



**ANALISIS POTENSI BIOINSEKTISIDA UNTUK
PENGENDALIAN HAMA *Alphitobius diaperinus***

Skripsi

disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Biologi

oleh

Shinta Hedy Cahyaningrum

4411416037

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “**Analisis Potensi Bioinsektisida untuk Pengendalian Hama *Alphitobius diaperinus***” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini bebas dari plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan perundang-undangan.

Semarang, 11 September 2020



Shinta Hedy Cahyaningrum

4411416037

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

Analisis Potensi Bioinsektisida untuk Pengendalian Hama *Alphitobius diaperinus*

disusun oleh

Shinta Hedy Cahyaningrum

4411416037

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal September 2020



Dr. Sugianto, M.Si.
NIP.196102191993031001

Panitia Ujian

Sekretaris

Dr. dr. Nugrahaningsih WH M.Kes
NIP. 196907091998032001

Penguji Utama

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Priyantini Widiyaningrum, M.S.
NIP. 196004191986102001

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P.
NIP. 196304071990032001

Anggota Penguji / Pembimbing

Dr. Niken Subekti, M.Si.
NIP. 197302141999032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“Pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* dengan bioinsektisida alami dapat menjadi alternatif pengganti yang aman dan ramah lingkungan.”

Persembahan

Karya ini dipersembahkan untuk semua orang yang kusayangi...

Terima kasih atas segala bantuan dan motivasi yang telah diberikan. Semoga karya ini dapat bermanfaat untuk semua orang.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Potensi Bioinsektisida untuk Pengendalian Hama *Alphitobius diaperinus*” sebagai syarat menyelesaikan Program Sarjana (S1) pada Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis selesai berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk menyelesaikan studi S1 Jurusan Biologi FMIPA Unnes.
2. Dekan Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan izin penelitian.
3. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kemudahan administrasi selama perkuliahan.
4. Sekretaris Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kemudahan kepada penulis untuk menyusun skripsi.
5. Dr. Niken Subekti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing, terima kasih karena sudah menjadi orang tua kedua penulis di kampus, yang selalu memberi dukungan, nasihat, dan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Prof. Dr. Ir. Priyantini Widiyaningrum, M.S. selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Prof. Dr. Ir. Dyah Rini Indriyanti, M.P. selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Biologi yang telah memberikan ilmu dan mendidik saya selama menjadi mahasiswa.
9. Seluruh Staff Dosen dan Pegawai Laboratorium Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

yang telah banyak memberikan pengetahuan pada penulis selama menimba ilmu di Jurusan Biologi.

10. Bapak Edi Susilo dan Ibu Rismiyati tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis baik materi maupun moril. Apa yang penulis dapat hari ini, belum mampu membayar semua kebaikan yang telah diterima. Kelak semoga penulis dapat membahagiakan kalian.
11. Adik Muhammad Ibnu Rafi yang penulis sayangi, yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis. Tidak ada waktu yang paling berharga selain denganmu. Meskipun saat kita dekat sering bertengkar, tetapi saat jauh sering rindu. Kelak penulis akan membahagiakanmu.
12. Sahabat Menuju *Bridesmaid* (Siti Afifah Fitriana, Farida Kholifatut Thoharoh, Khoirunnisa Alfidani, Rini Anjarwati dan Fitroh Andriani) yang penulis cintai, yang selalu memberikan semangat, dukungan, menemani dan menghibur penulis dikala susah maupun senang.
13. Sahabat Saniaturrohmah yang penulis cintai, yang selalu memberikan dukungan, semangat, bantuan dan solusi bagi penulis selama ini.
14. Sahabat Ibtatul Suasti Mujabah, Nur Wijawati, Risti Citra dan Oktavia Cahyaningtyas yang penulis sayangi, yang telah memberikan semangat, dukungan pada penulis selama ini.
15. Teman-teman Rombel 2 Biologi 2016 yang telah memberi semangat, dukungan dan berjuang bersama saat menyelesaikan skripsi.
16. Teman-teman KKN Lokasi Gemiring Lor Jepara yang penulis cintai, yang selalu memberikan semangat dan dukungan yang sangat berarti.
17. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Biologi (Himabio) angkatan 2017 dan 2018 yang telah memberikan semangat dan dukungan pada penulis.
18. Kakak tingkat serta adik tingkat jurusan Biologi yang senantiasa mendukung dan memberi semangat pada penulis.
19. Teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, yang telah memberi banyak doa, dukungan, bantuan dan semangat pada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Rasa hormat dan terima kasih bagi semua pihak atas segala dukungan dan doanya, semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan kita dan diberikan balasan. Aamiin. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Semarang, 11 September 2020

Penulis

ABSTRAK

Cahyaningrum, Shinta Hedy. 2020. Analisis Potensi Bioinsektisida untuk Pengendalian Hama *Alphitobius diaperinus*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Dr. Niken Subekti, S.Si., M.Si.

Kumbang hitam (*Alphitobius diaperinus*) adalah serangga hama yang sering ditemukan di peternakan unggas. Hama ini dapat menjadi berbagai vektor patogen, menyebabkan rusaknya fasilitas kandang unggas, terjadinya penurunan kinerja anak ayam serta kerugian ekonomi kepada peternak. Di Indonesia, pengendalian hama ini masih menggunakan insektisida sintetik yang berbahaya bagi organisme nontarget dan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis potensi bioinsektisida dari ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*), kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), serta insektisida sintetik alfa sipermetrin pada imago dan larva *Alphitobius diaperinus*. Kadar yang digunakan pada bioinsektisida adalah 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%, sedangkan alfa sipermetrin berdasarkan nilai LC₅₀ digunakan 1%, 4%, 7% dan 10%. Pengulangan dilakukan tiga kali dan perhitungan dilakukan setiap dua hari selama 14 hari. Data dianalisis menggunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis untuk mengetahui adanya perbedaan signifikan dari kelompok penelitian. Jika terdapat perbedaan signifikan, maka akan dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney. Hasil penelitian menunjukkan bioinsektisida yang paling berpotensi untuk mengendalikan hama *Alphitobius diaperinus* pada fase imago adalah ekstrak dari biji pala (*Myristica fragrans*) konsentrasi 10% dengan lama waktu empat hari setelah perlakuan, dan pada fase larva adalah ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*) konsentrasi 10% dengan lama waktu empat hari setelah perlakuan. Bioinsektisida alami dapat menjadi biopestisida pengganti insektisida sintetik dalam pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* pada fase imago dan larva yang efektif dan ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Alphitobius diaperinus*, *Cinnamomum aromaticum*, *Myristica fragrans*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus aurantifolia*, Alfa sipermetrin

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR BAGAN.....	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB	
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Penegasan Istilah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biologi <i>Alphitobius diaperinus</i>	5
2.1.1 Klasifikasi <i>Alphitobius diaperinus</i>	5
2.1.2 Siklus Hidup <i>Alphitobius diaperinus</i>	5
2.1.3 Efek pada Produksi Unggas	6
2.2 Insektisida Sintetik Alfa Sipermetrin	6
2.3 Bioinsektisida.....	7
2.3.1 Minyak Atsiri Kayu Manis (<i>Cinnamomum aromaticum</i>).....	8
2.3.2 Minyak Atsiri Pala (<i>Myristica fragrans</i>)	9
2.3.3 Minyak Atsiri Lavender (<i>Lavandula angustifolia</i>)	9

2.3.4 Minyak Atsiri Jeruk Nipis (<i>Citrus aurantifolia</i>).....	10
2.4 Kerangka Berpikir.....	11
2.5 Kerangka Teoritis.....	12
2.6 Hipotesis Penelitian.....	12
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	13
3.2 Variabel Penelitian	13
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	13
3.4 Prosedur Penelitian.....	14
3.4.1 Persiapan Sampel <i>Alphitobius diaperinus</i>	14
3.4.2 Ekstraksi Minyak Atsiri	14
3.4.3 Insektisida Sintetik Alfa Sipermetrin	15
3.4.4 <i>Bioassay</i>	16
3.4.5 Perhitungan Data.....	16
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.6 Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
V. PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi Sifat Fisik dan kimia Alfa Sipermetrin	7
3.1 Fungsi Alat dalam Penelitian	17
3.2 Fungsi Bahan dalam Penelitian	18
4.1 Uji Lanjut Mann-Whitney Terhadap Mortalitas Imago <i>Alphitobius diaperinus</i> dengan Bioinsektisida	34
4.2 Uji Lanjut Mann-Whitney Terhadap Mortalitas Larva <i>Alphitobius diaperinus</i> dengan Bioinsektisida	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Imago dan larva <i>Alphitobius diaperinus</i>	5
2.2 Siklus hidup <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer).....	6
4.1 Imago dan larva <i>Alphitobius diaperinus</i> mengalami mortalitas	36

DAFTAR BAGAN

Bagan	Halaman
2.1 Kerangka Berpikir.....	11
2.2 Kerangka Teoritis.....	12
3.1 Prosedur Penelitian.....	14

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
4.1 Persentase Mortalitas Imago dengan <i>Cinnamomum aromaticum</i>	21
4.2 Persentase Mortalitas Larva dengan <i>Cinnamomum aromaticum</i>	22
4.3 Persentase Mortalitas Imago dengan <i>Myristica fragrans</i>	23
4.4 Persentase Mortalitas Larva dengan <i>Myristica fragrans</i>	24
4.5 Persentase Mortalitas Imago dengan <i>Lavandula angustifolia</i>	26
4.6 Persentase Mortalitas Larva dengan <i>Lavandula angustifolia</i>	36
4.7 Persentase Mortalitas Imago dengan <i>Citrus aurantifolia</i>	28
4.8 Persentase Mortalitas Larva dengan <i>Citrus aurantifolia</i>	28
4.9 Persentase Mortalitas Imago dengan Alfa Sipermetrin.....	30
4.10 Persentase Mortalitas Larva dengan Alfa Sipermetrin.....	31
4.11 Persentase Mortalitas Imago pada Konsentrasi 10%	33
4.12 Persentase Mortalitas Larva pada Konsentrasi 10%	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pengamatan Mortalitas Imago <i>Alphitobius diaperinus</i>	48
Lampiran 2 Hasil Pengamatan Mortalitas Larva <i>Alphitobius diaperinus</i>	51
Lampiran 3 Analisis Statistik	54
Lampiran 4 Dokumentasi Kegiatan	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alphitobius diaperinus atau biasa disebut kutu *frenki* adalah salah satu jenis serangga hama yang paling sering ditemukan di peternakan unggas diseluruh dunia (Chernaki-Leffer *et al.*, 2011). Serangga ini biasa terdapat pada pakan ternak dan kotoran hewan ternak. Imago dan larva *Alphitobius diaperinus* berperan sebagai vektor berbagai patogen, seperti bakteri (Agabou and Alloui, 2010), virus, dan protozoa (Dinev, 2013). Permasalahan terbaru ditemukan di industri unggas di negara-negara di dunia, termasuk di peternakan ayam broiler di Korea. Hama ini menyebabkan rusaknya fasilitas kandang unggas, terjadinya penurunan kinerja anak ayam secara keseluruhan dan menyebabkan kerugian ekonomi kepada produsen peternak unggas (Nguyen *et al.*, 2019).

Saat ini pengendalian *Alphitobius diaperinus* menggunakan insektisida sintetik yang dapat berbahaya bagi kesehatan manusia, lingkungan serta memiliki sifat beracun pada organisme nontarget (Chowanski, *et al.*, 2014). Insektisida sintetik dapat dengan mudah dibeli di toko-toko pertanian dan toko-toko *online* yang telah diperdagangkan dengan berbagai merek yang terbuat dari insektisida golongan piretroid dengan bahan aktif alfa sipermetrin. Piretroid bersifat sebagai racun kontak yang kuat, karena dapat mempengaruhi sistem saraf pada serangga di sentral maupun *peripheral* (Hudayya & Jayanti, 2012). Petani maupun peternak dalam mengendalikan hama memilih menggunakan insektisida sintetik, karena dapat memberantas hama dengan cepat sangat efektif, praktis dan murah.

Petani atau peternak dalam pengaplikasian insektisida sintetik yang tidak tepat, seperti penggunaan dosis yang tidak sesuai anjuran, dapat menyebabkan beberapa dampak buruk. Berdampak pada siklus nitrogen di tanah, dapat merusak mikroflora tanah, resistensi terhadap hama, sehingga efektivitas insektisida sintetik tersebut menurun, dan dapat menyebabkan munculnya spesies baru yang lebih resisten (Singh *et al.*, 2015). Seperti pada beberapa pabrik pakan ternak yang menerapkan sistem fumigasi menggunakan insektisida berbahan aktif alfa sipermetrin. Hasil fumigasi pakan ternak ini

masih terdapat hama *Alphitobius diaperinus* yang bertahan hidup setelah terpapar insektida sintetik (hama menjadi resisten). Pakan ternak yang telah difumigasi selanjutnya di kirim ke masyarakat untuk diperdagangkan. Hama *Alphitobius diaperinus* yang masih terdapat pada pakan ternak ini akan terbawa dan berkembangbiak di peternakan unggas, sehingga populasinya pada peternakan unggas mengalami pelonjakan.

Upaya pengendalian yang aman sangat diperlukan untuk manusia dan lingkungan. Salah satu upaya pengendaliannya yaitu dengan pembuatan minyak atsiri dari kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*) dan kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) yang diekstrak menjadi insektisida alternatif berbahan alami. Minyak atsiri diketahui memiliki aroma yang tidak disukai oleh serangga hama (Rusli, 2010). Keempat tanaman ini memiliki kandungan senyawa kimia yang dapat berfungsi sebagai penolak, penghambat pertumbuhan serangga pada tahap telur, larva, pupa dan dewasa (imago), serta dapat berfungsi sebagai penolak makanan (*antifeedant*) (Upadhyay *et al.*, 2018), antioksidan, antimikroba (Moosavy *et al.*, 2017) dan antijamur (Perczak *et al.*, 2019). Sifat *antifeedant* pada minyak atsiri tidak mempengaruhi lingkungan dan organisme nontarget. Fumigan alami dapat membasmi hama serangga tanpa efek samping seperti kekebalan (resistensi) pada serangga (Kostic *et al.*, 2013).

Keterbaruan dari penelitian ini yaitu penggunaan bioinsektisida dari ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*) dan kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) pada imago dan larva *Alphitobius diaperinus* di Indonesia. Upaya ini juga bertujuan untuk memutus siklus hidup *Alphitobius diaperinus* pada tahap larva dan imago, sehingga dapat mengurangi pertumbuhan populasinya. Diharapkan bioinsektisida dapat menjadi pengganti alternatif untuk mengendalikan hama *Alphitobius diaperinus* karena bahan yang mudah didapat serta ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana analisis potensi bioinsektisida dari ekstrak kulit kayu manis

(*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*), kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan insektisida sintetik berbahan aktif alfa sipermetrin untuk pengendalian serangga hama *Alphitobius diaperinus*?

1.3 Penegasan Istilah

Untuk menghindari kesalahpahaman pembaca dalam memahami istilah judul dari skripsi ini maka diperlukan penegasan istilah, yaitu:

1.3.1 *Alphitobius diaperinus*

Alphitobius diaperinus (Coleoptera: Tenebrionidae) adalah hama yang menyerang di peternakan unggas, biasa ditemukan pada pakan ternak. Pada penelitian ini *Alphitobius diaperinus* yang digunakan adalah pada fase larva dan imago yang diperoleh dari salah satu peternakan unggas di Kabupaten Semarang, kemudian dilakukan *rearing* di Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang.

1.3.2 Pengendalian Hama

Pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu pengendalian dengan menggunakan bioinsektisida dari ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*), kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan insektisida sintetik berbahan aktif alfa sipermetrin. Kemudian dari kelima jenis insektisida ini dianalisis potensinya terhadap pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* pada fase larva dan imago.

1.3.3 Bioinsektisida

Bioinsektisida yang digunakan pada penelitian ini yaitu minyak atsiri hasil ekstraksi kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*) dan kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) yang dilarutkan dengan aseton menjadi beberapa konsentrasi. Konsentrasi yang digunakan berdasar hasil uji pendahuluan diperoleh kisaran konsentrasi yaitu 2,5 %, 5 %, 7,5 % dan 10 % yang efektif. Bioinsektisida ini digunakan untuk mengetahui potensi

terhadap pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* pada fase larva dan imago.

1.3.4 Insektisida Sintetik Alfa Sipermetrin

Insektisida sintetik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu insektisida dari bahan aktif alfa sipermetrin yang diperoleh dari salah satu toko pertanian di Semarang. Konsentrasi yang digunakan berdasarkan LC_{50} sebesar 6,67%, sehingga kisaran konsentrasi yang digunakan yaitu 1 %, 4%, 7 % dan 10 % untuk mengetahui potensi terhadap pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* pada fase larva dan imago.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dalam penelitian ini yaitu menganalisis potensi bioinsektisida dari ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*), kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dan insektisida sintetik berbahan aktif alfa sipermetrin untuk pengendalian serangga hama *Alphitobius diaperinus*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan diatas, maka manfaat dalam penelitian ini yaitu:

1. Secara teoritis, hasil penelitian dapat memberikan pemahaman mengenai potensi insektisida sintetik dan bioinsektisida yang bisa digunakan dalam pengendalian serangga hama *Alphitobius diaperinus*.
2. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat memberikan informasi, rekomendasi dan cara alternatif dalam mengendalikan serangga hama *Alphitobius diaperinus* yang aman dan ramah lingkungan kepada masyarakat.

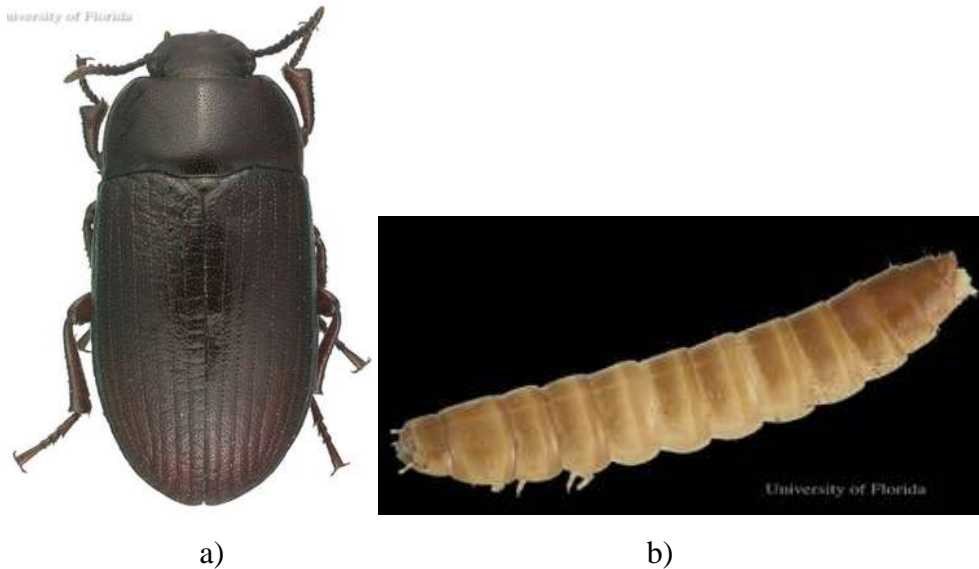
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797)

2.1.1 Klasifikasi *Alphitobius diaperinus*

Klasifikasi hama *Alphitobius diaperinus* atau yang biasa disebut kutu *frenki* atau *darkling beetle* menurut Myers (2020) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Kelas	: Insekta
Ordo	: Coleoptera
Family	: Tenebrionidae
Genus	: <i>Alphitobius</i>
Spesies	: <i>Alphitobius diaperinus</i> (Panzer, 1797)



a)

b)

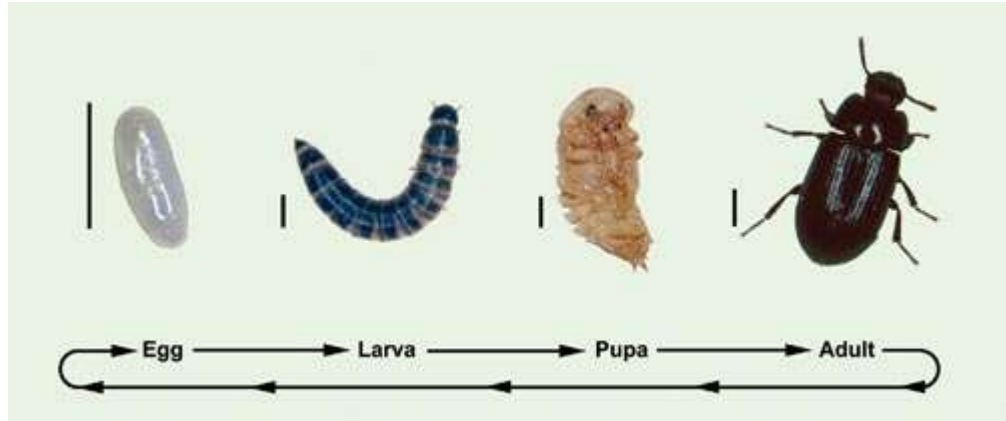
Gambar 2.1 a) Imago *Alphitobius diaperinus* dan

b) Larva *Alphitobius diaperinus* (Dunford & Kaufman, 2006)

2.1.2 Siklus Hidup *Alphitobius diaperinus*

Keberadaan *Alphitobius diaperinus* hidup secara berkoloni. Siklus hidupnya dari telur yang akan menetas dalam waktu empat sampai tujuh hari menjadi larva. Larva tersebut berkembang ke tahap dewasa dalam 40 hingga 100 hari, tergantung pada suhu dan kualitas makanan. Kumbang betina dan kumbang jantan yang telah kawin, selanjutnya kumbang betina akan berpotensi bertelur lebih dari 2.000 telur. Telur diletakkan pada kotoran dan pakan ternak, celah-celah rumah unggas dan air. Kumbang dewasa biasanya

dapat hidup tiga sampai dua belas bulan, namun normalnya dapat hidup sampai lebih dua tahun tanpa perlakuan eksperimental seperti penyemprotan pestisida (Dunford & Kaufman, 2006).



Gambar 2.2 Siklus hidup *Alphitobius diaperinus* (Panzer)

Skala gambar = 1 mm (Lambkin, 2006)

2.1.3 Efek pada Produksi Unggas

Kumbang hitam adalah fase imago dari *Alphitobius diaperinus* atau yang sering disebut dengan kutu *frenki*, termasuk dalam hama serangga di peternakan unggas. Hal ini yang menjadi permasalahan apabila ayam pedaging kontak langsung dengan *Alphitobius diaperinus*, karena hama ini merupakan vektor berbagai patogen bakteri (seperti *Salmonella*, *Escherichia coli*), jamur (*Aspergillus* sp.), dan beberapa virus (seperti *Newcastle Disease*, dan *avian leukosis virus*). *Alphitobius diaperinus* dapat mempengaruhi berat badan ayam pedaging, terutama pada ayam yang masih muda. Manusia juga akan beresiko kesehatan apabila kontak langsung dengan larva maupun imago *Alphitobius diaperinus* (Japp *et al.*, 2010). Hal ini yang menyebabkan keberadaan hama ini pada industri peternakan menjadi masalah yang merugikan.

2.2 Insektisida Sintetik Alfa Sipermetrin

Insektisida sintetik alfa sipermetrin adalah insektisida golongan piretroid. Menurut gejala yang terjadi pada serangga, alfa sipermetrin termasuk dalam tipe II yaitu serangga akan mengalami gejala konvulsi (kejang) dan hiperaktivitas (Matsumura, 1985). Insektisida ini memiliki efek melumpuhkan dan penolak yang tinggi. Berdasarkan cara kerja insektisida tipe II ini adalah sebagai racun

kontak dan racun perut (Djojsumarto, 2008). Racun kontak dapat langsung terserap kulit serangga pada saat pemberian insektisida ataupun terkena sisa insektisida (residu) setelah perlakuan. Racun perut dapat masuk ke tubuh serangga melalui mulut dan saluran makan (Tarumingkeng, 1992).

Tabel 2.1 Komposisi Sifat Fisik dan kimia Alfa Sipermetrin (Pertanian, 2014)

Golongan	Sintetik Piretroid
Rumus empiris	$C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$
Nama lain	racemate comprising (R)-a-cyano-3phenoxybenzyl 1S,3S)-3-(2,2dichlorovinyl)2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and (S)-acyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3(2,2-dichlorovinyl)-2,2 dimethylcyclopropanecarboxylate atau racemate comprising (R)-a-cyano-3phenoxybenzyl (1S)-cis-3(2,2dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and (S)-acyano-3phenoxybenzyl(1R)-cis-3-(2,2dichlorovinyl)-2,2 dimethylcyclopropanecarboxylate.
Cara kerja	Racun kontak dan perut
Bentuk fisik	Cairan
Warna	Kekuning-kuningan
Bau	Tidak berbau
Titik cair	78 – 81 °C
Tekanan uap	$2,3 \times 10^{-2}$ mPa pada 25 °C
Ph	4,8
Kelarutan dalam air	100% pada 25 °C

2.3 Bioinsektisida

Bioinsektisida adalah insektisida yang berasal dari makhluk hidup seperti tumbuhan dan mikroba. Atau biasa disebut juga insektisida botanis (Jumar, 2000). Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak atsiri terbesar di dunia. Minyak atsiri dapat dihasilkan dari berbagai jenis dan bagian dari tanaman, seperti kulit, akar, bunga, buah, biji maupun batang (Kardinan, 2005). Tumbuhan yang dapat digunakan sebagai insektisida alami adalah kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), pala (*Myristica fragrans*), lavender (*Lavandula angustifolia*) dan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*). Tumbuhan kayu manis akan

menghasilkan kulit kayu manis, tumbuhan pala akan menghasilkan biji pala, tumbuhan lavender menghasilkan bunga dan tumbuhan jeruk nipis akan menghasilkan kulit jeruk yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan minyak atsiri yang berfungsi sebagai bioinsektisida.

2.3.1 Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamomum aromaticum*)

Tumbuhan kayu manis dengan nama ilmiah (*Cinnamomum* sp) merupakan tanaman penghasil rempah-rempah yang sangat penting yang digunakan setiap hari di seluruh dunia, dan termasuk dalam famili Lauraceae (Rao & Gan, 2014). Di Indonesia dapat dengan mudah ditemukan, karena keberadaannya sangat melimpah. Minyak atsiri yang dihasilkan dari ekstrak daun kayu manis (*Cinnamomum* sp) mengandung senyawa utama seperti cinnamaldehyde, eugenol, asam sinamat dan sinamat (Plumeriastuti & Effendi, 2019). Cheng *et al.* (2009), melakukan penelitian yaitu meneliti tentang berbagai kandungan minyak atsiri dari daun kayu manis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa cinnamaldehyde memiliki aktivitas larvasida kuat dan komposisinya ditemukan hingga 90% (Nabavi *et al.*, 2015).

Cinnamaldehyde dengan rumus molekul C_9H_8O (*3 phenil 2-propenal*) merupakan turunan dari senyawa fenol. Cinnamaldehyde merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsi aldehid dan alkena terkonjugasi cincin benzene, dapat bermanfaat salah satunya sebagai biopestisida alami (Wasia *et al.*, 2017). Beberapa penelitian membuktikan bahwa ekstrak ataupun bubuk kayu manis (*Cinnamomum* sp.) dapat efektif berfungsi sebagai pengusir serangga (repelen) pada lalat rumah (*Musca domestica*) (Garmini & Purnama, 2019), larvasida pada nyamuk (*Aedes aegypti*) karena kandungan *eugenol* yang bersifat neurotoksik untuk larva (Basri, 2018), pengontrol hama gudang (*Tribolium castaneum*) karena kandungan utama sinamaldehyd (Subekti, 2019), antifungi terhadap *Candida albicans* (Rizki & Panjaitan, 2018) dan penghambat bakteri *Streptococcus agalactiae* (Wulandari *et al.*, 2018).

2.3.2 Minyak Atsiri Pala (*Myristica fragrans*)

Tumbuhan pala (*Myristica fragrans*) adalah tumbuhan asli dari Indonesia, tepatnya dari Pulau Banda (Winn, 2010) yang telah tersebar diseluruh dunia. Bagian-bagian dari tumbuhan ini dapat dimanfaatkan dan diolah sebagai minyak atsiri, seperti biji, buah dan bagian yang lain. Kandungan senyawa utama yang terdapat pada minyak atsiri biji pala (*Myristica fragrans*) adalah sabinene, α -pinene, 2- β -pinen, terpineol dan miristisin (Ayunani *et al.*, 2018).

Hasil penelitian membuktikan bahwa ekstrak biji pala (*Myristica sp.*) dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* (Weni, 2016), *Staphylococcus aureus* (Atmaja *et al.*, 2017) dan *Pseudomonas aeruginosa* (Ifriana & Kumala, 2018), mengontrol pertumbuhan kumbang *Callosobruchus maculatus* pada konsentrasi 30 μ l/l selama 24 jam paparan menyebabkan 100% mortalitas imago (Alibabaie & Safaralizadeh, 2015), bersifat toksik, repelen (penolak), dapat mencegah oviposisi pada kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Wagan *et al.*, 2017) dan memiliki efek melumpuhkan yang dapat terlihat langsung pada jam pertama setelah paparan terhadap larva dan imago nyamuk (*Aedes aegypti*) yang ditandai perilaku yang tidak wajar atau tidak biasa dari serangga karena perubahan fisiologis ketika kontak dengan zat beracun (Voris *et al.*, 2018).

2.3.3 Minyak Atsiri Lavender (*Lavandula angustifolia*)

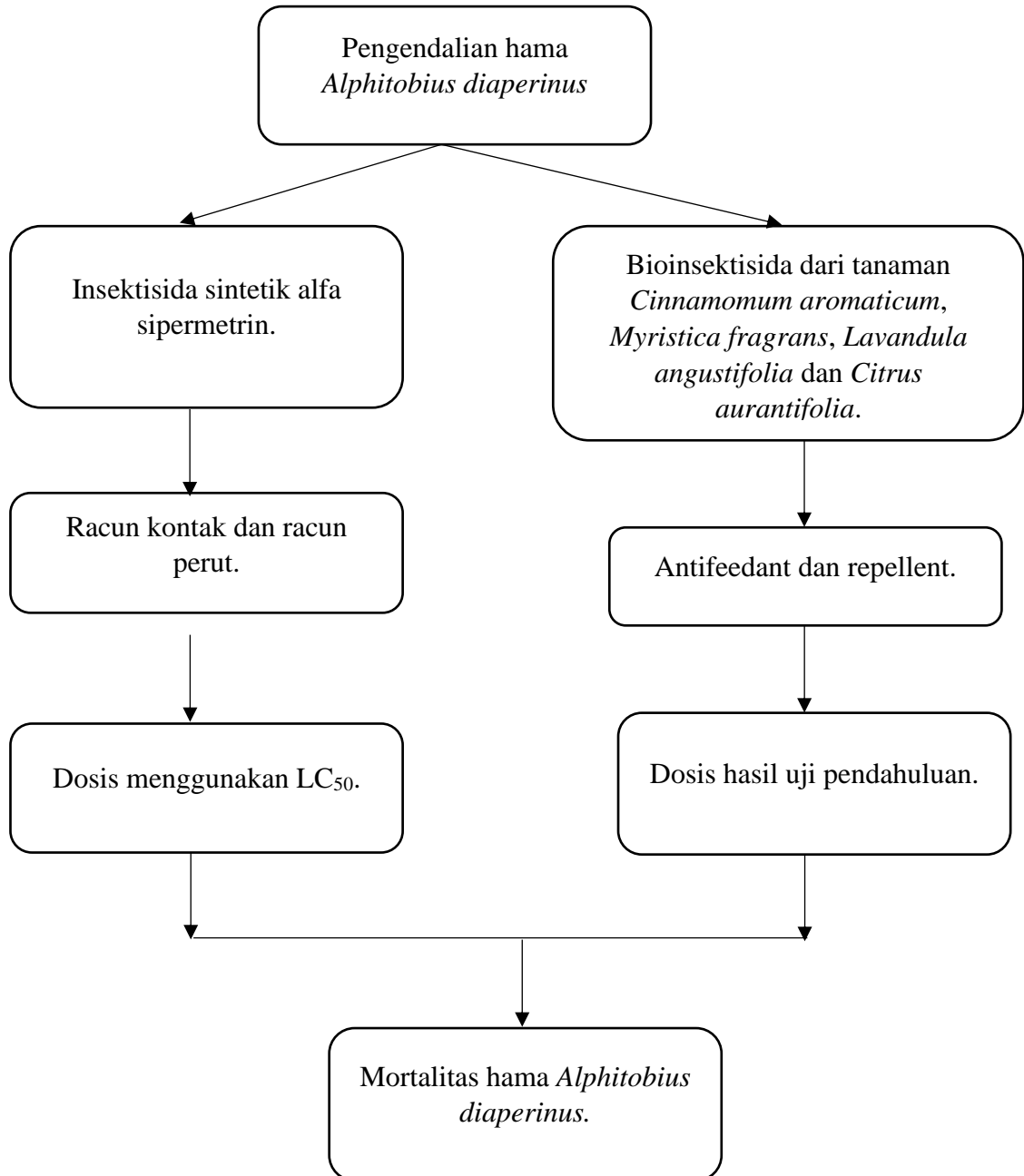
Tumbuhan lavender dari keluarga Lamiaceae adalah tumbuhan yang memiliki minyak atsiri yang biasa digunakan dalam wewangian, kosmetik, olahan makanan, aromaterapi dan sebagai pengendali serangga (Balchin, 2002). Minyak atsiri dari bunga lavender (*Lavandula angustifolia*) memiliki kandungan utama senyawa linalool (22,1%), lavandulyl asetat (15,3%) dan linalil asetat (14,7%) (Kirimer *et al.*, 2017). Dalam pengendalian serangga menggunakan ekstrak *Lavandula sp.*, dapat digunakan sebagai penolak kutu tembakau (*Myzus persicae*) dengan massa *Lavandula angustifolia* lebih dari atau sama dengan 4,0 g (Cai *et al.*, 2016), pengendali *Sitophilus oryzae* dengan LD₅₀ 0,07 mg / cm² (Bakry, *et al.*, 2016), pengendali imago kumbang kacang tunggak (*Callosobruchus maculatus*) menyebabkan

mortalitas meningkat seiring peningkatan konsentrasi dan waktu paparan pada LC₅₀ 41,52 µl/L (Manzooimi *et al.*, 2010) dan dapat memberi perlindungan 100% selama tujuh jam dari nyamuk dewasa *Aedes aegypti* dengan dosis 2,0 mg / cm² menggunakan ekstrak *Lavandula gibsoni* (Kulkarni *et al.*, 2013).

2.3.4 Minyak Atsiri Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*)

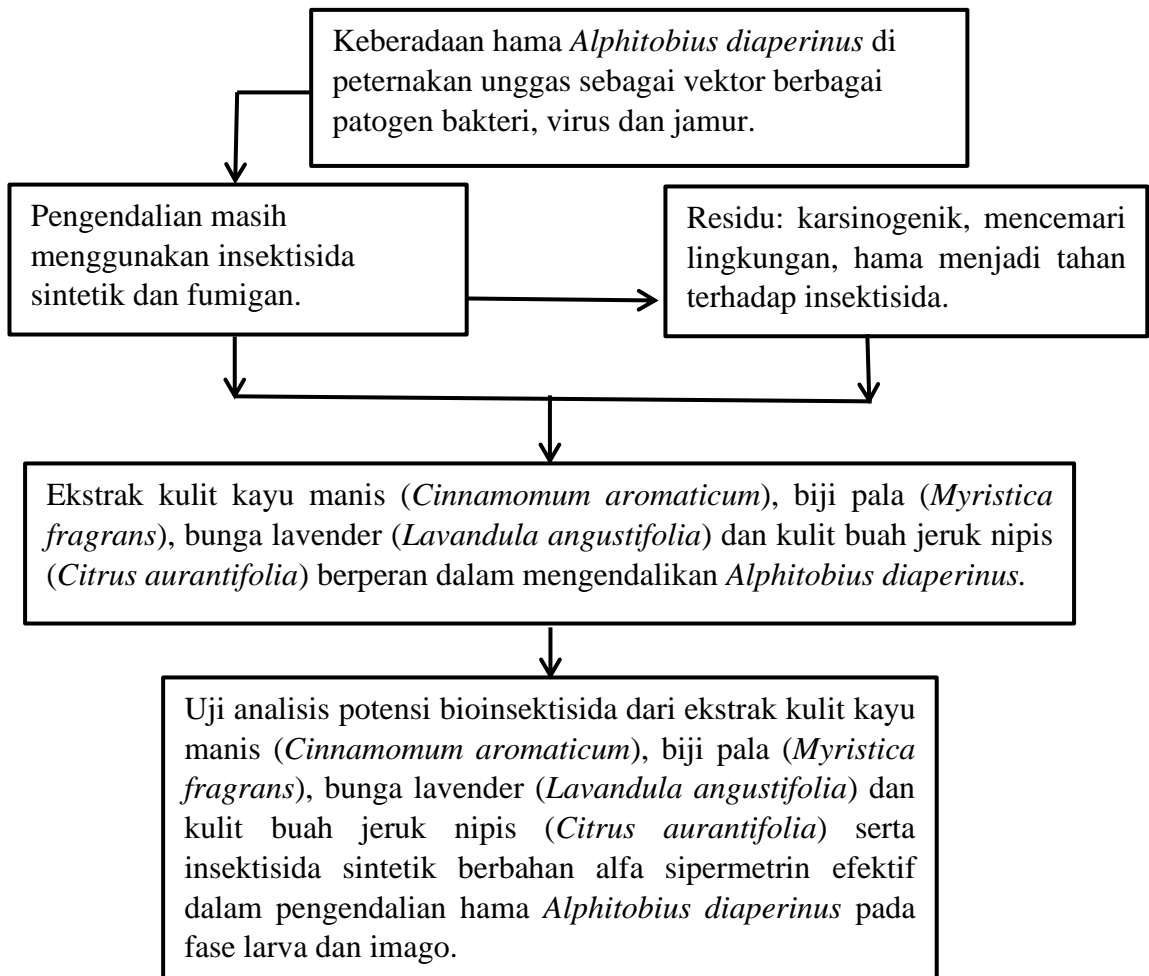
Tumbuhan jeruk nipis adalah salah satu tumbuhan yang berasal dari keluarga Rutaceae. Tumbuhan ini memiliki potensi menghasilkan minyak atsiri terutama pada bagian kuliah buahnya. Minyak atsiri dari kulit jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) memiliki kandungan utama senyawa limonen, γ -terpinen dan linalool (Hong *et al.*, 2017). Minyak atsiri ini dilaporkan dapat berfungsi sebagai pengendali hama walang sangit (*Leptocorisa oratorius*) dengan dosis 250 g/l yang dapat menyebabkan rata-rata mortalitas 9 dari 10 hama yang ada (Kasi, 2015), sebagai termitisida karena memiliki sifat beracun terhadap rayap tanah (*Coptotermes* sp.) dengan nilai LC₅₀ 5,142% (Wibaldus, 2016), sebagai penolak serangga kecoa dengan metode pembuatan lilin aromatik ekstrak dari limbah kulit jeruk nipis konsentrasi 0,5% yang memiliki kandungan limonen 62,34% sangat efektif (Kartika *et al.*, 2014), dapat mengendalikan hama *Tribolium castaneum* dengan dosis 15% menyebabkan mortalitas sebesar 24,69% selama 72 jam paparan (Ali *et al.*, 2019).

2.4 Kerangka Berpikir



Bagan 2.1 Kerangka Berpikir

2.5 Kerangka Teoritis



Bagan 2.2 Kerangka Teoritis

2.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu terdapat perbedaan antara bioinsektisida dari ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*), biji pala (*Myristica fragrans*), bunga lavender (*Lavandula angustifolia*), kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*), dengan insektisida sintetik berbahan aktif alfa sipermetrin sebagai pengendali hama *Alphitobius diaperinus*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Bioinsektisida yang paling berpotensi untuk mengendalikan hama *Alphitobius diaperinus* pada fase imago adalah ekstrak dari biji pala (*Myristica fragrans*) konsentrasi 10% dengan lama waktu empat hari setelah perlakuan, dan pada fase larva adalah ekstrak kulit kayu manis (*Cinnamomum aromaticum*) konsentrasi 10% dengan lama waktu empat hari setelah perlakuan.

5.2 Saran

Pada masa yang akan datang bioinsektisida dapat digunakan untuk pengendalian hama *Alphitobius diaperinus* yang aman dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelgaleil, S. A. M., Mohamed, M. I. E., Badawy, M. E. I. & Arami, S. A. A. E. (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on Acetylcholinesterase activity. *Journal of Chemical Ecology*. 35: 518-525.
- Agabou, A., & Alloui, N. (2010). Importance of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) as a Reservoir for Pathogenic Bacteria in Algerian Broiler Houses. *Veterinary World*. 3(2): 71-73.
- Agrafioti, P., & Athanassiou, C. G. (2018). Insecticidal effect of contact insecticides against stored product beetle populations with different susceptibility to phosphine. *Journal of Stored Products Research*. 79(1): 9-15.
- Ali, F., Khan, J., Zada, A., Faheem, B., Khan, I., Salman, M. & Khan, K. (2019). Bio-insecticidal efficacy of botanical extracts of citronella and cinnamon against *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Drosophila melanogaster* under laboratory conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28(4A): 3104-3109.
- Ali, Q., Bashir, F., Sahi, G. M., Hasan, M. U., Rehman, H. U., Shakir, H. U., Ahmed, H. M., Anjum, N. A., Faisal, M. & Khan, J. (2019). Comparative Effect of *Ricinus communis* (L.), *Moringa oleifera* (Lam.) and *Citrus sinensis* (L.) Extracts Against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pakistan Entomologist*. 41(1): 51-55.
- Alibabaie, M., & Safaralizadeh, M. H. (2015). Fumigant toxicity of nutmeg seed essential oil (*Myristica fragrans* Houtt.) (MF, Myristicaceae) on cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F.(Coleoptera: Bruchidae). In *New horizons in insect science: towards sustainable pest management*. Springer, New Delhi. 127-133.
- Arena, J. S., Omarini, A. B., Zunino, M. P., Peschiutta, M. L., Defagó, M. T., & Zygadlo, J. A. (2018). Essential oils from *Dysphania ambrosioides* and *Tagetes minuta* enhance the toxicity of a conventional insecticide against *Alphitobius diaperinus*. *Industrial Crops and Products*, 122, 190–194. doi:10.1016/j.indcrop.2018.05.077.
- Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Boukouvala, M. C., Mavroforos, M. E. & Kontodimas, D. C. (2015). Efficacy of alpha-cypermethrin and thiamethoxam against *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) and *Tenebrio molitor* L.(Coleoptera: Tenebrionidae) on concrete. *Journal of Stored Products Research*. 62(1): 101-107.
- Atmaja, T. H. W., Mudatsir, M., & Samingan, S. (2017). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Etanol Buah Pala (*Myristica Fragrans*) Terhadap Daya Hambat *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Edubio Tropika*. 5(1).
- Ayunani, T. D., Hastuti, I. T., Ansory, H. M., & Nilawati, A. (2018). Pemisahan Senyawa 1, 4-terpineol dan Safrol dari Minyak Atsiri Biji Pala (*Myristica*

- Fragrans* Houtt) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 15(1): 88-100.
- Bakry, A. M. E., Aziz, N. F. A., Sammour, E. A., & Abdelgaleil, S. A. M. (2016). Insecticidal activity of natural plant essential oils against some stored product insects and their side effects on wheat seed germination. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 26(1): 83-88.
- Balchin, Maria Lis. 2002. *Lavender: the genus Lavandula*. CRC Press.
- Basri, L. (2018). Pemanfaatan Ekstrak Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Sebagai Larvasida Alami Untuk Nyamuk *Aedes Aegypti*. *Global Health Science (GHS)*. 3(4): 306-310.
- Benbelkacema, I., Sellesc, S. M. A., Aissia, M., Khaldib, F., & Ghazib, K. (2019). In Vitro Assessment Of Antifungal and Antistaphylococcal Activities Of *Cinnamomum Aromaticum* Essential Oil Against Subclinical Mastitis Pathogens. *Veterinaria*. 68(1): 31-37.
- Cai, T. T., Lin, X. Q., Zhang, P. X., Zhang, K., Wang, L. & Ye, M. (2016). Behavioral responses of aphid (*Myzus persicae*) to volatiles from non-host Plant Lavender (*Lavandula angustifolia*). *2nd Annual International Conference on Energy, Environmental & Sustainable Ecosystem Development (EESED)*. Atlantis Press.
- Cheng, S. S., Liu, J. Y., Huang, C. G., Hsui, Y. R., Chen, W. J., & Chang, S. T. (2009). Insecticidal Activities Of Leaf Essential Oils From *Cinnamomum Osmophloeum* Against Three Mosquito Species. *Bioresource Technology*. 100(1): 457–464.
- Chernaki-Leffer, A. M., Sosa-Gómez, D. R., Almeida, L. M., & Lopes, I. de O. N. (2011). Susceptibility of *Alphitobius Diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) to Cypermethrin, Dichlorvos and Triflumuron in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 55(1): 125-128.
- Chowanski, S., Kudlewska, M., Marciniak, P. & Rosinski, G. (2014). Synthetic insecticides—is there an alternative?. *Polish Journal of Enviromental Studies*. 23(2).
- Danjumma, B. J., Majeed, Q., Yusuf, M. & Peni, D. N. (2018). Effects of leaf powder of *Citrus aurantifolia* and *Senna occidentalis* on the development of maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, Coleoptera Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(2): 2216-2221.
- Dinev, I. (2013). The Darkling Beetle (*Alphitobius Diaperinus*) A Health Hazard For Broiler Chicken Production. *Trakia Journal of Sciences*. 11(1): 1-4.
- Djojosumarto, P. 2008. *Pestisida dan Aplikasinya*. Jakarta: Agromedia Pustaka. 340 hal.
- Dorman, H. D. & Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*. 88(2): 308-316.

- Du, S. S., Yang, K., Wang, C. F., You, C. X., Geng, Z. F., Guo, S. S., Deng, Z. W. & Liu, Z. L. (2014). Chemical constituents and activities of the essential oil from *Myristica fragrans* against cigarette beetle *Lasioderma serricorne*. *Chemistry and biodiversity*. 11(9): 1449-1456.
- Dunford, J. C., & Kaufman, P. E. (2006). Lesser mealworm, litter beetle, *Alphitobius diaperinus* (Panzer)(Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). *Entomology and Nematology Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*. 1-12.
- Ebadollahi, A., Safalizadeh, M. H., Pourmirza, A. A. & Ganbalani, G. N. (2010). Comparison of fumigant toxicity of *Eucalyptus globulus* Labil and *Lavandula stoechas* L. Oils against different stages of *Tribolium castaneum* Herbst. *Indian Journal of Agricultural Research*. 44(1): 26-31.
- Fernandes, L. Pereira, J. A., Saraiva, J., Casal, S. & Ramalhosa, E. (2019). Extraction Solvents 'Influence on The Content of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Pansies. *Millenium-Journal of Education, Technologies, and Health*. 8(1): 89-98.
- Garmini, R., & Purnama, R. (2019). Efektivitas Bubuk Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Sebagai Bioinsektisida Pengusir Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Masker Medika*. 7(2): 431-439.
- Germinara, G. S., Stefano, M. G. D., Acutis, L. D., Pati, S., Delfine, S., Cristofaro, A. D. & Rotundo, G. (2017). Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. *Bulletin of Insectology*. 70(1): 129-138.
- Ghazouani, L., Feriani, A., Mufti, A., Tir, M., Baaziz, I., Mansour, H. B. & Mnafigui, K. (2020). Toxic effect of alpha cypermethrin, an environmental pollutant, on myocardial tissue in male wistar rats. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(6): 5709-5717.
- Gupta, A. D., Bansal, V. K., Babu, V. & Maithil, N. (2013). Chemistry, antioxidant and antimicrobial potential of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt). *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 11(1): 25-31.
- Hamza, A., & Hamza, A. (2018). Toxicity and Combined Action of Some Insecticides and Clove Oil Against *Rhyzopertha dominica* in Wheat Grain. *Journal of Plant Protection Research*. 58(2): 192-201.
- Hocine, L., Merzouk, H., Merzouk, S. A., Ghorzi, H., Youbi, M. & Narce, M. (2016). The effects of alpha-cypermethrin exposure on biochemical and redox parameters in pregnant rats and their newborns. *Pesticide biochemistry and physiology*. 134(1): 49-54.
- Hollingsworth, R. G. (2005). Limonene, a citrus extract, for control of mealybugs and scale insects. *Journal of economic entomology*. 98(3): 772-779.

- Hong, J. H., Khan, N., Jamila, N., Hong, Y. S., Nho, E. Y., Choi, J. Y., Lee, C. M. & Kim, K. S. (2017). Determination of Volatile Flavour Profiles of *Citrus* spp. Fruits by SDE-GC-MS and Enantiomeric Composition of Chiral Compounds by MDGC-MS. *Phytochem. Anal.* 28(1): 392-403.
- Hudayya, A. & Jayanti, H. (2012). *Pengelompokan Pestisida Berdasarkan Cara Kerjanya (Mode of Action)*. Bandung: Yayasan Bina Tani Sejahtera.
- Ifriana, F. N., & Kumala, W. (2018). Pengaruh Ekstrak Biji Pala (*Myristica fragrans* Houtt) sebagai Antibakteri Terhadap Pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*. 1(3): 172-178.
- Japp, A. K., Bicho, C. de L., & Silva, A. V. F. (2010). Importância E Medidas De Controle Para *Alphitobius diaperinus* Em Aviários. *Ciência Rural*. 40 (7): 1668–1673.
- Jokanovic, M. & Prostran, M. (2009). Pyridinium oximes as cholinesterase reactivators. Structure-activity relationship and efficacy in the threatment of poisoning with organophosphorus compounds. *Curr Med Chem*. 16: 2177-2188.
- Jumar. (2000). *Entomologi Pertanian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Jung, W. C., Jang, Y. S., Hieu, T. T., Lee, C. K. & Ahn, Y. J. (2007). Toxicity of *Myristica fragrans* seed compounds against *Blatella germanica* (Dictyoptera: Blatellidae). *Journal of medical entomology*. 44(3): 524-529.
- Kardinan, I. A. (2005). *Tanaman Penghasil Minyak Atsiri*. AgroMedia.
- Kartika, Rizki, F. A., Amanatufahmi, E. H., Lestari, T. & Sa'diah, I. (2014). Pemanfaatan Limonen dari Kulit Jeruk Nipis Dalam Pembuatan Lilin Aromatik Penolak Serangga. *Indonesian Ministry of Research, Technology and Higher Education*.
- Kasi, P. D. (2015). Pemanfaatan Ekstrak Daun Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai Insektisida Nabati Terhadap Hama Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius*) pada Tanaman Padi. *Dinamika*. 3(1).
- Kheloul, L., Anton, S., Gadenne, C. & Kellouche, A. (2020). Fumigant toxicity of *Lavandula spica* essential oil and linalool on different life stages of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Asia-Pasific Entomology*. 23(2): 320-326.
- Kirimer, N., Mokhtarzadeh, S., Demirci, B., Goger, F., Khawar, K. M. & Demirci, F. (2017). Phytochemical profiling of volatile components of *Lavandula angustifolia* Miller propagated under in vitro conditions. *Industrial Crops and Products*. 96(1): 120-125.
- Kostic, I., Petrovic, O., Milanovic, S., Popovic, Z., Stankovic, S., Todorovic, G. & Kostic, M. (2013). Biological activity of essential oils of *Athamanta haynaldii* and *Myristica fragrans* to gypsy moth larvae. *Ind Crop Prod*. 41(1): 17-20.

- Kulkarni, R. R., Pawar, P. V., Joseph, M. P., Akulwad, A. K., Sen, A. & Joshi, S. P. (2013). *Lavandula gibsoni* and *Plectranthus mollis* essential oils: chemical analysis and insect control activities against *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*. *Journal of Pest Science*. 86(4): 713-718.
- Lambkin, Trevor. (2006). *Poultry CRC Fact Sheet: Darkling Beetle*.
- Lemes, R. S., Alves, C. C. F., Estevam, E. B. B., Santiago, M. B., Martins, C. H. G., Santos, T. C. L. D., Crotti, A. E. M. & Miranda, M. L.D. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Citrus aurantifolia* leaves and fruit peel against oral pathogenic bacteria. *Chemical Sciences*. 90(2): 1285-1292.
- Liu, S. C., Lin, J. T., Wang, C. K., Chen, H. Y. & Yang, D. J. (2009). Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts From Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) Flowers. *Food Chemistry*. 114(2): 577-581.
- Lusiana, E., Tamzil, N. S., & Oktarina, D. (2019). Efficacy of Cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) Extract to Decrease Serum Creatinine in Acute Kidney Injury Induced Male Wistar Rats. *Bioscientia Medicina*. 3(4) :29-38.
- Manzoomi, N., Ganbalani, G. N., Dastjerdi, H. R., & Fathi, S. A. A. (2010). Fumigant toxicity of essential oils of *Lavandula officinalis*, *Artemisia dracunculus* and *Heracleum persicum* on the adults of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Munn. Entomol. Zool*. 5(1): 118-122.
- Martynov, V. O., Titov, O. G., Kolombar, T. M. & Brygadyrenko, V. V. (2019). Influence of essential oils of plants on the migration activity of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biosystems Diversity*. 27(2): 177-185.
- Matsumura, F. (1985). *Toxicology of Insecticides, Second Ed.*. New York: Plenum Press. 598 p.
- Moosavy, M.H., Hassanzadeh, P., Mohammadzadeh, E., Mahmoudi, R., Khatibi S.A., & Mardani, K. (2017). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil of Lemon (*Citrus limon*) Peel *In Vitro* and in a Food Model. *Journal of Food Quality and Hazards Control*. 4: 42-48.
- Myers, P., Espinosa, R., Parr, C. S., Jones, T., Hammond, G. S., & Dewey, T. A. (2020). *Alphitobius diaperinus* (Lesser Mealworm). *The Animal Diversity Web (online) University of Michigan Museum of Zoologi*. Accessed at <https://animaldiversity.org>.
- Nabavi, S. F., Di Lorenzo, A., Izadi, M., Sobarzo-S'anchez, E., Daglia, M., & Nabavi, S. M. (2015). Antibacterial Effects Of Cinnamon: From Farm To Food, Cosmetic And Pharmaceutical Industries. *Nutrients*. 7(9): 7729–7748.
- Naqqash, M. N., Gokce, A., Bakhsh, A. & Salim, M. (2016). Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests. *Parasitol Res*. 115: 1363-1373.
- Ngo, T. V., Scarlett, C. J., Bowyer, M. C., Ngo, P. D. & Vuong, Q. V. (2017). Impact of Different Extraction Solvents on Bioactive Compounds and

- Antioxidant Capacity from the Root of *Salacia chinensis* L. *Journal of Food Quality*. 1-8.
- Nguyen, N., Yang, B. K., Lee, J. S., Yoon, J. U. & Hong, K. J. (2019). Infestation status of darkling beetle (*Alphitobius diaperinus*) in broiler chicken houses of Korea. *Korean Journal of applied entomology*. 58(3): 189-196.
- Perczak, A., Gwiazdowska, D., Marchwińska, K., Juś, K., Gwiazdowski, R., & Waśkiewicz, A. (2019). Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds. *Archives of Microbiology*. doi:10.1007/s00203-019-01673-5.
- Pertanian, B. K. (2014). *Standar teknis perlakuan karantina tumbuhan alfa sipermetrin terhadap wood chips*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Plumeriastuti, H. & Effendi, M.H. (2019). Identification of bioactive compound of the essential oils of *Cinnamomum burmannii* from several areas in Indonesia by gas chromatography-mass spectrometry method for antidiabetic potential. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*. 9(4): 279-283.
- Prokocka, A., Skrzecz, I., Sowińska, A., Wolski, R. & Janiszewski, W. (2016). Insecticidal activity of alpha-cypermethrin against small banded pine weevil *Pissodes castaneus* (Coleoptera: Curculionidae) in forest plantations and thickets. *Folia Forestalia Polonica*. 58(3): 142-146.
- Rao, P. V. & Gan, S. H. (2014). Cinnamon: a multifaceted medicinal plant. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*.
- Rinaldi, F. B., Rachmawati, J., & Udiarto, B. K. (2016). Pengaruh Bunga Krisan (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Trev.), Bunga Saliara (*Lantana camara* Linn.) dan Bunga Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Terhadap Repellency Kutu Kebul (*Bemisia tabaci* Genn.). *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*. 4(1): 41-49.
- Rizki, S. M., & Panjaitan, R. S. (2018). Efektivitas Antifungi dari Minyak Atsiri Kulit Batang Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) terhadap *Candida albicans*. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 3(2): 172-183.
- Rueda, A. P., Campos, J. M., Rolim, G. D. S., Martinez, L. C., Santos, M. H. D., Fernandes, F. L., Serrao, J. E. & Zanuncio, J. C. (2018). Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. *Ecotoxicology and environmental safety*. 156(1): 263-270.
- Rusli, Meika Syahbana. (2010). *Sukses Memproduksi Minyak Atsiri*. AgroMedia.
- Saleem, M., Hussain, D., Rashid, R. H., Saleem, H. M., Ghouse, G. & Abbas, M. (2013). Insecticidal activities of two citrus oils against *Tribolium castaneum* (Herbst). *American Journal of Research Communication*. 1(6): 67-74.

- Shukla, J., Tripathi, S. P. & Chaubey, M. K. (2009). Toxicity of *Myristica fragrans* and *Illium verum* essential oils against flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 8(6): 403-407.
- Singh, S., Gupta, R., Kumari, M., & Sharma, S. (2015). Nontarget Effects of Chemical Pesticides and Biological Pesticide on Rhizospheric Microbial Community Structure and Function in *Vigna radiata*. *Environmental Science and Pollution Research*. 22(15): 11290–11300. doi:10.1007/s11356-015-4341-x.
- Sookrung, N., Reamtong, O., Poolphol, R., Indrawattana, N., Seesuy, W., Saelim, N., Tantilipikorn, P., Bunnag, C., Chaicumpa, W. & Tungtrongchitr, A. (2018). Glutathione S-transferase of American Cockroach, *Periplaneta americana*: Classes, Isoforms, and Allergenicity. *Scientific Report*. 8(1): 1-12.
- Subekti, N. & Cahyaningrum, S. H. (2020). Insecticidal activity of some plant essential oil extracts against *Alphitobius diaperinus* pest causing Avian Influenza. *Journal of Physic: Conference Series*. 1567(3): p. 032048. IOP Publishing.
- Subekti, N. & Indrawati, P. (2020). Insecticidal Activity of Essential Oils Compared With Chemical Insecticide Against Stored-Grain Pest *Sitophilus oryzae*. *Journal of Physic: Conference Series*. 1567(4): 1-5. IOP Publishing.
- Subekti, N. & Saputri, R. (2019). The application of *Cinnamomum aromaticum* nanoparticle and chlorpyrifos for controlling *Tribolium castaneum*. In *AIP Conference Proceedings*. 2155(1): p. 020018. AIP Publishing LLC.
- Syarifah, R., Fakhurrazi, Harris, A., Sutriana, A., Erina, & Winaruddin. (2018). Uji Daya Hambat Ekstrak Biji Buah Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli* (Test of Inhibitory Power of Nutmeg Seeds (*Myristica fragrans* Houtt) Extract on Growth of Bacteria *Escherichia coli*). *JIMVET*. 2(3): 361-372.
- Tarigan, S. I., Dadang & Harahap, I. S. (2016). Toxicological and physiological effects of essential oils against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Biopesticides*. 9(2): 135-147.
- Tarumingkeng, R. C. (1992). *Insektisida : Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaannya*. Jakarta: UKRIDA. 250 hal.
- Theou, G., Papachristos, D. P. & Stamopoulos, D. C. (2013). Fumigant toxicity of six essential oils to the immature stages and adults of *Tribolium confusum*. *Hellenic Plant Protection Journal*. 6(1): 29-39.
- Ukeh, D. A. & Umoetoka, S. B. A. (2011). Show More Repellent Effects of Five Monoterpenoid Odours Against *Tribolium castaneum* (Herbs) and *Rhyzopertha dominica* (F.) in Calabar, Nigeria. *Crop Protection*. 30: 1351-1355.

- Upadhyay, N., Dwivedy, A. K., Kumar, M., Prakash, B., & Dubey, N. K. (2018). Essential Oils as Eco-friendly Alternatives to Synthetic Pesticides for the Control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 21(2): 282–297. doi:10.1080/0972060x.2018.1459875.
- Volpato, A., Baretta, D., ZORTEA, T., Campigotto, G., Galli, GM, Glombowsky, P., Santos, CVR, Quatrin, PM, Ourique, AF, Baldissera, MD, Stefani, LM, & Da Silva, AS. (2016). Larvicidal and insecticidal effect of *Cinnamomum zeylanicum* oil (pure and nanostructured) against mealworm (*Alphitobius diaperinus*) and its possible environmental effects. *Asia-Pacific Journal of Entomology*. 19(4): 1159-1165.
- Vontas, J. G., Small, G. J. & Hemingway, J. (2001). Glutathione S-transferases as Antioxidant defence agents confer pyrethroid resistance in *Nilaparvata lugens*. *J Biochem*. 357: 65-72.
- Voris, D. G. D. R., dos Santos Dias, L., Lima, J. A., Lima, K. D. S. C., Lima, J. B. P., & dos Santos Lima, A. L. (2018). Evaluation of larvicidal, adulticidal, and anticholinesterase activities of essential oils of *Illicium verum* Hook. f., *Pimenta dioica* (L.) Merr., and *Myristica fragrans* Houtt. against Zika virus vectors. *Environmental Science and Pollution Research*. 25(23): 22541-22551. doi:10.1007/s11356-018-2362-y.
- Wagan, T. A., Wang, W., Hua, H., & Cai, W. (2017). Chemical constituents and toxic, repellent, and oviposition-deterrent effects of ethanol-extracted *Myristica fragrans* (Myristicaceae) oil on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*. 594-601.
- Wasia, N.H., Sudarma, I.M., Savalas, L.R.T., & Hakim, A. (2017). Isolation of Cinnamaldehyde Compound from Cinnamon Stem (*Cinnamomum burmannii*) with Column Chromatography. *J. Pijar MIPA*. 7 (2): 91-94.
- Weni, M. (2016). Efektivitas Antibakteri Ekstrak Biji Pala (*Myristicae semen*) Terhadap *Escherichia coli* dengan Menggunakan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Akademi Farmasi Bhumi Husada Jakarta*. 3(1): 15-21.
- WHO Expert Committee on Vector Biology. (1980). *Resistance of Vectors of Disease to Pesticides: Fifth Report of the WHO Expert Committee on Vector Biology and Control*. 655. World Health Organization.
- Wibaldus, Jayuska, A. & Ardiningsih, P. (2016). Bioaktivitas Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes* sp.). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5(1): 44-51.
- Widiyanto, I., Anandito, B. K., & Khasanah, L. U. (2013). Ekstraksi Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*): Optimasi Rendemen dan Pengujian Karakteristik Mutu. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 6(1): 7-15.
- Winn, P. (2010). Slavery and cultural creativity in the Banda Islands. *Journal of Southeast Asian Studies*. 41(3): 365-389.

- Wulandari, E. Y., Redjeki, E. S., & Rahmawati, F. F. (2018). Uji Daya Hambat Serbuk Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Terhadap Bakteri *Streptococcus agalactiae*. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 1(1), 10-15.
- Yudiawati, Effi. (2016). Efektifitas Insektisida Nabati Ekstrak Kulit Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Terhadap Larva *Spodoptera exigua* Hubner. (Lepidoptera : Noctuidae) di Laboratorium. *Jurnal Sains Agro*. 4(2): 1-6.
- Zewde, D. K. & Bekelle, J. (2010). Evaluation of Orange Peel *Citrus sinensis* (L) as a Source of Repellent, Toxicant and Protectant against *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Momona Ethiopian Journal of Science*. 2(1): 61-75.
- Zhao, X., Wu, H., Wei, J. & Yang, M. (2019). Quantification and Characterization of Volatile Constituents in *Myristica fragrans* Houtt. by Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Gas Chromatography Quadrupole-Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Industrial Crops and Products*. 130: 137-145.