IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan pascapanen merupakan salah satu tahapan yang penting dalam bidang pertanian. Hasil panen yang harus melalui penyimpanan seperti biji-bijian sering mengalami kerusakan baik secara kuantitas maupun kualitas yang disebabkan oleh serangan hama gudang sehingga hal ini dapat sangat merugikan. Salah satu hama gudang yang sering menyerang produk pascapanen di gudang adalah *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae).

T. castaneum merupakan serangga yang dapat menyerang bahan makanan sehingga mengakibatkan kerusakan dan kontaminasi pada bahan tersebut (Jungwi 2009). Pada komoditas beras yang disimpan, sering kali didapatkan imago dan larva *T. castaneum*, eksuvia dan cairan sehingga mengontaminasi beras tersebut bahkan mengakibatkan bau yang sangat menyengat (Bennet 2003).

Upaya paling umum dilakukan untuk melindungi produk pertanian yang disimpan dari ancaman hama serangga masih bergantung pada insektisida sintetik. Penggunaan insektisida sintetik yang terus menerus dapat menyebabkan resistensi pada hama sasaran serta meninggalkan residu yang berbahaya pada bahan pangan yang disimpan. Insektisida sintetik yang sering digunakan dalam pengendalian hama gudang di antaranya dari golongan organofosfat, karbamat atau piretroid untuk penyemprotan permukaan dan metil bromida atau fosfin untuk fumigasi (Dadang 2004).

Metil bromida (CH_3Br) dan fosfin (PH_3) merupakan dua jenis fumigan yang umum digunakan. Fosfin dipilih sebagai alternatif fumigan karena tidak menyebabkan kerusakan lapisan ozon dan tidak meninggalkan residu pada komoditas yang difumigasi, sehingga komoditas pangan aman untuk dikonsumsi (AFHB & ACIAR 1989). Namun, penggunaan fosfin yang tidak tepat dan kurang bijaksana dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti terjadinya resistensi hama. Untuk itu perlu dikembangkan strategi pengendalian alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan fosfin dan mengurangi ketergantungan penggunaan insektisida sintetik adalah dengan mengintroduksikan insektisida nabati seperti minyak atsiri sebagai fumigan nabati. Bioaktivitas minyak atsiri terhadap serangga dapat berupa repelen, racun kontak, racun pernafasan, *antifeedant*, penghambatan pertumbuhan dan perkembangan, dan penurunan fertilitas serangga (Isman 2000; Dubey *et al*. 2010). Minyak atsiri mengandung campuran berbagai senyawa yang tidak toksik terhadap mamalia dan aman terhadap lingkungan (Koul *et al*. 2008). Salah satu jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai fumigan nabati adalah jeruk purut (*Cytrus hystrix*) famili Rutaceae.

1.2 Perumusan Masalah

Peningkatan penggunaan fosfin untuk mengendalikan serangga hama gudang menyebabkan perubahan keragaman genetik pada serangga-serangga hama gudang tersebut dan beberapa serangga hama gudang sudah mengalami resistensi yang tinggi terhadap fosfin.

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui keefektifan minyak atsiri daun jeruk purut (MADJP) sebagai fumigan nabati terhadap *T. castaneum*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian memberikan informasi mengenai toksisitas MADJP terhadap hama gudang *T. castaneum*, senyawa aktif pada MADJP, perkembangan larva *T. castaneum* setelah uji fumigan, dan potensi MADJP untuk dikembangkan sebagai alternatif pengendali hama gudang pada produk pasca panen.

1.5 Hipotesis Penelitian

MADJP mampu memberi efek fumigan dan repelen serta mampu mempengaruhi perkembangan larva dan mortalitas imago *T. castaneum*.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioekologi *Tribolium castaneum*

T. castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) merupakan salah satu hama kosmopolit di gudang penyimpanan pada daerah hangat sampai panas. Serangga hama gudang sebagian besar dapat bertahan hidup pada sisa-sisa bahan simpanan yang tercecer di lantai, sudut ruangan, atau tempat-tempat tersembunyi lainnya seperti celah atau retakan pada dinding dan pintu gudang (Harahap 2003).

Larva bertipe compodeiform berwarna krem dengan kepala dan urogomphi berwarna gelap, memakan bahan makanan yang sama dengan imago. Larva dengan panjang sekitar 10 mm aktif bergerak mencari makan (Ress 2004). Selama masa pertumbuhannya, larva mengalami pergantian kulit sebanyak 6-11 kali. Pada saat akan membentuk pupa, larva akan naik ke permukaan komoditas yang diserang sehingga pada permukaan komoditas akan banyak ditemukan eksuvia larva (Mangoendihardjo 1981). Pupa berwarna putih kekuningan dengan panjang 4 mm tanpa dilindungi oleh kokon. Stadium pupa berlangsung selama 4-5 hari (Hill 1983). Imago memiliki tubuh pipih memanjang, dengan panjang tubuh antara 2.66-4.4 mm dan berwarna coklat. Antena terdiri dari 11 ruas dengan 3 ruas terakhir membentuk gada (capitate). Telur kumbang berwarna putih dan berukuran kecil dengan panjang 0.5 mm (Haines 1991) dan ditutupi cairan perekat yang menyebabkan partikel makanan menempel dan menyebabkan telur sulit terlihat di antara partikel makanan. Stadium telur berkisar antara 3-4 hari. Imago betina dapat meletakkan telur sampai dengan 1000 butir selama masa hidupnya (Ress 2004).

Lama perkembangan serangga ini sangat bervariasi karena bergantung pada suhu, kelembaban, dan jenis makanan. Masa pertumbuhan serangga dari telur sampai imago berkisar antara 40 sampai lebih dari 100 hari dan lama hidup imago dapat mencapai 2-3 tahun (Harahap 2003). Serangga ini mampu menginfestasi hampir semua komoditas yang disimpan di dalam gudang dengan kondisi suhu optimum 33°C dan kelembapan 70% (Kalshoven 1981). Serangga ini menyebabkan kontaminasi pada bahan simpanan dalam bentuk tubuh serangga mati, bekas pergantian kulit, kotoran, maupun ekskresi benzonguinones dalam bentuk cairan yang dapat menyebabkan perubahan warna dan bau pada bahan simpanan (Hagstrum *et al*. 2012).

2.2 Daun Jeruk Purut (*C. hystrix*)

Jeruk purut (*Citrus hystrix*) merupakan tanaman yang biasa dimanfaatkan bagian buah dan daunnya sebagai bumbu penyedap masakan dan aroma terapi. Dalam perdagangan internasional dikenal sebagai *kaffir lime.*

Jeruk purut merupakan tanaman yang telah dikenal masyarakat memiliki banyak kegunaan. Hampir setiap bagian dari jeruk perut dapat dimanfaatkan mulai dari daun, kulit buah dan rantingnya. Umumnya jeruk purut digunakan sebagai flavour alami pada berbagai produk makanan dan minuman. Aroma yang dihasilkan jeruk purut berasal dari minyak atsiri yang dikandungnya. Minyak atsiri jeruk purut telah diketahui memiliki kemampuan antibakteri karena kandungan senyawa yang dimilikinya (Agusta 2000).

2.3 Potensi Minyak Atsiri sebagai Pestisida Nabati

Minyak atsiri terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan air. Minyak tersebut disintetis dalam sel tanaman. Minyak atsiri dapat ditemukan pada bagian tanaman, misal pada akar, batang, kulit kayu, daun, bunga, dan buah. Fungsi minyak atsiri pada tanaman adalah memberi bau, misal pada bunga untuk membantu penyerbukan, pada buah untuk media distribusi ke biji, sementara pada daun dan batang minyak atsiri dapat berfungsi sebagai penolak serangga (Isman 2000, Huang 2000).

Pemanfaatan minyak atsiri sebagai pestisida nabati merupakan peluang yang sangat prospektif dalam pengembangan diversifikasi produk alami (*natural product*) yang selain bersifat lebih aman bagi kesehatan manusia, juga aman terhadap lingkungan (Dubey *et al*. 2010). Secara tradisional minyak atsiri telah lama digunakan untuk mengusir serangga hama biji-bijian dan kacang-kacangan di gudang penyimpanan (Olinosakin *et al.* 2006, Sujatha 2010). Minyak atsiri yang berasal dari tumbuhan dapat mengakibatkan satu atau lebih pengaruh pada hama seperti bersifat menolak (*repellent*), menarik (*attractant*), racun kontak (*contact poison*), racun pernafasan (*fumigant*), mengurangi nafsu makan (*antifeedant*), menghambat peletakan telur (*oviposition deterrent*), menghambat pertumbuhan, mengacaukan sistem hormonal serangga, menurunkan fertilitas, serta sebagai antiserangga vektor (Dubey *et al*. 2008, Dubey *et al*. 2010, Isman 2000, Koul *et al*. 1990.

Menurut Koul *et al.* 2008, minyak atsiri juga lebih aman bagi lingkungan dibandingkan pestisida sintetik karena bersifat tidak persisten. Hal ini karena minyak atsiri mudah terurai secara alami, sehingga tidak tahan lama di air, udara, dalam tanah, dan tubuh mamalia. Sehubungan dengan sifat-sifat tersebut maka minyak atsiri sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk pestisida yang ramah lingkungan.

2.4 Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut (MADJP)

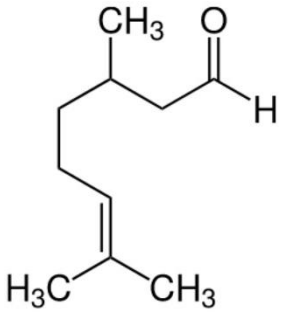
Minyak atsiri merupakan salah satu hasil proses metabolisme dalam tanaman, terbentuk karena reaksi antara berbagai persenyawaan kimia dengan air. Minyak atsiri merupakan istilah yang digunakan untuk minyak yang bersifat mudah menguap, yang terdiri dari campuran zat yang mudah menguap, dengan komposisi dan titik didih yang berbeda-beda. Minyak atsiri yang mudah menguap terdapat di dalam kelenjar minyak yang harus dibebaskan sebelum disuling yaitu dengan merajang/memotong jaringan tanaman dan membuka kelenjar minyak, sehingga minyak dapat dengan mudah diuapkan (Suryaningrum 2009).

Minyak atsiri merupakan salah satu metabolit sekunder yang berfungsi sebagai alat pertahanan diri dari hewan pemangsa dan hama serangga. Minyak atsiri menghasilkan aroma wangi yang tidak disukai oleh serangga dan hama pengganggu tanaman. Hampir setiap bagian dari jeruk perut dapat dimanfaatkan mulai dari daun, kulit buah dan rantingnya (Agusta 2000). Menurut Koswara (2009), minyak atsiri pada jeruk purut mengandung sitronela.

Penelitian yang dilakukan Warsito *et al.* (2017) menunjukkan bahwa minyak atsiri berbahan dasar tanaman jeruk purut memiliki berbagai macam komponen senyawa yang berbeda pada bagian tanaman tersebut seperti ranting, kulit buah dan daun, namun kandungan sitronela terbanyak terdapat pada bagian daun.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Kandungan pada kulit buah jeruk purut mengandung komponen utama *β-pinen* (21,44%), sitronela (20,91%), limonen (12,59%) dan terpinen-4-ol (11,93%), sedangkan kandungan pada minyak atsiri ranting jeruk purut. Beberapa senyawa yang terdapat dari hasil GCMS yaitu sitronela (81,52%), linalol (6,10%), dan sitronelil asetat (3,62%). Selain itu minyak atsiri pada daun jeruk purut memiliki komponen utama sitronela (85,07%), linalol (3,46%) dan sabinen (2,79%).



Gambar 2.1 Rumus bangun sitronela

Hal tersebut menjelaskan bahwa kandungan sitronela tertinggi berada pada bagian daun jeruk purut. Menurut Ketaren (1985) sitronela merupakan senyawa monoterpen yang mempunyai gugus aldehida, ikatan rangkap dan rantai karbon yang memungkinkan untuk mengalami reaksi siklisasi aromatisasi (Gambar 2.1).

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

III METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Entomologi Southheast Asian Regional Centre for Tropical Biology (SEAMEO BIOTROP) Bogor, sejak bulan September 2019 sampai dengan bulan April 2020.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah aseton, *n*-heksana, etil asetat, metanol, tepung terigu, serangga *T. castaneum* yang diperoleh dari Laboratorium Entomologi SEAMEO BIOTROP dan minyak atsiri daun jeruk purut (*C. hystrix*) dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (BALITRO). Alat yang digunakan adalah pipet, pinset, koas cat kecil, stoples, gunting, lem kertas, cawan petri berdiameter 9 cm, kertas saring, plastisin, dan mikroskop stereo Leica EZ4 HD.

3.3 Pemeliharaan dan Perbanyakan *T. castaneum*

Perbanyakan serangga uji dilakukan sesuai dengan metode Syam *et al.* (2017). Serangga uji dimasukkan ke dalam stoples plastik yang berisi tepung terigu sebagai pakan dan media pembiakan serangga, kemudian stoples ditutup menggunakan kain kasa lalu diinkubasi dalam ruang pemeliharaan serangga pada suhu ruang 30-32℃. Imago yang berumur 10-14 hari dan larva instar ke-3 digunakan untuk pengujian.

3.4 Proses Distilasi Daun Jeruk Purut

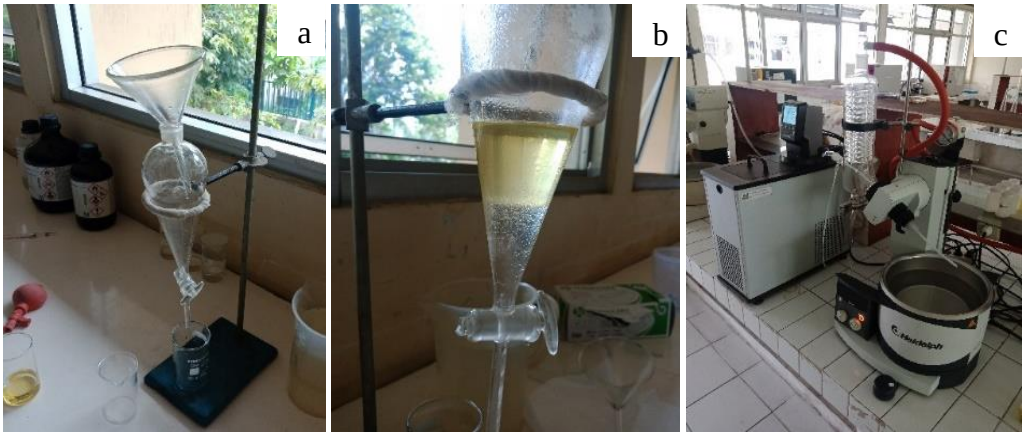
Sebanyak 10 kg daun tua jeruk purut dimasukkan ke dalam tabung penyulingan yang berisi air di bawahnya dan dipisahkan dengan penapis (saringan). Air dipanaskan dengan suhu 70°C, daun jeruk purut dikukus selama 2 jam. Uap air akan melewati penapis dan membawa minyak atsiri dari daun jeruk purut, kemudian uap air dialirkan melalui kondensor (pendingin), sehingga terjadi kondensasi yaitu berubahnya uap menjadi cair yang terdiri dari minyak atsiri dan air, kemudian dihasilkan minyak atsiri sebanyak 40ml lalu ditampung ke dalam botol kondensat.

3.5 Fraksinasi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Fraksinasi minyak atsiri dilakukan untuk memisahkan senyawa-senyawa kimia berdasarkan tingkat kepolarannya dengan menggunakan teknik partisi pelarut. Prosedur fraksinasi merujuk pada Parwata *et al.* (2009). Sebanyak 40 ml minyak atsiri dimasukkan ke dalam labu pemisah (*separatory funnel*), kemudian ditambahkan 60 ml *n*-heksana dan secara bertahap ditambahkan 60 ml air–metanol (3:2), kemudian dikocok. Campuran larutan tersebut dibiarkan beberapa saat hingga terbentuk dua lapisan terpisah. Fraksi yang diperoleh dari proses ini adalah fraksi *n*-heksana dan fraksi metanol. Fraksi metanol kemudian dipisahkan kembali secara bertahap dengan menambahkan 60 ml etil asetat, kemudian dikocok. Campuran larutan tersebut akan membentuk dua lapisan terpisah, yaitu fraksi etil asetat dan

@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

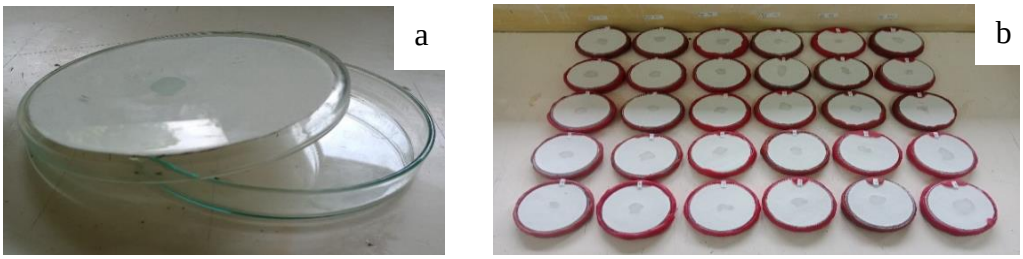
fraksi metanol. Pelarut dari ketiga fraksi yang diperoleh diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°-45°C.



Gambar 3.1 Prosedur fraksinasi minyak atsiri; (a) corong pemisah (*separatory funnel*), (b) Larutan yang terpisah, (c) *rotary evaporator*

3.6 Toksisitas Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Pengujian toksisitas minyak atsiri dilakukan menggunakan metode fumigasi terhadap imago dan larva *T. castaneum.* Pengujian pendahuluan dilakukan pada dosis 0,05; 0,15; 0,3; 0,45 dan 0,6 ml/l udara terhadap imago dan pada dosis 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2 ml/l udara terhadap larva. Minyak atsiri diencerkan dengan pelarut aseton sesuai dosis masing-masing, dipipet dan sebanyak 0,5 ml diteteskan secara merata pada kertas saring yang direkatkan pada permukaan tutup cawan. Sebagai kontrol, kertas saring hanya ditetesi dengan 0,5 ml aseton. Kertas saring perlakuan kemudian dibiarkan selama 2 menit untuk menguapkan pelarut. Sebanyak 20 imago atau larva *T. castaneum* dimasukkan ke dalam cawan. Kemudian tepung terigu sebanyak 0,25g dimasukkan ke dalam cawan sebagai makanan serangga uji. Cawan petri ditutup, celah penutup cawan disekat menggunakan plastisin untuk mencegah terjadinya penguapan minyak atsiri (Gambar 3.2). Tiap perlakuan dan kontrol diulang 5 kali. Pengamatan mortalitas dilakukan pada 72 jam setelah perlakuan. Uji lanjutan dilakukan menggunakan dosis yang mematikan serangga uji dalam kisaran 10-95%, yang didapatkan dari analisis probit berdasarkan hasil uji pendahuluan.



Gambar 3.2 Prosedur uji toksisitas minyak atsiri dengan metode fumigasi; (a) larutan uji diteteskan pada kertas saring yang direkatkan pada permukaan cawan petri dan dibiarkan menguap selama 2 menit, (b) cawan petri yang sudah dimasukkan serangga uji ditutup dan disekat menggunakan plastisin pada sisi cawan.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

3.7 Toksisitas Fraksi Minyak Atsiri

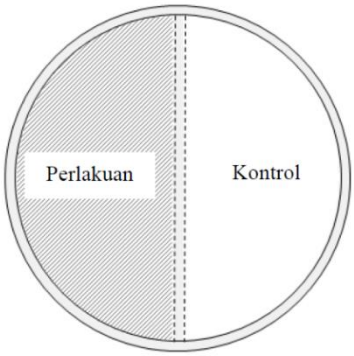
Ketiga fraksi minyak atsiri (fraksi *n*-heksana, etil asetat, dan metanol) selanjutnya diuji toksisitasnya menggunakan metode yang sama seperti pada prosedur uji toksisitas minyak atsiri. Fraksi minyak atsiri yang menyebabkan mortalitas paling tinggi dikategorikan sebagai fraksi aktif, kemudian fraksi aktif tersebut diuji lanjut untuk pengujian repelensisi.

3.8 Uji Repelensi

Prosedur uji repelensi menggunakan metode dua-pilihan (*dual-choice test*) yang merujuk pada metode Ofori dan Reichmut (1997). Masing-masing kertas saring dipotong menjadi dua bagian, satu bagian ditetesi larutan fraksi aktif dan satu bagian lain ditetesi aseton kemudian direkatkan pada alas cawan petri. Sebanyak 0,25 ml fraksi aktif minyak atsiri ditetesi secara merata pada setengah bagian kertas saring dan satu bagian lagi ditetesi 0,25 ml aseton sebagai kontrol. Sebanyak 20 ekor imago *T. castaneum* diletakkan di tengah-tengah cawan petri, kemudian cawan petri ditutup rapat dan penutup cawan direkatkan menggunakan plastisin. Pengamatan dilakukan pada 1, 3, dan 6 jam setelah perlakuan dengan cara menghitung jumlah imago yang terdapat pada area kontrol dan area perlakuan. Persentase repelensi dihitung dengan rumus :

$$\mathbf{R = \frac{K-P}{K} \times 100\%}$$

Dimana R merupakan persentase repelensi, K merupakan jumlah imago *T. castaneum* yang terdapat pada bagian kontrol, dan P merupakan jumlah imago yang terdapat pada bagian perlakuan.



Gambar 3.3 Prosedur metode dua-pilihan (*dual-choice test*)

3.9 Pengamatan Perkembangan Larva

Larva yang masih bertahan hidup setelah perlakuan uji toksisitas dipindahkan ke dalam cawan petri baru, kemudian diisi pakan tepung terigu dan dipelihara sampai menjadi pupa dan imago. Jumlah larva yang berhasil menjadi pupa dan berhasil menjadi imago dicatat setiap hari. Ketidaknormalan morfologi (malformasi) pada larva, pupa, dan imago diamati dibawah mikroskop stereo.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

3.10 Analisis Senyawa Fraksi Aktif Minyak Atsiri

Komposisi senyawa fraksi aktif minyak atsiri dianalisis menggunakan GCMS di Laboratorium Kesehatan Daerah Jakarta (https://labkesda.jakarta.go.id/). Gas helium digunakan sebagai gas pembawa dengan laju alir 3 ml/menit dan tekanan 10,523 psi. Suhu injektor dan detektor adalah 250°C. Suhu kolom diawali pada 70°C ditahan selama 2 menit lalu ditingkatkan bertahap dengan laju kenaikan suhu 5°C/menit hingga suhunya mencapai 250°C dan ditahan selama 8 menit. Peak-peak pada kromatogram yang diperoleh diidentifikasi berdasarkan kemiripannya menggunakan *Library Wiley 9* dengan tingkat kemiripan di atas 90%.

3.11 Analisis Data

Data mortalitas uji toksisitas dianalisis probit menggunakan program POLO-Plus untuk menentukan hubungan antara dosis minyak atsiri dan tingkat kematian serangga. Data perkembangan serangga dianalisis dengan sidik ragam dan uji beda nyata jujur (Tukey) pada taraf nyata 5% menggunakan program Minitab 17. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Toksisitas Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Hasil uji toksisitas menunjukkan bahwa MADJP memiliki efek fumigan terhadap larva dan imago *T. castaneum* (Tabel 4.1). Hasil uji pendahuluan dengan metode fumigasi menunjukkan persentase mortalitas serangga uji meningkat seiring dengan meningkatnya dosis MADJP (Tabel 4.1). Dosis tertinggi 2,0 ml/l udara pada larva mengakibatkan tingkat mortalitas larva sebesar 44,0%, sedangkan dosis tertinggi 0,6% ml/l udara pada imago dapat menyebabkan mortalitas imago sebesar 92%. Ekstrak dinyatakan efektif apabila dapat mengakibatkan tingkat kematian ≥ 80% (Prijono 2007). Menurut Kim *et al.* (2003), kemampuan minyak atsiri sebagai fumigan karena tingginya kandungan senyawa fumigan dalam minyak yang mengakibatkan tingginya volatilitas dari minyak atsiri.

Tabel 4.1 Mortalitas *T. castaneum* pada uji pendahuluan MADJP

Larva		Imago	
Dosis (ml/l udara)	x̄±SB	Dosis (ml/l udara)	x̄±SB*
0,4	21,0±9,6	0,05	10,0±6,1
0,8	37,0±13,0	0,15	23,0±11,0
1,2	36,0±11,4	0,30	50,0±12,3
1,6	33,0±11,0	0,45	75,0±19,4
2,0	44,0±11,4	0,60	92,0±8,4

*Simpangan baku

Hal ini menunjukkan bahwa fase larva memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap minyak atsiri dibandingkan fase imago. Saad (2011) menyatakan bahwa larva *T. castanaeum* lebih tahan terhadap aktivitas fumigan minyak atsiri dibanding imago. Ketahanan fase larva dibanding fase imago diduga karena larva memiliki laju metabolisme rendah (kurang aktif) dibanding imago sehingga lebih toleran terhadap efek fumigan minyak atsiri.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan dilakukan analisis probit untuk data mortalitas imago, sedangkan data mortalitas larva tidak dilakukan analisis probit karena menunjukkan hasil yang kurang efektif (Tabel 4.2). Ekstrak dikatakan efektif apabila perlakuan dengan ekstrak tersebut dapat mengakibatkan tingkat kematian ≥ 80% (Prijono 2007).

Tabel 4.2 Analisis probit MADJP pada mortalitas imago

b±SB*	LD_{50}** ml/l udara	LD_{95} ml/l udara
2,43±0,20	0,24 (0,12±0,42)***	1,14 (0,57±16,60)

*kemiringan regresi probit dan simpangan baku
**_lethal dose_
***selang kepercayaan 95%

@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Hasil pengujian dengan metode fumigasi menunjukkan persentase mortalitas serangga uji meningkat seiring dengan meningkatnya dosis MADJP. Uji lanjut MADJP menyebabkan mortalitas imago terendah terjadi pada dosis 0,05 ml/l udara sebesar 10%, dan mortalitas imago tertinggi pada dosis 0,6 ml/l udara sebesar 92%. Berdasarkan hasil analisis probit pada (Tabel 4.2), menunjukkan dosis efektif MADJP mematikan 50% populasi imago sebesar 0,24 ml/l udara dan mematikan populasi imago 95% sebesar 1,14 ml/l udara.

4.2 Toksisitas Fraksi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Pada proses fraksinasi diperoleh fraksi *n*-heksana dan etil asetat berturut-turut sebanyak 29 ml (72,5%) dan 11 ml (27,5%) dan tidak didapatkan fraksi metanol. Hasil fraksinasi ini menunjukkan bahwa MADJP didominasi oleh senyawa-senyawa dari kelompok senyawa nonpolar. Senyawa nonpolar akan larut dalam pelarut nonpolar, sebaliknya senyawa polar akan larut dalam pelarut polar yang dikenal dengan prinsip *likes disolve likes*. Berdasarkan hasil uji lanjut pada (Tabel 4.2), kedua fraksi yang diperoleh tersebut diuji terhadap imago menggunakan dosis efektif hasil analisis probit dengan metode fumigasi.

Uji toksistas fraksi *n*-heksana dan fraksi etil asetat menunjukkan bahwa fraksi *n*-heksana merupakan fraksi yang aktif terhadap imago *T. castaneum*, sedangkan fraksi etil asetat merupakan fraksi yang tidak aktif (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Mortalitas imago terhadap dua fraksi MADJP

Dosis (ml/l udara)	Rata-rata mortalitas imago (%) ±SB*	
	Fraksi *n*-heksana	Fraksi etil asetat
0,03	10,0±3,5	0,0±0,0
0,12	17,0±57	2,0±2,7
0,24	42,0±17,5	3,0±4,5
0,45	83,0±14,4	5,0±6,1
1,14	98,0±2,7	8,0±12,6

*Simpangan baku

Fraksi *n*-heksana MADJP memiliki efek toksisitas terhadap imago yang lebih tinggi daripada fraksi etil asetat dan minyak atsiri kasarnya, sehingga fraksi tersebut berpotensi dikembangkan lebih lanjut (Tabel 4.3). Hal ini mungkin disebabkan karena senyawa yang tidak aktif sudah tereliminasi sehingga dapat memengaruhi kerja dari senyawa toksik sehingga meningkatkan tingkat mortalitas serangga. Rajendran & Sriranjini (2008) menyatakan bahwa dengan cara fraksinasi dapat diperoleh fraksi aktif agar lebih spesifik memberi dampak pada serangga target.

4.3 Repelensi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Uji repelensisi menggunakan fraksi *n*-heksana minyak atsiri hanya dilakukan pada imago karena larva tidak mampu bertahan ketika kontak langsung dengan aseton yang sudah diuapkan selama dua menit pada kontrol.

IPB University Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Tabel 4.4 Repelensi imago *T. castaneum* terhadap fraksi *n*-heksana MADJP

Dosis (ml/l udara)	Rata-rata repelensisi imago (%) ±SB*		
	1 JSP	3 JSP	6 JSP**
0,03	72,4±23,0	91,1±12,5	95,5±6,0
0,12	77,2±38,5	89,2±10,9	95,5±8,8
0,24	9,3±6,4	92,7±11,0	97,2±5,5
0,45	90,9±11,8	100±0,0	100±0,0
1,14	96,3±6,4	100±0,0	100±0,0

* Simpangan baku
** Jam setelah perlakuan

Hasil uji repelensi menunjukkan persentase repelensi yang tinggi terhadap imago *T. castaneum* (Tabel 4.4). Hal ini mungkin disebabkan pada konsentrasi minyak atsiri yang tinggi, maka kandungan senyawa aktifnya juga lebih tinggi. Pada dosis terendah 0,03 ml/l udara pada waktu pengamatan 1 JSP menunjukkan tingkat repelensi yang paling rendah yaitu 72,4%, namun kemudian meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengamatan, pada 6 JSP tingkat repelensi meningkat menjadi 95,5%. Kemudian tingkat repelensi pada dosis tertinggi 1,14 ml/l udara pada 1 JSP sebesar 96,3% dan pada 6 JSP meningkat hingga 100% (Tabel 4.4).

Repelensi disebabkan karena serangga memiliki reseptor kimiawi dengan tingkat kepekaan yang sangat tinggi terhadap beberapa senyawa kimia dan dapat mendeteksi aroma khusus pada konsentrasi yang sangat rendah. Menurut Hasyim *et al.* (2014), minyak atsiri yang mempunyai ciri khas bersifat volatil (mudah menguap) dapat merangsang reseptor kimia serangga dalam aktivitasnya.

Berdasarkan hasil uji repelensisi fraksi aktif minyak atsiri tersebut menunjukkan bahwa selain menggunakan metode fumigasi dapat juga dengan menggunakan metode repelensi dalam melindungi produk dalam gudang terhadap serangan hama gudang *T. castaneum.*

4.4 Pengaruh Fumigasi MADJP terhadap Perkembangan Larva

Hasil uji fumigasi MADJP menunjukkan kurang efektif terhadap larva *T. castaneum*. Kelima dosis yang digunakan menunjukkan tingkat mortalitas yang rendah terhadap fase larva. Perlakuan MADJP dosis terendah 0,4 ml/l udara dan tertinggi 2 ml/l udara menghasilkan fase larva yang gagal menjadi pupa berturut-turut sebesar 25% dan 20%. Gejala morfologi pada larva yang gagal menjadi pupa tampak berupa perubahan warna pada larva menjadi cokelat kehitaman, tubuh larva mengerut dan mengering setelah satu minggu pengamatan.

Tabel 4.5 Persentase perkembangan *T. castaneum* setelah uji fumigan 72 JSP

Dosis (ml/l udara)	Rata-rata larva menjadi pupa (%)	Rata-rata pupa menjadi imago (%)
Kontrol	97 a*	86 a
0,4	62 b	28 b
0,8	41 bc	12 bc
1,2	36 c	9 c
1,6	37 c	10 bc
2,0	28 c	6 c

* Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf α=5%

IPB University Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

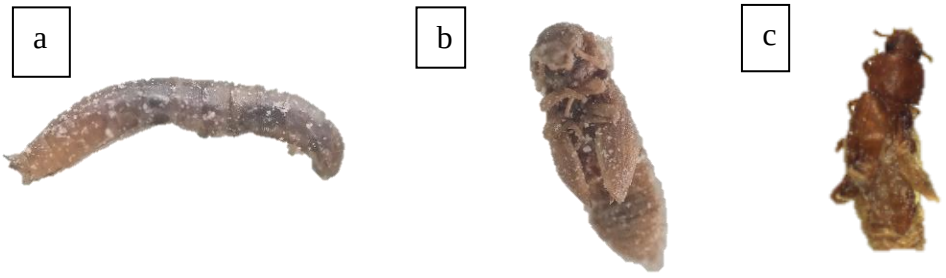
Malformasi juga terjadi pada perkembangan pupa menjadi imago. Gejala pada pupa yang gagal menjadi imago hampir sama seperti larva yang gagal menjadi pupa yang menujukkan ciri warna menjadi cokelat kehitaman, mengerut, dan mengering.

Pada perlakuan kontrol persentase perkembangan larva menjadi pupa sebesar 97% dan perkembangan pupa menjadi imago sebesar 86%, sedangkan pada dosis tertinggi 2,0 ml/l udara persentase perkembangan larva menjadi pupa hanya sebesar 28% dan perkembangan pupa menjadi imago hanya sebesar 6% (Tabel 4.5). Hal ini menunjukkan bahwa MADJP mampu menghambat perkembangan serangga hama gudang *T. castaneum.*

Hasil ini mengindikasikan bahwa MADJP selain mengakibatkan mortalitas, juga dapat menghambat perkembangan larva *T. castaneum* pada dosis *sublethal*. Menurut Dadang & Prijono (2008), beberapa insektisida nabati dapat menghambat perkembangan serangga dan pengaruhnya mulai tampak menjelang atau pada saat serangga berganti kulit.

Minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan serangga hingga mengalami abnormalitas morfologi (Syam *et al.* 2017). Hal tersebut mungkin diakibatkan karena minyak atsiri jeruk purut mampu menyebabkan kerusakan jaringan hingga kematian. Menurut Garry dan Lyubimov (2001), insektisida dapat mengakibatkan berkurangnya produksi ATP menyebabkan sel menjadi kekurangan energi dan dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan jaringan bahkan kematian.

Menurut Hanan (2013), malformasi atau kelainan morfologi pada serangga uji disebabkan adanya efek menghambat metamorfosis oleh minyak atsiri, sehingga terganggunya sistem *hormonal* serangga. Serangga yang tidak tahan terhadap senyawa aktif, minyak atsiri sebagian akan mati dan yang tahan akan tetap hidup namun perkembangannya tidak normal atau mengalami malformasi.



Gambar 4.1 Gejala akibat perlakuan fraksi aktif minyak atsiri; (a) larva gagal menjadi pupa, (b) pupa gagal menjadi imago, (c) imago abnormal

4.5 Identifikasi Senyawa dalam Fraksi *n*-Heksana

Analisis komposisi kimia fraksi *n*-heksana menggunakan GCMS menunjukkan adanya delapan senyawa dengan kandungan yang berbeda-beda (Tabel 4.6). Berdasarkan kemiripannya, kedelapan senyawa tersebut adalah Phellandrene, Sitronela, Linalool, Isopulegol, 2,6-Octadine, 2,6-dimethyl-, Geranyl propionate, Sitronelol, dan 2,2,7-Trimethyl-3-octyne.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Tabel 4.6 Komposisi kimia fraksi *n*-heksana MADJP menggunakan GCMS

Sampel	Retentian Time	Kemiripan (%)	Senyawa	Kandungan (%)
MADJP Fraksi *n*-Heksana	8,899	94	.beta - Phellandrene	1,91
	25,466	90	Citronellal	79,05
	28,958	97	Linalool	1,74
	28,968	97	Linalool	1,91
	30,214	89	Isopulegol	1,41
	35,579	97	2,6-Octadiene, 2,6-dimethyl-	2,26
	40,466	72	Geranyl propionate	1,60
	40,726	98	Citronellol	4,30
	52,442	49	3-Octyne, 2,2,7-trimethyl-	1,14

Berdasarkan hasil analisis, senyawa linalool muncul dua kali hal ini dapat terjadi dikarenakan waktu retensi yang hampir sama dengan kemiripan 97% yang memungkinkan bahwa salah satu dari kedua senyawa tersebut merupakan isomer dari senyawa linalool. Senyawa yang paling dominan di antara kedelapan senyawa tersebut adalah adalah sitronela. Anshori (2009) mengemukakkan bahwa sitronela merupakan senyawa monoterpena yang mempunyai gugus aldehid. Menurut Santya dan Hendri (2013) senyawa sitronela dalam MADJP termasuk senyawa yang bersifat *repellent* terhadap serangga.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

Perpustakaan IPB University

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

MADJP memiliki efek fumigan yang efektif terhadap imago dan menghambat perkembangan serangga *T. castaneum*, tetapi kurang efektif terhadap larva instar ke-3. Fraksi *n*-heksana memberikan tingkat mortalitas paling tinggi. Fraksi *n*-heksana sebagai fraksi aktif MADJP mengakibatkan mortalitas pada imago dan tingkat repelensi 100% pada dosis 1,14 ml/l udara. Sitronela merupakan senyawa yang paling dominan dalam fraksi *n*-heksana MADJP.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai dampak MADJP terhadap lingkungan maupun terhadap produk yang akan dilindungi dan juga terkait aplikasi skala besar serta pemanfaatan di lapangan perlu dilakukan.

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

[AFHB] ASEAN Food Handling Bureau, [ACIAR] Australian Centre for International Agricultural Research. 1989. *Suggested Recommendations for the Fumigation of Grain in the ASEAN Region. Part 1: Principles and General Practice.* Canberra (AU). Media Works Enterprise. 131p.

Anshori JA. 2009. Siklisasi intramolekuler sitronela dikatalisis zeolit dan bahan mesoporus. *Karya Tulis Ilmiah*. Bandung (ID): Universitas Padjajaran.

Bennett, Struart M. 2003. Life Cycle *Sitophilus* spp. spp. and Life Cycle *Triboliumspp* spp. U.S. Department of Agriculture. Cooperative Extension Service. Florida (US): University of Florida.

Dadang. 2004. *Penggunaan ekstrak tumbuhan sebagai teknologi alternatif yang ramah lingkungan dalam pengendalian hama gudang*. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.

Dadang, Prijono D. 2008. *Insektisida Nabati Prinsip, Pemanfaatan dan Pengembangan*. Departemen Proteksi Tumbuhan. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor (ID).

Dubey NK, Shukla R, Kumar A, Singh P, Prakash B. 2010. Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculure. *Curr Scie*. 4(25):479-480.

Garry VF, Lyubimov AV. 2001. Phosphine. Di dalam: Krieger RI (Eds.). *Handbook of Pesticide Toxicology, 2nd ed. Vol. 2: Agents*. San Diego (US): *Academic Press*. Hlm 1861-1866.

Hanan BA. 2013. Evaluation of insecticidal activities of *Mentha piperita* and *Lavandula angustifolia* essential oils against house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *J Entomol and Nematol.* 5(4):50-54.

Harahap LH. 2003. *Mengenal Lingkungan dan Perkembangan Hama Pascapanen*. Belawan (ID): Balai Besar Karantina Pertanian Belawan.

Hasyim A, Setiawati W, Jayanti H, Krestini EH. 2014. Repelensi minyak atsiri terhadap hama gudang bawang *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyrallidae) di laboratorium. *J Hort.* 24(4):336-345.

Hill DS. 1983. *Agricultural Insect Pests of the Tropics and Their Control*. Ed ke-2. Oxford (GB): Cambridge University Press.

Isman MB. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protect*. 19:603-608.

Jungwi M. 2009. The Life Cycle of *Tribolium* spp. Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba. Agriculture & Agri-Food Canada, Cereal Research Centre Canada (UK): Winnipeg

Koul O, Walia S, Dhaliwal GS. 2008. Essential oils as green pesticides: Potential and constrains. *Biopest*. 4(1):63-84.

Ofori DO, Reichmuth CH. 1997. Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of storedproduct Coleoptera. *Inter J Pest Manag.* 43(1):89-94.

Parwata IMOA, Rita WS, Yoga R. 2009 Isolasi dan uji antiradikal bebas minyak atsiri pada daun sirih (*piper betle* linn) secara spektroskopi ultra violet-tampak. *Jurnal Kimia*. 3(1): 7-13.

@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

Prijono D. 2007. *Modul magang pengembangan dan pemanfaatan pestisida nabati bagi petugas BPTPH Sulawesi Utara Bogor, 2-5 Juli 2007*. Bogor(ID): Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Rajendran S, Sriranjini V. 2008. Plant products as fumigant for stored product insect control. *J Stor Prod Res.* 44(2):126-135.

Saad MMAE, Ajlan AMA, Eid MAA, Khowh IAB. 2011. Repellent and Fumigant Effects of Essential Oil from Clove Buds *Syzygium aromaticum* L. Against *Tribolium castaneum* (Herbest) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J Agri Scie and Tech.* 1:613-620.

Santya E, Hendri J. 2013. Daya proteksi ekstrak kulit jeruk purut (*Cytrus hystrix*) terhadap nyamuk demam berdarah. *Jurnal Aspirator*. 5 (2): 61-66.

Syam S, Harahap IS, Dadang. 2017. Efek fumigan dan repelen fraksi minyak atsiri (*Mentha piperita*) terhadap (*Tribolium castaneum*) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 28(2):181-190.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bogor, Jawa Barat, pada tanggal 29 Maret 1994 sebagai anak kedua dari pasangan Prof. Agus Kardinan dan Sri Angkati. Tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Selama masa pendidikan sarjana penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMABIO) dan memiliki banyak prestasi di bidang olahraga dan seni.

Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada tahun 2017, kemudian penulis magang di R&D Syngenta Cikampek selama 3 bulan. Setelah selesai magang penulis bekerja di Lembaga Sertifikasi Organik INOFICE, Bogor sebagai inspektor/auditor lapang hingga sekarang. Tahun 2018 perusahaan mengizinkan penulis untuk melanjutkan pendidikan Program Magister Sains pada Program Pengendalian Hama Terpadu IPB.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University