolium casteneum*. Ada pengaruh penggunaan batang serih untuk insektisida alami pembasmi kutu beras dengan waktu kematin 6, 35 jam (Octavia, 2013).



III. METODOLOGI

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Toksikologi Fakultas Pertanian Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Penelitian dilaksanakan bulan April 2017 – November 2017.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah botol kaca 250 ml, kertas saring Whatman No 1, cawan petri, *petri dish Olfaktometer*, gelas ukur ukuran 10 ml dan 100 ml, tabung Erlenmeyer 250 ml, mikropipet, corong, pinset, stoples (t=12, d = 10cm), box kaca, mikroskop, orbital shaker, rotary vacuum evaporator, timbangan analitik, kain kasa, tissue, jarum pentul, kertas label, selotip, gunting, kuas dan penggaris.

Bahan yang digunakan adalah daun sereh wangi yang diperoleh dari UPT Maturia Batu, imago *C. maculatus* diperoleh dari Balitkabi Malang, kacang hijau, N-Heksan 96% dan aseton.

Metode Penelitian

Persiapan penelitian

Pengadaan Kacang Hijau. Kacang hijau diperoleh dari pasar tradisional Tawangmangu, Malang. Kacang hijau yang diambil adalah kacang hijau yang masih bagus. Untuk menghindari tercampur dengan bahan lainnya atau hama dilakukan pembersihan (melihat satu per satu biji yang akan digunakan, apabila sudah terdapat telur hama, maka biji tersebut tidak digunakan) terlebih dahulu.

Pembiakan Serangga Uji. Pembiakan serangga uji dilakukan dengan mengumpulkan imago *Callosobrucus maculatus* dari kacang hijau yang terserang dari Balitkabi Malang. Kemudian dibawa ke laboratorium dan dipelihara dalam box kaca yang bagian sampingnya diberi kain kasa. Sebagai bahan makanan *C. maculatus* menggunakan kacang hijau. Disimpan dengan suhu $27^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Proses perkembangbiakan menjadi serangga dewasa membutuhkan waktu 4 minggu.

Ekstraksi Sereh Wangi. Daun yang diperoleh dari UPT Materia Medica, Batu. Daun sereh wangi dibersihkan kemudian dikering anginkan selama 24 jam

pada suhu ruang sampai agak layu. Kemudian dipotong kurang lebih menjadi 2 cm. Proses tersebut digunakan untuk mengurangi kadar air, sehingga akan mempercepat proses ekstraksi dan tahan terhadap mikroba. Cara ekstraksi yang digunakan adalah dengan maserasi. Maserasi dilakukan dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:4. Bahan dan pelarut dimasukkan ke dalam botol Erlenmeyer 250 ml dengan jumlah potongan 40 g potongan daun sereh wangi dan 160 ml pelarut. Ekstraksi daun sereh wangi menggunakan pelarut non polar, yaitu N-Heksana 96%. Penggunaan N-Heksan sebagai pelarut karena memiliki sifat yang stabil dan mudah menguap, selektif dalam melarutkan zat, mengekstraksi sedikit lilin dan mengekstraks dalam jumlah besar (Munawarah dan Handayani, 2010). Botol tidak diisi penuh agar pengadukan berjalan dengan maksimal. Pengadukan menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 24 jam. Pengadukan bertujuan untuk mendapatkan ekstrak dalam waktu yang relatif cepat. Larutan hasil ekstraksi daun sereh wangi disaring menggunakan kertas Whatman No.1. Setelah disaring, hasil ekstraksi dipisahkan dari N-heksan dengan menggunakan *rotary vacum evaporator*. Suhu *rotary vacum evaporator* diatur 60°C. Hasil evaporasi (penguapan) kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam botol dan ditutup rapat agar filtrate tidak menguap. Kemudian disimpan dengan suhu 4°C (Zhong, Su, dan Lu, 2010).

Pada penelitian ini menggunakan 5 konsentrasi ekstrak sereh wangi dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Konsentrasi yang digunakan adalah (Tabel 1) :

Tabel 1. Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)
P0	0 (Kontrol)
P1	80
P2	160
P3	320
P4	640

Pelaksanaan Penelitian

Pengujian Aktivitas Fumigan Ekstrak Daun Sereh Wangi (EDSW) terhadap mortalitas Telur, Larva, Pupa dan Imago *C. maculatus*

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek fumigan EDSW pada setiap stadia telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus*. Pada penelitian ini serangga uji

tidak boleh kontak langsung dengan kertas saring sehingga kertas saring *Whatman* diletakkan pada permukaan tutup lubang.

Dua puluh telur *C. maculatus* yang berumur <24 jam (Ofuya *et al.*, 2010) disiapkan untuk pengujian efek fumigan EDSW. Untuk memastikan jumlahnya 20 telur, dihitung dan dilihat satu persatu. Pengamatan telur *C. maculatus* dilakukan dengan mikroskop pada cawan petri yang terdapat telurnya. Kacang hijau yang sudah ada telurnya tersebut dimasukkan pada botol kaca yang berukuran 250 ml, pada botol kaca perlakuan kertas saring dipotong berukuran 2 cm diberi perlakuan sesuai konsentrasi yang telah ditentukan. Konsentrasi EDSW adalah 0 ppm, 80 ppm, 160 ppm, 320 ppm dan 640 ppm (Nattudurai *et al.*, 2015). Setelah 48 JSA, telur diamati menggunakan mikroskop setiap hari selama 10 hari, apabila telur tidak menetas menjadi larva maka dianggap sudah mati.

Dua puluh larva berumur 12 hari yang terkandung dalam biji. Untuk memastikan didalam biji ada atau tidaknya larva adalah dengan cara melihat titik hitam pada permukaan biji. Biji yang terdapat larva tersebut dimasukkan dalam botol kaca ukuran 250 ml. Pemberian konsentrasi EDSW adalah 0 ppm (kontrol), 80 ppm, 160 ppm, 320 ppm dan 640 ppm. Lalu menyiapkan kertas saring *Whatman* No. 1 dengan ukuran diameter 2 cm dan ditetesi dengan konsentrasi sesuai perlakuan, lalu dikering anginkan (10 menit). Kertas saring digantung pada tutup botol dengan jarum pentul, permukaan kertas saring tidak menyentuh dinding. Botol disimpan dalam ruangan $28 \pm 2^\circ\text{C}$ dan kelembaban relatif $65 \pm 5\%$.

Dua puluh pupa berumur 1 hari yang terkandung dalam biji. Untuk memastikan di dalam biji terdapat pupa dengan melihat pada permukaan biji terdapat 'jendela' warna hitam. Pupa tersebut dimasukkan dalam botol kaca 250 ml lalu pasang kertas saring (sudah diberi perlakuan sesuai konsentrasi yang telah ditentukan) sama seperti perlakuan pada larva.

Dua puluh ekor imago *C. maculatus* tanpa dibedakan jantan dan betina dimasukkan dalam botol kaca 250 ml, diberi pakan kacang hijau 10 g lalu pasang kertas saring (yang sudah diberi perlakuan sesuai ketentuan) sama seperti perlakuan pada larva dan pupa.

Penelitian pada stadia larva, pupa dan imago *C. maculatus* tiap ulangan dilakukan pada waktu yang sama dengan memberikan perlakuan konsentrasi

sesuai aturan. Pengamatan mortalitas larva, pupa dan imago dilakukan 48 jam setelah aplikasi (JSA). Mortalitas imago dapat diamati apabila disentuh tidak menunjukkan gerakan. Mortalitas larva diamati selama 5 hari, pupa yang muncul dicatat dan larva yang tidak menjadi dewasa dianggap mati. Pupa diamati selama 5 hari, dewasa yang muncul dicatat dan pupa yang tidak menjadi dewasa dianggap mati. (Lu *et al.*, 2012).

Variabel pengamatan. Variabel pengamatan 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 mortalitas serangga, N adalah jumlah serangga yang mati dan n adalah jumlah serangga uji. Persentase mortalitas serangga di hitung dan dikoreksi dengan rumus Abbott (1987).

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

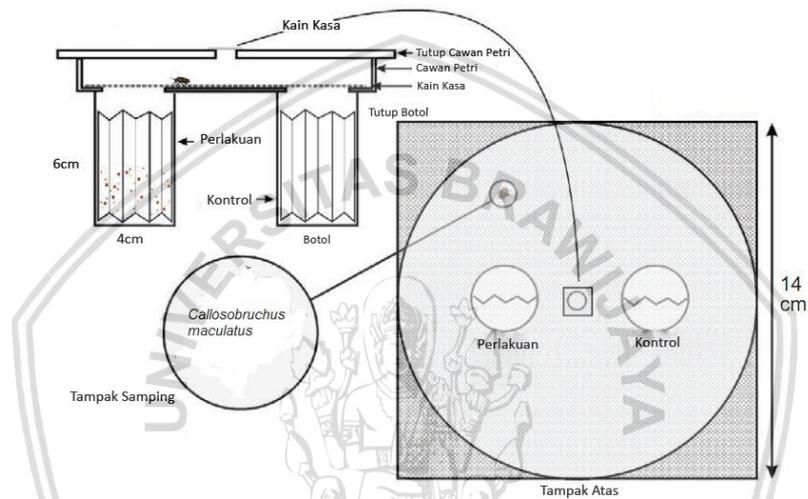
Dengan P adalah persen kematian, X adalah persen serangga yang hidup pada kontrol dan Y adalah persen serangga yang hidup pada perlakuan.

Pengujian Aktivitas Repelen dan Atraktan EDSW terhadap imago

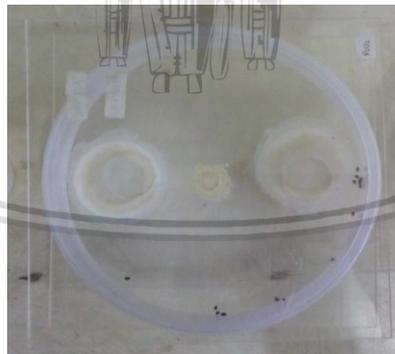
C.maculatus

Pengujian sifat repelen dan atraktan dilakukan terhadap masing-masing konsentrasi dengan metode *Petridish Olfactometer* (Weeks *et al.*, 2011). *Petridish olfactometer* merupakan modifikasi alat olfaktometer dengan menggunakan cawan petri (diameter 140 mm) dan dua buah botol menempel di bawahnya. Cawan petri diberi lubang dengan ukuran 26 mm. Jarak antara kedua lubang 64 mm dan jarak lubang ke tepi 12 mm. Tinggi cawan petri 24 mm. Pada bagian tengah tutup cawan petri dilubangi dengan diameter 10 mm. Lubang pada cawan petri diberi kain kasa agar serangga tidak keluar. Botol dengan ukuran diameter 40 mm dan tinggi 60 mm ditempel pada dua lubang cawan petri. Pada bagian lubang cawan petri ditempel dengan tutup botol yang sudah dilubangi untuk mempermudah melepas botol. Diantara 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 kontrol. Masing-

masing konsentrasi diteteskan ke potongan kertas 40 x 70 mm. Perlakuan kontrol hanya ditetesi aseton. Kemudian kertas saring dimasukkan dalam botol, dan botol direkatkan dengan tutup botol pada olfaktometer. Masing-masing pengujian menggunakan 20 serangga dewasa *C. maculatus* dan diletakkan di tengah-tengah cawan petri. Cawan petri ditutup rapat dengan dilapisi parafilm. Pengamatan respon dilakukan setelah 1 jam dan terakhir pada 3 jam dengan menghitung jumlah serangga yang respon terhadap setiap perlakuan dan kontrol.



Gambar 7. Skema *Petri dish olfaktometer* (Weeks et al., 2011)



Gambar 8. *Petri dish olfaktometer*

Variabel Pengamatan. Variabel pengamatan yang diamati pada pengujian aktivitas repelen dan atraktan adalah menghitung jumlah serangga yang respon terhadap kontrol dan perlakuan yaitu dengan cara menghitung serangga yang bergerak menuju zona kontrol dan menghitung serangga yang bergerak menuju zona perlakuan. Pengamatan di hitung dari jam ke 1, jam 2 dan jam ke 3. Setelah dicatat, lalu dihitung dengan rumus Pascual kemudian di rata-rata. Untuk

mengetahui indeks repelensi dapat dihitung dengan rumus Pascual – Villalobos dan Robledo (1998) :

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

Dengan IR adalah *Indeks Repellent*, C adalah kontrol dan T adalah perlakuan. Apabila nilai IR positif menunjukkan sifat penolak (repelensi) sedangkan nilai IR negatif menunjukkan sifat penarik (atraktan). Untuk menentukan tingkatan repelensi digunakan kriteria sebagai berikut :

Tabel 2. Tingkat repelensi (Hasyim *et al.*, 2014)

Kelas repelensi	Tingkat repelensi	Nilai repelensi
0	Lemah	< 0,1%
I	Agak Sedang	0,1 – 20 %
II	Sedang	20,01 – 40 %
III	Agak Kuat	40,01 – 60%
IV	Kuat	60,01 – 80%
V	Sangat Kuat	80,01 – 100%

Analisis Data

Data yang diperoleh pada pengujian dihitung nilai rata-ratanya. Hasilnya dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (Anova). Apabila dalam pengujian diperoleh pengaruh perlakuan beda nyata, maka dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%. Nilai LC₅₀ dan LC₉₀ dihitung dengan Probit analisis. Aplikasi yang digunakan SPSS 16 dan Probit Analysis (Nattudurai *et al.*, 2015).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Aktivitas Fumigan Ekstrak Daun Sereh Wangi

Hasil pengujian aktivitas fumigan atau daya racun ekstrak sereh wangi empat tingkat konsentrasi dan kontrol terhadap mortalitas setiap stadia dari *C. maculatus* disajikan pada Tabel 3. Pada Tabel 3 menunjukkan hasil rerata persentase mortalitas yang berbeda pada setiap fase *C. maculatus*. Terdapat perbedaan yang nyata dari hasil analisis ragam (Tabel Lampiran 1-4) pada fase telur, larva, pupa dan imago. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat konsentrasi berpengaruh nyata terhadap mortalitas ke-empat fase *C. maculatus*. Ekstrak sereh wangi menunjukkan aktivitas fumigan yang kuat terhadap setiap fase *C. maculatus*, dan daya racun meningkat seiring peningkatan konsentrasi. Perbedaan fase pada *C. maculatus* menyebabkan respon yang bervariasi, dimana pupa dan telur lebih rentan dan peka daripada larva dan imago terhadap perlakuan. Rerata persentase mortalitas tertinggi (lebih dari 50% pada semua fase) didapat pada konsentrasi 640 ppm.

Tabel 3. Rerata persentase mortalitas telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus* setelah pemaparan ekstrak daun sereh wangi 48 jam

Rata-rata Persentase Mortalitas (%)	Konsentrasi (ppm)			
	80	160	320	640
Telur	24,02 ^a	38,33 ^a	53,88 ^a	90,00 ^a
Larva	13,88 ^{ab}	21,66 ^{ab}	31,80 ^b	58,89 ^c
Pupa	13,05 ^{ab}	28,89 ^a	55,00 ^a	77,49 ^b
Imago	27,76 ^a	35,84 ^a	48,98 ^a	62,54 ^c

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

Mortalitas tertinggi terjadi pada konsentrasi 640 ppm yaitu sebesar 90%(telur), 58,89% (larva), 77,49% (pupa) dan 62,54% (imago). Mortalits terendah terjadi pada konsentrasi 80 ppm yaitu 24,02% (telur), 13,88% (larva), 13,05% (pupa) dan 27,76% (imago). Dari tabel bisa dilihat bahwa perlakuan dengan konsentrasi 80 ppm pada fase telur, larva, pupa dan imago menunjukkan notasi yang sama sehingga bisa diartikan tidak berbeda nyata perlakuan yang diberikan pada semua fase. Hal sama juga terjadi pada konsentrasi 160 ppm, menunjukkan notasi yang sama. Pada konsentrasi 320 ppm menunjukkan ada

perbedaan notasi pada fase larva, sehingga bisa diartikan pada konsentrasi 320 ppm tidak berbeda nyata antara telur, pupa dan imago tetapi berbeda nyata dengan fase larva. Sedangkan pada konsentrasi 640 ppm menunjukkan antara fase larva dan imago tidak berbeda nyata, namun fase telur berbeda nyata dibandingkan fase larva, pupa dan imago. Fase pupa juga menunjukkan berbeda nyata dengan fase telur, larva dan pupa.

Fase yang paling rentan adalah fase telur dan pupa. Fase telur dan pupa merupakan tahap perkembangan (didalam telur terdapat proses pembelahan sel, pembentukan embrio sehingga membutuhkan energi yang lebih banyak. Pada fase pupa, dalam keadaan inaktif (tidak makan). Pupa dilindungi oleh rangka luar yang keras yang disebut kokon. Didalam kokon tersebut tubuh pupa aktif melakukan metabolisme pembentukan organ-organ dan mempersiapkan menjadi imago) sehingga sangat rentan terhadap senyawa toksik dari EDSW. Sedangkan pada fase larva dan imago merupakan tahap pertumbuhan (pada larva terjadi penambahan ukuran kepala dan berat). Pada saat fase telur terjadi perkembangan embrio menjadi larva. Sedangkan pada fase pupa terjadi perkembangan morfologi menjadi imago. Hal ini sesuai dengan perlakuan minyak wijen mampu menghambat penetasan telur *C. maculatus* karena minyak wijen dapat masuk kedalam telur melalui mikrofil dan menyebabkan koagulasi protoplasma dalam embrio sehingga dapat menyebabkan kematian embrio (Rejeki, 1996). Oleh sebab itu adanya senyawa toksik dari EDSW mengakibatkan kegagalan proses perkembangan sehingga terjadi kematian.

Perbedaan fase hidup serangga dan senyawa yang terkandung dalam ekstrak menyebabkan perbedaan respon terhadap serangga uji. Pada penelitian yang dilakukan Litbang (2008) menjelaskan bahwa *C. maculatus* sangat aktif pada fase larva dan imago, karena pada larva yang baru menetas langsung menggerek masuk kedalam biji dengan memakan kotiledon (Yotania, 1994), sedangkan pada fase imago menghisap cairan dan sedikit makan. Ketika masih berupa larva, larva sangat aktif makan, dikarenakan sebagian makanan akan disimpan untuk fase pupa. Hal tersebut membuat larva dan imago lebih tahan dari pada fase telur dan pupa. Proses peracunan fumigan dalam tubuh serangga dapat dipengaruhi oleh metabolisme dan toksisitas intrinsik fumigan tersebut. Ketahanan serangga

dewasa terhadap fumigan relatif konstan selama beberapa saat, kemudian ketahanannya menurun secara bertahap dengan bertambahnya umur (Prasetiani, 2016).

Hasil analisis probit pengujian aktivitas fumigan ekstrak sereh wangi pada setiap fase perkembangan *C. maculatus* dilakukan analisis probit LC₅₀ menggunakan Program Analysis Probit (Tabel 4). *Median Lethal Concentration* LC₅₀ adalah nilai konsentrasi yang dibutuhkan untuk mematikan serangga uji sebesar 50% dari populasi.

Tabel 4. Nilai LC₅₀ pada setiap fase perkembangan *C. maculatus* setelah pemaparan 48 jam.

Tahap Perkembangan	Persamaan garis Regresi	SE	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₀ (ppm)	Batas Acuan LC ₅₀ (ppm)	
					Bawah	Atas
Telur	$y=0,3911+1,9894x$	0,238	207,300	913,659	9,601	1268,72
Larva	$y=0,7436+1,6640x$	0,234	361,194	2127,602	231,353	847,570
Pupa	$y=-1,796+2,0542x$	0,241	272,156	1144,687	236,444	316,325
Imago	$y=2,4586+1,001x$	0,204	344,480	6556,591	273,214	468,129

Keterangan: LC adalah *Lethal Concentration*, SE adalah *Standar Error*

Berdasarkan hasil analisis probit diperoleh persamaan regresi pada setiap fase *C. maculatus*. Persamaan regresi digunakan untuk mencari konsentrasi yang semakin efektif. Nilai variable konsentrasi (x) yang bernilai positif pada semua regresi menunjukkan bahwa tingkat kematian berbanding lurus dengan konsentrasi yang diberikan.

Pada fase telur, nilai LC₅₀ adalah 207,300 ppm, artinya untuk menyebabkan kematian telur sebesar 50% dibutuhkan konsentrasi sebesar 207,300 ppm. Setiawati *et al.*, (2011) dan Naidoo (2007) menjelaskan bahwa minyak atsiri yang terkandung dalam ekstrak sereh wangi khususnya senyawa sitronellal, geraniol, sitronella, limonene dan asetat geranyl bersifat toksik (racun) yang dapat menyebabkan sebagian telur tidak menetas menjadi larva.

Pada fase larva, nilai LC₅₀ sebesar 361,194 ppm, artinya pada konsentrasi 361,194 ppm mampu membunuh larva sebesar 50%. Sedangkan pada fase pupa, dibutuhkan konsentrasi 272,156 ppm untuk mematikan pupa 50% dari populasi serangga uji. Nilai LC₅₀ pada fase imago sebesar 344,480 ppm, artinya potensi

ekstrak sereh wangi yang mampu membunuh 50% dewasa *C. maculatus* terjadi pada konsentrasi 344,480 ppm. Naidoo (2007) mengemukakan bahwa kandungan sitronellal, geraniol, sitronellol, dan myrene dalam sereh wangi bersifat sebagai pupicidal, adulticidal, larvasida, dan repellent terhadap nyamuk *A. arabiensis*.

Hasil analisis probit menunjukkan bahwa EDSW memiliki daya racun berbeda-beda pada fase telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus*. Fumigan bersifat mudah menguap, oleh karena itu biasanya digunakan ditempat tertutup untuk mengendalikan hama gudang. Selain itu EDSW memiliki aroma yang menyengat dan baunya mudah menyebar, diduga fumigan ini merusak pernafasan serangga, hal ini sesuai pernyataan (Nattudurai *et al*, 2015) ekstrak tanaman yang mudah menguap dan memiliki aroma yang kuat dapat masuk melalui spirakel, selanjutnya trakea, dan diedarkan pada seluruh tubuh serangga merusak sistem pernafasan serangga yang mengakibatkan kematian. Sungkar *et al.*, (2008) menyatakan bahwa senyawa daun sereh wangi 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.

Minyak sereh wangi juga mengandung sitronelol dan geraniol yang tinggi (Muryati *et al.* 2012). Senyawa ini merupakan senyawa monoterpen yang merupakan alternatif fumigan yang menjanjikan dan menyebabkan efek pada parameter biologis seperti tingkat pertumbuhan, rentang hidup, dan reproduksi serangga (Sivakumar *et al.* 2010). Senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri sereh wangi diketahui berperan sebagai racun fumigan yang akan menguap dan menembus secara langsung ke integumen serangga sehingga dapat melemahkan dan mengganggu sistem saraf dengan menghambat aktivitas enzim asetilkolin esterase (Iffah *et al*, 2008). Mekanisme kerja sitronela menghambat enzim asetilkolin esterase dengan melakukan fosforilasi asam amino serin pada pusat aseterik enzim yang bersangkutan. Gejala keracunan karena penimbunan asetilkolin meyebabkan terjadinya gangguan sistem syaraf pusat, kelumpuhan pernapasan serta kematian (Ningtyas, 2008).

Berdasarkan kepekaan terhadap aplikasi EDSW, dapat diuraikan dari yang peka (dengan konsentrasi kecil dapat menyebabkan kematian pada setiap fase)

yaitu telur, pupa, imago dan larva. Senyawa sitronellal dengan persentase kandungan tertinggi dimungkinkan memiliki sifat fumigan dan daya racun yang tinggi terhadap setiap fase *C. maculatus*. Setiawati *et al.*, (2011) mengemukakan bahwa kandungan senyawa utama dari ekstrak sereh wangi seperti sitronellal, geraniol, sitronellol, dan linalol memiliki daya racun yang tinggi terhadap serangga hama. Kandungan senyawa paling besar dalam ekstrak sereh wangi yaitu senyawa sitronellal (29,23%) dan geraniol (29,20%) yang bersifat racun kontak yang dapat mengakibatkan kematian pada serangga hama karena kehilangan cairan terus-menerus dan bersifat racun dehidrasi (*dessiscant*). Serangga mengalami kekurangan cairan dengan nilai LC_{50} terhadap *H. armigera* sebesar 12.795,45 ppm atau 1,28% (Hasyim *et al.*, 2010; Shababuddin and Anshary, 2010; Doumbia *et al.*, 2014). Menurut Alves *et al.*, (2015) mengemukakan bahwa minyak atsiri dari *C. nardus* pada konsentrasi $0,4 \mu\text{l}/\text{cm}^3$ dapat menyebabkan kematian sebesar 71,7%; menyebabkan penghambatan oviposisi sebesar 99,1% dan menghambat munculnya imago sebesar 100%. Menurut Situmorang (2015) minyak atsiri sereh wangi dengan dosis sebesar 0,18 ml/L dapat menyebabkan mortalitas *C. maculatus* sebesar 93%.

B. Uji Aktivitas Atraktan dan Repelen Ekstrak Daun Sereh Wangi

Penelitian repelensi dilakukan sebagai cara untuk mencegah kehadiran serangga hama agar tidak merusak hasil simpanan. Hasil pengujian aktivitas atraktan dan repelen EDSW terhadap *C. maculatus* dengan empat (4) tingkat konsentrasi menunjukkan rerata nilai IR yang berbeda-beda dengan kriteria yang berbeda pula. Berdasarkan pada Tabel 5, respon serangga dari uji repelensi Pascual-Villabods dan Robledo (1998) didapatkan nilai IR positif. Hal tersebut mengindikasikan bahwa EDSW yang diuji pada serangga *C. maculatus* bersifat repelen.

Perbedaan hasil IR disebabkan oleh perbedaan tingkat konsentrasi. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi juga nilai IR. Hasil analisis statistik nonparametrik *Kruskal Wallis* menghasilkan nilai *P-value* lebih kecil dari α 0,05. Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi EDSW berpengaruh nyata terhadap respon *C. maculatus* yang menolak (repelen).

Tabel 5. Nilai Indeks Repellent (IR) pengujian aktivitas Atraktan dan Repelensi ekstrak daun sereh wangi terhadap imago *C. maculatus*

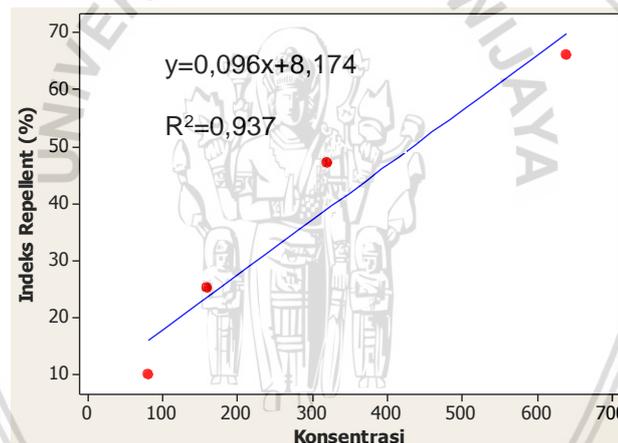
Konsentrasi (ppm)	Rerata nilai IR (%)	Kelas IR
80	10	I(Agak Lemah)
160	25	II (Sedang)
320	47	III (Agak Kuat)
640	66	IV (Kuat)

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

Pada Tabel 5 menunjukkan rata-rata persentase repelensi EDSW terhadap imago *C. maculatus*, dengan perlakuan konsentrasi 80 ppm EDSW rata-rata nilai IR sebesar 10% dikategorikan kelas I, perlakuan konsentrasi 160 ppm EDSW rata-rata nilai IR sebesar 25% dikategorikan kelas II, perlakuan konsentrasi 320 ppm EDSW rata-rata nilai IR 47% dikategorikan kelas III, dan perlakuan 640 ppm EDSW rata-rata nilai IR sebesar 66% dikategorikan kelas IV. Kelas repelensi menunjukkan tingkat daya repelensi EDSW terhadap imago *C. maculatus* yang dikategorikan pada tingkatan kelas.

Pada konsentrasi 80 ppm didapatkan nilai IR dan kriteria kelas terendah. Sedangkan nilai IR dan kriteria tertinggi terdapat pada konsentrasi 640 ppm yang termasuk dalam tingkat repelensi kuat. Sehingga dapat diartikan semakin tinggi konsentrasi maka semakin banyak jumlah kandungan senyawa yang bersifat repelen. Shahabuddin dan Ashary (2010) menyatakan bahwa setiap kenaikan level dosis ekstrak sereh wangi maka kandungan senyawa yang bersifat sebagai repelen maupun toksik dalam sereh wangi semakin besar. Respon *C. maculatus* yang menolak disebabkan oleh adanya bau yang tidak disukai oleh serangga tersebut. Bau tersebut merupakan senyawa EDSW menguap. Kandungan EDSW mengandung senyawa sitronellal dan sitronellol 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. Sittichok *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa ekstrak sereh wangi juga bersifat repelen terhadap nyamuk *A. aegypti* dan *Anopheles dirus*. Kandungan senyawa sitronellal dan geraniol yang tinggi bersifat sebagai repelen yang baik dan efektif terhadap nyamuk *Anopheles*

arabiensis dimana pada konsentrasi 15% memiliki nilai repelensi adalah 100% dengan kelas repelensi V (sangat kuat), dan kandungan senyawa lain juga bersifat repelen adalah sitronellol, limonene, dan myrene (Naidoo, 2007). Hasil penelitian Licciardello *et al.*, (2013) pada konsentrasi lebih dari 0,005 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ bersifat repelen terhadap hama gudang *T.castaneum* dengan persentase repelensi sebesar 53%. Selain itu menurut Manzoor *et al.*, (2011) juga bersifat repelen terhadap hama gudang *Oryzaephilus surinamensis* dan efektif repelen untuk mengendalikan kecoa (Mikonnen *et al.*, 2015). Menurut Manurung (2013) menunjukkan pengaruh daya tolak ekstrak sereh wangi sebesar minimal 3% terhadap gigitan nyamuk *Culek sp.* Pada penelitian Indrawati (2016) tingkat repelensi pada konsentrasi 500 ppm mempunyai kelas repelensi IV (kategori kuat), sedangkan pada tingkat 700 ppm mempunyai tingkat repelensi sangat kuat (V).



Gambar 9. Hubungan antara konsentrasi dengan *Indeks Repellent (IR)*

Gambar 9 menunjukkan semakin tinggi tingkat konsentrasi maka semakin besar nilai IR. Berdasarkan nilai koefisien determinasi R^2 0,937 yang mendekati 1, dapat diartikan bahwa konsentrasi dan IR memiliki hubungan yang erat. Nilai tersebut menunjukkan bahwa IR dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi EDSW dan keduanya saling mempengaruhi sebesar 93,70%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ekstrak daun sereh wangi memiliki aktivitas fumigan terhadap telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus*. Nilai LC_{50} yang dapat digunakan pada semua stadia baik telur, larva, pupa dan imago adalah 361,194 ppm. Ekstrak daun sereh wangi bersifat repelen terhadap *C. maculatus* dengan nilai *indeks repellent* tertinggi dengan konsentrasi 640 ppm (nilai IR 66 %) dan termasuk dalam kelas repelensi IV yang berarti memiliki tingkat repelensi kuat.

Saran

Dalam uji aktivitas atraktan dan repelen perlu diuji lanjut untuk mengetahui waktu yang diperlukan ekstrak daun sereh wangi mampu menolak kehadiran serangga. Dalam uji aktivitas fumigan perlu diuji lanjut untuk mengetahui apakah ekstrak daun sereh wangi mempengaruhi kualitas produk seperti warna, rasa, nilai gizi, bau, juga diperlukan evaluasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1987. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18:265-267.
- Alves, M. S., Santos, D. P., Silva, L. C. P., Pontes, E. G., Souza, M. A. A. 2015. Essential Oils Composition and Toxicity Tested by Fumigation Against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) Pest of Stored Cowpea. *J. Rev. Virtual Quim.*, 7 (6), 2387-2399.
- Anonim. 2011. Bab II Kajian Tentang Air. Diunduh dari http://www.pps.unud.ac.id/thesis/pdf_thesis/unud-330-401738002-bab%20ii.pdf. pada 30 Agustus 2015.
- Anonim. 2013. Diunduh dari http://ujianoke.blogspot.co.id/2013/01/hama-benih-dan-pascapanen-1_6772.html. pada 11 September 2015.
- Anonim, 2014. Serai Sebagai Obat Tradisional. Diunduh dari <http://kumpulan.info/sehat/artikel-kesehatan/521-serai-obat-tradisional.html>. 30 Agustus 2015.
- Anonim, 2015. Diunduh dari <http://abank-udha123.tripod.com/coleoptera.html>. pada 11 September 2015.
- BPS Provinsi Jawa Timur. 2015. Berita Resmi Statistika No 22/03/35/Th. XIII. Jawa Timur.
- Beck, C.W. and Blumer, L.S. Handbook on Bean Beetles, *Callosobruchus maculatus*. National Science Foundation. Diunduh dari www.beanbeetles.org. 20 Oktober 2016.
- Borrer, D.J. et al. 1996. Pengenalan Pelajaran Serangga. Diterjemahkan oleh Partosoedjono. Edisi ke-enam. Yogyakarta. Penerbit Gadjah Mada University Press. hlm. 2-4, 240, 264, 287.
- Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan. 2012. Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) dalam Pengendalian vector. Jakarta : Kementrian Kesehatan RI.
- Dewi, I.K dan Lestari T. 2005. Metode Destilasi Air Minyak Atsiri pada Herba Serai Wangi (*Andropogon Nardus* Linn.) *J. Farmasi dan Kesehatan* 1(1), 23-32.
- Doumbia, M., Y. Kouassi, K.L. Konan, C. Kanko, K.D. Koadio, K.K. Eric, D.B. Gondo, and D. Mamadou. 2014. Toxicity of *Cymbopogon nardus* (Glumales: Poaceae) Against Four Stored Food Products Insect Pest. *J. International of Farming and Allied Sciences*. 3(8). 903-909.
- Fatima, Shah, M., Usman, A., Sohail, K., Afzaal, M., Shah, B., Adnan, M., Ahmed, N., Junaid K., Shah, S. R. A., Rahman, I. U. 2016. Rearing and Identification of *Callosobruchus maculatus* (Bruchidae: Coleoptera) in Chickpea. *J. Entomology and Zoology Studies* 4(2): 264-266.

- Gyorgy, Z. dan Merkl, O. 2005. Seed Beetles Preserved in the Savaria Museum, Hungary, with a National Checklist of the family (Coleoptera: Bruchidae) . J. Praenorica Folia Historico-Naturalia 8: 65–78.
- Ginting, S. 2004. Pengaruh Lama Penyulingan Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Atsiri Daun Sereh Wangi. Sikripsi. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara
- Grainge, M. and S. Ahmed. 1988. Handbook of Plants with Pest- Properties. A Wiley-Interscience Publication John wiley & Sons, New York. 470pp. J. AgriSains 3 (4).
- Guenther, E. 1987. Minyak atsiri. Penerbit UI. Jakarta.
- Harahap I. S., 1993. Penuntun Praktikum Ilmu Hama Gudang (Kunci Identifikasi Hama Gudang). Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harborne, J. B. 1987. Metode Fitokimia. ITB. Bandung.
- Hardi, T., dan R. Kurniawan, 2007. Pengendalian Rayap Tanah pada Tanaman Kayu Putih dengan Ekstrak Sereh Wangi. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan.
- Herminanto, Nurtiati, dan DM. Kristianti. 2010. Potensi Daun Serai untuk Mengendalikan Hama *Callosobruchus analis* F. pada Kedelai dalam Simpanan. Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman. J. Agrovigor 3 (1):19-27.
- Hasyim, A., Setiawati W., Mutiningsih, and E. Sofiari. 2010. Efikasi dan Persistensi Minyak Serai Wangi sebagai Biopestisida terhadap *Helicoverpa armigera* Hubn. (Lepidoptera:Noctuidae). J. Horticultura. 20(4):377-386.
- 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.
- Hidayat, Y. 2013. Sumber Pestisida Nabati dan Tanaman Obat-obatan. Diunduh dari <http://cybex.pertanian.go.id/materipenyuluhan/detail/7270>. pada 9 Oktober 2016.
- Indrawati, I. 2016. Bioaktivitas Ekstrak Sereh Wangi *Cymbopogon nardus* terhadap Kumbang Tembakau *Lasioderma serricorne* Fabricius (Coleoptera : Bruchidae)
- Irfan. M, 2005. Pengaruh Ekstrak Sereh Wangi (*Andropogon nardus* L.) terhadap Mortalitas Larva *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera : Noctuidae). Skripsi. Universitas Tadulako. Palu.
- Invasive Species Compendium, 2014. Datasheet *Callosobruchus maculatus* (cowpea weevil). Diunduh dari www.cabi.org/isc/datasheet. pada 25 Oktober 2016.

- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pests of Crops in Indonesia. Van der Laan PA, penerjemah. Jakarta: Ichtar Baru-Van Hoeve. (Terjemahan dari: De Plagen van de Cultuurgewassen in Indonesia).
- Kasno, A. 2007. Kacang Hijau, Alternatif yang Menguntungkan di Tanam di Lahan Kering. Sinar Tani, Edisi 23 – 29 Mei 2007. Balitkabi. Malang.
- Khairani, L. 2008. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) pada beberapa Komposisi Lumpur Kering Limbah Domestik sebagai Media Tanam. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ketaren S. 1985. Pengantar Teknologi Minyak Atsiri. PN Balai Pustaka. Jakarta.
- Ketaren, S dan B. Djatmiko, 1978. Minyak Atsiri Bersumber dari Bunga dan Buah, Departemen Teknologi Hasil Pertanian, Fatemeta IPB, Bogor.
- Kim, S.L., Lee, D.W. 2014. Toxicity of Basil And Orange Essential Oils and Their Components Against Two Coleoptera Stored Product Insect Pests. Journal Asia Pasific Entomol. 17: 13-17
- Licciardello, F., Muratore, G., Suma, P., Russo, A., & Nerín, C. 2013. Effectiveness of a novel insect-repellent food packaging incorporating essential oils against the red flour beetle (*Tribolium castaneum*). J. Innov. Food Sci. Em. Tech., 19:173–180.
- Litbang 2016. Hama Gudang Kacang Hijau: *Callosobruchus maculatus*. Diunduh dari <http://www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/2603/>. Pada 20 September 2016.
- Manzoor, F., Nasim, G., Saif, S., & Asma Malik, S. 2011. Effect of ethanolic plant extracts on three storage grain pests of economic importance. Pakistan. J. Bot., 43(6): 2941–2946.
- Manurung, R., Chahaya, I., dan Dharma S. 2013. Pengaruh Daya Tolak Perasan Serai Wangi (*Cymbopogon Nardus*) terhadap Gigitan Nyamuk *Aedes Aegypti*.
- Mial, S. 1994. A new dictionary of Chemisrty. Longmans Green. London.
- Mueller, D. K. 1990. Fumigation, in handbook of pest control. J. Ohio, USA.
- Muhhammad H. dan Muhammad. 2002. Budidaya Tanaman Serei Wangi. Circular. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor.
- Muryati, Trisyono YA, Witjaksono, Wahyono. 2012. Effects of Citronella Grass Extract On The Oviposition Behavior Of Carambola Fruit Fly (*Bactrocera carambolae*) in Mango. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. 7(9):672-679
- Naidoo, N. 2007. The Essential Oil From *Cymbopogon Validus*. South Africa: Departemen of Biotechnology at The Durban University of Technology.

- Nattudurai, G., Irudayaraj, S. S., Paulraj, M. G., Baskar, K., and Ignacimuthu, S. 2015. Insecticidal and Repellent Activities of *Toddalia asiatica* (L.) Lam. against Three Major Stored Product Pests. *J. Entomol Ornithol Herpetol* 4:148.
- Ningtyas, D. R. (2008). Uji Toksisitas Akut Ekstrak Daun dan Batang Sereh Wangi sebagai Pestisida Botani Pembasmi Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. [Skripsi]. IKIP PGRI. Semarang.
- Pascual-villalobos, M.J. and A. Robledo 1998. Screening for Antiinsect Activity in Mediterranean plants. *J. Industrial crops and Products*. 8:183-194.
- Prasetiani, R.D. 2016. Efek Fumigan Minyak Atsiri Pala, Kapulaga, dan Cengkih terhadap Mortalitas *Oryzaephilus mercator* Fauvel (Coleoptera: Silvanidae). IPB. Bogor.
- Prijono, Djoko. 1999. Bahan Pelatihan Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami. IPB-Press. Bogor.
- Purwono, Rudi H., 2005. Kacang Hijau : Teknik Budidaya di Berbagai Kondisi Lahan dan Musim. Penebar Swadaya. Bogor.
- Rafiqha, U., Hartati, S., Wibowo P. D., Setiady W., Akbar, R. 2014 Laporan Praktikum Preferensi *Callosobruchus* sp. terhadap beberapa Jenis Kacang-kacangan. Institut Pertanian Bogor.
- Rejeki, Y. S. 1996. Aktivitas Sinergistik Ekstrak biji Srikaya dan Minyak Wijen terhadap *Callosobruchus maculatus*. Skripsi IPB. Bogor
- Rizal, M., Kardinan, A., MArdiningsih, T. L., Darwis, M., Sugandi, E., dan Sukmana, C. 2010. Pemanfaatan 6 Jenis Pestisida Nabati untuk Menurunkan Serangga Simplisia dan *Sitophylus oryzae* (50%). Balai Penelitian Obat dan Aromatik. Bogor.
- Rizal., Molide. 2009. Pemanfaatan Tanaman Atsiri Sebagai Pestisida Nabati. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Bogor
- Setiawati, W., R. Murtiningsih, and A. Hasyim. 2011. Laboratory and Field Evaluation of Essential Oils from *Cymbopogon nardus* AS Oviposition Deterrent and Ovicidal Activities Against *Helicoverpa armigera* Hubner on Chili Pepper. *J. Agricultural Science*. 12(1):9-16.
- Situmorang, M., C., 2015. Efek Fumigan Minyak Atsiri Kulit Buah Lemon (*Citrus limonum*), Daun Mint (*Mentha piperita*), dan Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) terhadap *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Skripsi. IPB. Bogor
- Sittichok, S., W. Phaysaa, and M. Soonwere, 2013. Repellency Activity of Essential oil on Thai Local plants against American Cockroach (*Preplaneta Americana* L.; Blattidae : Blattodea). *J. Agricultural Technology*. 9(6):1613-1620.

- Sivakumar C, Chandrasekaran S, Vijayaraghavan C, Selvaraj S. 2010. Fumigant toxicity of essential oils against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Biopesticides*. 3(1):317-319
- Sodiq, 2009. *Ketahanan Tanaman Terhadap Hama*. UPN Veteran. Jawa Timur.
- Southgate, 1978. *Biology of Bruchidae*. *J. Entomology*. No. 24.
- Sudarmo, S. 2005. *Pestisida Nabati*. Penerbit Kanisius Jakarta
- Sungkar, S., Djakaria, S., Hoedojo, R., dan Zulhasril, 2008. *Parasitologi Kedokteran edisi keempat*. Jakarta: Balai Penerbitan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. P: 250-286.
- Sunantara, I. M. M., 2000. *Teknik Produksi Benih Kacang Hijau*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Teknologi Produksi Benih Kacang Hijau). Denpasar. Bali.
- Suprpto H. S. dan Tateng Sutarman. 1982. *Bertanam Kacang Hijau*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Surahadikusumah, E. 1989. *Kimia Tumbuhan*. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sylvia, S., Melia dan Annie. 1994. *Penggunaan Beberapa Bahan Alami Bioaktif Tanaman terhadap *Acanthoscelides obtectus* Say.pada tanaman Kacang Merah dan *Callosobruchus maculatus* Fab. pada Benih Kacang Hijau*. Skripsi. PNUP. Makassar.
- Taleker, N.S., *Biology, Damage and Control of Bruchid Pests of Mungbean*. The Asian Vegetable Research and Development Center. Taipei 10099. 329-341.
- Walker, K. (2006) *Graham Bean Weevil (*Callosobruchus analis*)* Updated on 5/26/2011 4:24:35 PM. Diunduh dari PaDIL - <http://www.padil.gov.au>. Pada 20 November 2015.
- Wardani, 2009. *Uji Aktivitas Minyak Atsiri Daun dan Batang Serai (*Andropogon nardus* L) sebagai Obat Nyamuk Elektrik terhadap Nyamuk *Aedes Aegypti**. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Weeks, E. N. I., Logan, J. G., Gezan, S. A., Woodcock, C. M., Birkett, M. A., Pickett, J. A., and Cameron, M. M. 2011. *Tracking bed bugs (*Cimex lectularius*): a study of the effect of physiological and extrinsic factors on the response to bed bug-derived volatiles*. *J. Entomol. Res.* 101, 1-8.
- Yotania, 1994. *Beberapa Aspek Biologi *Callosobruchus maculatus* Fabricus (COleoptera :Bruchidae) pada tiga Varietas Kedelai*. Skripsi IPB. Bogor



Tabel Lampiran 1. Analisis ragam mortalitas telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus* dengan konsentrasi 80 ppm

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	647,008	3	215,669	3,713*	3,49
Galat	697,001	12	58,083		
Total	1344,009	15			

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

Tabel Lampiran 2. Analisis ragam mortalitas telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus* dengan konsentrasi 160 ppm

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	674,938	3	224,979	4,162*	3,49
Galat	648,624	12	54,052		
Total	1323,563	15			

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

Tabel Lampiran 3. Analisis ragam mortalitas telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus* dengan konsentrasi 320 ppm

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	1382,218	3	460,739	11,737**	3,49
Galat	471,064	12	39,255		
Total	1853,282	15			

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

Tabel Lampiran 4. Analisis ragam mortalitas telur, larva, pupa dan imago *C. maculatus* dengan konsentrasi 640 ppm

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel (5%)
Perlakuan	2644,126	3	881,375	16,993**	3,49
Galat	622,419	12	51,868		
Total	3266,545	15			

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

Tabel Lampiran 5. Persentase kematian serangga terkoreksi pada telur

Konsentrasi (ppm)	U3		
	Data Awal (%)	Data Terkoreksi	ΣSerangga Mati
0	10	0	0
80	20	11,11	3
160	40	33,33	7
320	60	55,56	12
640	100	100	20

Tabel lampiran 6. Persentase kematian serangga terkoreksi pada larva

Konsentrasi (ppm)	U2			U4		
	Data awal (%)	Data Terkoreksi (%)	Σ serangga mati	Data awal (%)	Data Terkoreksi (%)	Σ serangga mati
0	10	0	0	10	0	0
80	20	11,11	3	20	11,11	3
160	40	33,33	7	30	22,22	5
320	55	50	10	55	50	10
640	80	77,78	16	75	72,22	15

Tabel lampiran 7. Persentase kematian serangga terkoreksi pada pupa

Konsentrasi (ppm)	U2		
	Data Awal (%)	Data Terkoreksi	Σ Serangga Mati
0	10	0	0
80	15	5,56	3
160	20	16,67	7
320	30	22,22	12
640	60	55,56	20

Tabel lampiran 8. Persentase kematian serangga terkoreksi pada imago

Konsentrasi (ppm)	U1			U2		
	Data awal (%)	Data Terkoreksi (%)	Σ serangga mati	Data awal (%)	Data Terkoreksi (%)	Σ serangga mati
0	15	0	0	10	0	0
80	40	29,41	6	20	16,67	4
160	50	41,17	9	30	22,22	5
320	55	47,06	10	45	38,89	8
640	60	52,94	11	75	72,22	15

Tabel Lampiran 9. Analisis nonparametik *Kruskal Wallis*

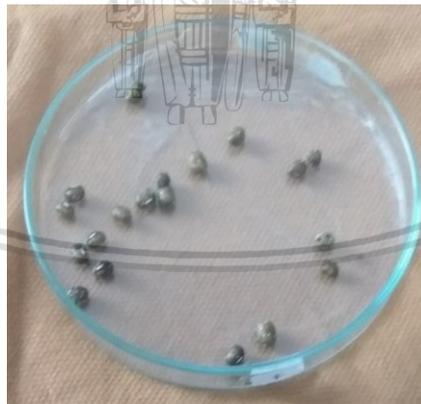
	Indeks Repelent (IR)
Chi-Square (X^2)	14,138
Db	3
P-value	.003
α	.005



Gambar Lampiran 1. *Orbital Shaker*



Gambar Lampiran 2. Pengamatan Mortalitas Telur *C. maculatus*



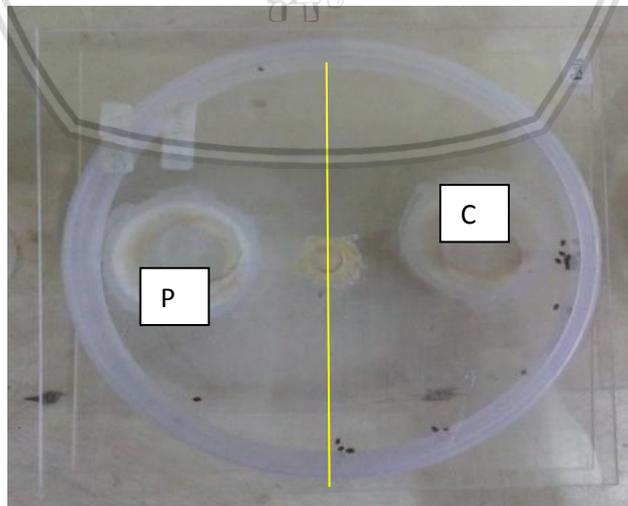
Gambar Lampiran 3. Pengamatan Mortalitas Larva *C. maculatus*



Gambar Lampiran 4. Pengamatan Mortalitas Pupa *C. maculatus*



Gambar Lampiran 5. Pengamatan Mortalitas Imago *C. maculatus*



Gambar Lampiran 6. Proses Pengujian repelensi terhadap *C. maculatus* dengan metode *Petridish Olfaktometer*

Perhitungan ppm ekstrak serih wangi dengan botol 250 ml

$$\begin{aligned} 1. \quad & 80 \text{ ppm/l} = 80 \text{ ppm}/1000 \text{ ml} \\ & 250 \text{ ml} = 80 \text{ ppm} : 4 \\ & = 20 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi EDSW yang diambil dengan mikropipet sebanyak 20 ppm untuk 250 ml (volume botol)

$$\begin{aligned} 2. \quad & 160 \text{ ppm/l} = 160 \text{ ppm}/1000 \text{ ml} \\ & 250 \text{ ml} = 160 \text{ ppm} : 4 \\ & = 40 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi EDSW yang diambil dengan mikropipet sebanyak 40 ppm untuk 250 ml (volume botol)

$$\begin{aligned} 3. \quad & 320 \text{ ppm/l} = 320 \text{ ppm}/1000 \text{ ml} \\ & 250 \text{ ml} = 320 \text{ ppm} : 4 \\ & = 80 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi EDSW yang diambil dengan mikropipet sebanyak 80 ppm untuk 250 ml (volume botol)

$$\begin{aligned} 4. \quad & 640 \text{ ppm/l} = 640 \text{ ppm}/1000 \text{ ml} \\ & 250 \text{ ml} = 640 \text{ ppm} : 4 \\ & = 160 \text{ ppm} \end{aligned}$$

Jadi konsentrasi EDSW yang diambil dengan mikropipet sebanyak 160 ppm untuk 250 ml (volume botol)