

## KEEFEKTIFAN MINYAK ATSIRI DAUN JERUK PURUT SEBAGAI FUMIGAN *Tribolium castaneum* (HERBST)

### *The Effectiveness of Kaffir Lime Leaf Essential Oil as a Fumigant for Tribolium castaneum (Herbst)*

ALIF KHALIFAH<sup>1</sup>, IDHAM SAKTI HARAHAP<sup>2</sup>, DAN DADANG<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lembaga Sertifikasi Organik INOFICE, Jl. Cempaka Blok Z - VII No. 2, Kel. Kedung Waringin, Kec. Tanah Sareal, Kota Bogor 16161

<sup>2</sup> Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga Bogor 16680 Jawa Barat, Indonesia

\*Email: [alifkhalifah29@gmail.com](mailto:alifkhalifah29@gmail.com)

Diterima: 02-11-2020 ; Direvisi: 19-06-2021 ; Disetujui: 17-11-2021

#### ABSTRAK

Serangga hama seringkali menjadi masalah pada produk pascapanen yang disimpan. Salah satu hama yang sering menyerang produk pascapanen di gudang penyimpanan adalah *Tribolium castaneum* (Herbst). Upaya pengendalian hama gudang yang paling umum dilakukan adalah dengan fumigasi. Aplikasi fumigan yang tidak bijaksana dan tidak tepat dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti terjadinya resistensi hama. Oleh karena itu, perlu dikembangkan strategi pengendalian alternatif yang lebih ramah lingkungan melalui penggunaan minyak atsiri. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keefektifan minyak atsiri daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) sebagai fumigan nabati terhadap *T. castaneum* yang dilaksanakan di SEAMEO Biotrop Bogor. Minyak atsiri daun jeruk purut (MADJP) diperoleh melalui distilasi. Pengujian dalam penelitian ini meliputi uji toksisitas minyak atsiri dan fraksi minyak atsiri, uji repelensi, dan uji pengaruh minyak atsiri terhadap perkembangan larva. Fraksi *n*-heksana MADJP menyebabkan kematian yang tinggi pada imago *T. castaneum* setelah 72 jam fumigasi. Nilai LD<sub>95</sub> MADJP pada imago sebesar 1,14 ml/l udara. MADJP juga memiliki aktivitas repelensi yang tinggi terhadap imago. Dosis terendah 0,03 ml/l udara dan dosis tertinggi 1,14 ml/l udara menunjukkan derajat keandalan berturut-turut 95,5 dan 100% pada 6 jam setelah perlakuan. Analisis komposisi kimia menggunakan GCMS menunjukkan bahwa sitronela merupakan senyawa yang paling dominan sebesar 79,05%.

**Kata kunci** : *Citrus hystrix*, fumigasi, hama pasca panen, sitronela

#### ABSTRACT

Pests are often a problem with stored post-harvest products. One of the pests that often attack post-harvest products in storage is *Tribolium castaneum* (Herbst). The most common warehouse pest control effort is fumigation. Unwise and inappropriate application of fumigants can cause various negative impacts, such as pest resistance. Therefore, it is necessary to develop alternative control strategies that are more environmentally friendly through essential oils. The purpose of this study was to determine the effectiveness of kaffir lime (*Citrus hystrix*) essential oil as a botanical fumigant against *T. castaneum* that held at SEAMEO Biotrop Bogor. Kaffir lime leaf essential oil (KLLEO) is obtained by distillation. Tests in this study include the toxicity test of essential oils and essential oil fractions, resistance tests, and test the effect of essential oils on larval development. KLLLEO *n*-hexane fraction caused high mortality of *T. castaneum* imago after 72 hours of fumigation. The LD<sub>95</sub> KLLLEO value in imago was 1.14 ml / 1 of air. MADJP also had high repellency activity against imago. The lowest dose of 0.03 ml/l air and the highest dose of 1.14 ml/l air showed a degree of 95.5 and 100% reliability, respectively, 6 hours after

treatment. Chemical composition analysis using GCMS showed that citronella was the most dominant compound at 79.05%.

**Keywords**: *Citrus hystrix*, fumigation, post-harvest pests

#### PENDAHULUAN

Kegiatan pascapanen merupakan salah satu tahapan yang penting dalam bidang pertanian. Permasalahan hama dapat terjadi pada saat tanaman masih di lapangan maupun pada tahap pascapanen. Kerusakan dan kehilangan hasil pada biji-bijian dan bahan pangan selama masa penyimpanan dapat disebabkan oleh berbagai faktor (Prasetyani 2016). Beras merupakan salah satu komoditas pertanian terpenting untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia (Zuwarman 2020). Mutu gabah mempengaruhi mutu beras, di antaranya beras kepala, butir patah, butir rusak, dan rendemen (Indrasari et al. 2016). 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* atau kumbang tepung merah merupakan hama utama pada tepung terigu namun dapat menyerang bahan pangan olahan lainnya (Rafidatillah 2018). Imago *T. castaneum* dapat bertelur antara 300-400 butir dan bertahan hidup sampai 3 tahun pada kondisi yang optimal (Sreeramoju, Prasad dan Lakshmi pathi 2016).

Berbagai cara pengendalian telah dilakukan untuk mengendalikan hama gudang primer maupun sekunder. Hingga saat ini, metode pengendalian hama gudang masih bergantung pada penggunaan insektisida dan fumigan sintetik (Oktaviani 2019). Penggunaan insektisida sintetik yang berlebihan selain berbahaya

bagi kesehatan konsumen juga memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Cristiana 2019). Fumigasi dilakukan dalam ruang kedap udara dengan menggunakan senyawa kimia yang biasa disebut sebagai fumigan. Beberapa jenis fumigan yang dikenal di dunia di antaranya adalah fosfin (PH<sub>3</sub>), metil bromida (CH<sub>3</sub>Br), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), etil format (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>), hidrogen sianida (HCN), dan sulfuril fluorida (SO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) (Widayanti 2016).

Penggunaan fumigasi dengan metil bromida hanya diperbolehkan untuk tindakan karantina dan pra-pengapalan, sedangkan untuk penyimpanan di gudang tidak diperbolehkan lagi karena merusak lapisan ozon (Hidayat 2012). Menurut Syam (2017), fumigasi menggunakan fosfin merupakan upaya pengendalian *T. castaneum* yang paling umum dilakukan. Penggunaan fosfin yang dilakukan secara terus-menerus dapat menyebabkan berkembangnya tingkat resistensi hama terhadap fosfin (Widayanti 2016). Resistensi *T. castaneum* terhadap fosfin telah menjadi masalah utama di banyak negara (Gautam *et al.* 2016). Untuk itu perlu dikembangkan strategi pengendalian alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan insektisida sintetik yaitu dengan menggunakan minyak atsiri sebagai fumigan (Oktaviani 2019). Salah satu jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai fumigan nabati adalah jeruk purut (*Citrus hystrix*) famili Rutaceae. Menurut Samsudin, Soesanthy dan Syafaruddin (2016), kelebihan dari bahan nabati yaitu tidak menimbulkan resistensi, mudah terdegradasi, selektivitas tinggi, toksisitas terhadap mamalia rendah, dan dapat berfungsi sebagai atraktan serta repelen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan minyak atsiri daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) (MADJP) sebagai fumigan nabati terhadap *T. castaneum*.

## BAHAN DAN METODE

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

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, kuas cat kecil, stoples, gunting, lem kertas, cawan petri, kertas saring, plastisin, dan mikroskop stereo Leica EZ4 HD.

## 1. Persiapan Penelitian

### (a) Pemeliharaan dan Perbanyakan *T. castaneum*

Perbanyakan serangga uji dilakukan sesuai dengan metode Syam (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 °C. Imago yang berumur 10-14 hari dan larva instar 3 digunakan untuk pengujian.

### (b) Distilasi Daun Jeruk Purut

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

### (c) 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 Syam (2017). 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 fraksi metanol. Pelarut dari ketiga fraksi yang diperoleh kemudian diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°-45°C selama 40 menit.

## 2. Pengujian Minyak Atsiri

### (a) 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 0,25 g dimasukkan ke dalam cawan sebagai makanan serangga uji. Cawan petri ditutup, celah penutup cawan disekat menggunakan plastisin untuk mencegah terjadinya penguapan minyak atsiri. 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.

#### (b) 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 repelensi.

#### (c) Uji Repelensi

Prosedur uji repelensi menggunakan metode dua-pilihan (*dual-choice test*) yang merujuk pada metode Syam (2017). Masing-masing kertas saring ukuran 9x9 cm 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.

#### (d) 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 di bawah mikroskop stereo.

### 3. Analisis

#### (a) Analisis Senyawa Fraksi Aktif Minyak Atsiri

Komposisi senyawa fraksi aktif minyak atsiri dianalisis menggunakan GCMS (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy) 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%.

#### (b) Analisis Data

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

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Toksisitas Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Hasil uji toksisitas menunjukkan bahwa minyak atsiri daun jeruk purut memiliki efek fumigan terhadap larva dan imago *T. castaneum* (Tabel 1). Hasil uji pendahuluan dengan metode fumigasi menunjukkan persentase mortalitas serangga uji meningkat seiring dengan meningkatnya dosis minyak atsiri daun jeruk purut (Tabel 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%.

Hal ini menunjukkan bahwa fase larva memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap minyak atsiri dibandingkan fase imago. Saad et al. (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.

Tabel 1. Rerata mortalitas larva dan imago *T. castaneum* pada uji toksisitas minyak atsiri daun jeruk purut  
 Table 1. Average mortality of larvae and imago of *T. castaneum* kaffir lime leaf essential oil toxicity test

Larva ( <i>Larvae</i> )		Imago ( <i>Imago</i> )	
Dosis (ml/l udara) <i>Dose (ml/l air)</i>	$\bar{x} \pm SB^*$ $\bar{x} \pm SD$	Dosis (ml/l udara) <i>Dose (ml/l air)</i>	$\bar{x} \pm SB$ $\bar{x} \pm SD$
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 (*Standard deviation*).

Berdasarkan hasil uji pendahuluan dilakukan analisis probit untuk data mortalitas imago (Tabel 2), sedangkan data mortalitas larva tidak dilakukan analisis probit karena menunjukkan hasil yang kurang efektif. 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 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. Perbedaan nilai LD (*lethal dose*) pada masing-masing serangga uji dipengaruhi oleh perbedaan respons serangga uji terhadap suatu bahan aktif yang disebabkan oleh faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik.

Tabel 2. Analisis probit minyak atsiri daun jeruk purut pada mortalitas imago

Table 2. *Kaffir lime leaf essential oil probit analysis on imago mortality*

$b \pm SB^*$	LD <sub>50</sub> ml/l udara**	LD <sub>95</sub> ml/l udara
$b \pm SD$	LD <sub>50</sub> ml/l air	LD <sub>95</sub> ml/l air
2,43±0,20	0,24 (0,12±0,42)***	1,14 (0,57±16,60)

\*kemiringan regresi probit dan simpangan baku (*probit regression slope and standard deviation*)

\*\*dosis letal (*lethal dose*)

\*\*\*selang kepercayaan 95% (*confidence interval 95%*)

### Toksitas 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 minyak atsiri daun jeruk purut didominasi oleh senyawa-senyawa dari kelompok senyawa non polar. Senyawa non polar akan larut dalam pelarut non polar, sebaliknya senyawa polar

akan larut dalam pelarut polar yang dikenal dengan prinsip *likes dissolve likes*. Berdasarkan hasil uji lanjut pada Tabel 2, kedua fraksi yang diperoleh tersebut diuji terhadap imago menggunakan dosis efektif hasil analisis probit dengan metode fumigasi. Uji toksisitas 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 3).

Tabel 3. Rerata mortalitas imago *T. castaneum* terhadap dua fraksi minyak atsiri daun jeruk purut

Table 3. *Average mortality of T. castaneum imago against the two kaffir lime leaf essential oil fractions*

Dosis (ml/l udara) <i>Dose (ml/l air)</i>	Rata-rata mortalitas imago (%) ±SB*	
	<i>Average mortality of imago (%) ±SD</i>	
	Fraksi <i>n</i> -heksana <i>n-hexane fraction</i>	Fraksi etil asetat <i>Ethyl acetate</i>
0,03	10,0±3,5	0,0±0,0
0,12	17,0±5,7	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 (*Standard deviation*)

Fraksi *n*-heksana minyak atsiri daun jeruk purut memiliki efek toksisitas terhadap imago yang lebih tinggi daripada fraksi etil asetat dan minyak atsiri kasarnya, sehingga fraksi tersebut berpotensi dikembangkan lebih lanjut (Tabel 3). Hal ini mungkin disebabkan karena senyawa yang tidak aktif sudah tereliminasi sehingga diperoleh fraksi aktif yang dapat mempengaruhi kerja dari senyawa toksik dan meningkatkan tingkat mortalitas serangga. Selain itu, mortalitas imago dalam pengamatan juga diakibatkan oleh adanya faktor dari serangga uji itu sendiri seperti adanya perbedaan ukuran tubuh karena pengamatan yang dilakukan terlihat imago yang mati relatif lebih kecil (Cameron, Arinafril dan Mulawarman 2016).

### Repelensi Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut

Uji repelensi 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. Hasil uji repelensi menunjukkan persentase repelensi yang tinggi terhadap imago *T. castaneum* (Tabel 4). Hal ini mungkin disebabkan pada konsentrasi minyak atsiri yang tinggi, 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 0,45 ml/l dan 1,14 ml/l udara pada 1 JSP sebesar 90,9 dan 96,3% dan pada 6 JSP tingkat repelensi kedua dosis tersebut meningkat hingga 100% (Tabel 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 repelensi 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*.

### Pengaruh Fumigasi MADJP terhadap Perkembangan Larva *T. castaneum*

Berdasarkan hasil uji toksisitas MADJP (Tabel 1) menunjukkan kurang efektif terhadap larva *T. castaneum*. Kelima dosis yang digunakan menunjukkan tingkat mortalitas yang rendah terhadap fase larva. 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. Repelensi imago *T. castaneum* terhadap fraksi *n*-heksana minyak atsiri daun jeruk purut  
Table 4. Imago repellency of *T. castaneum* to the *n*-hexane fraction Kaffir Lime Leaf Essential Oil

Dosis (ml/l udara) <i>Dose (ml/l air)</i>	Rata-rata repelensi imago (%) $\pm$ SB* <i>Average repellency of imago (%) <math>\pm</math>SD</i>		
	1 JSP 1 HAT	3 JSP 3 HAT	6 JSP** 6 HAT
0,03	72,4 $\pm$ 23,0	91,1 $\pm$ 12,5	95,5 $\pm$ 6,0
0,12	77,2 $\pm$ 38,5	89,2 $\pm$ 10,9	95,5 $\pm$ 8,8
0,24	9,3 $\pm$ 6,4	92,7 $\pm$ 11,0	97,2 $\pm$ 5,5
0,45	90,9 $\pm$ 11,8	100 $\pm$ 0,0	100 $\pm$ 0,0
1,14	96,3 $\pm$ 6,4	100 $\pm$ 0,0	100 $\pm$ 0,0

\*Simpangan baku (*Standard deviation*)

\*\*Jam setelah perlakuan (*Hours after treatment*)

Tabel 5. Persentase perkembangan larva dan pupa *T. castaneum* setelah uji fumigan 72 jam

Table 5. Percentage of larval and pupal development of *T. castaneum* after 72 hours of fumigant test

Dosis (ml/l udara) <i>Dose (ml/l air)</i>	Rerata larva menjadi pupa (%) <i>Larvae average becomes pupae (%)</i>	Rerata pupa menjadi imago (%) <i>Pupae average becomes imagoes (%)</i>
Kontrol ( <i>Control</i> )	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  $\alpha=5\%$  (*The same letter in the same column shows no significant difference based on Tukey's test at level =5%*).

Malformasi juga terjadi pada perkembangan pupa menjadi imago. Gejala pada pupa yang gagal menjadi imago hampir sama seperti larva yang gagal menjadi pupa yang menunjukkan 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 5). Hal ini menunjukkan bahwa minyak atsiri daun jeruk purut mampu menghambat perkembangan serangga hama gudang *T. castaneum*.

Hasil ini mengindikasikan bahwa minyak atsiri daun jeruk purut selain mengakibatkan mortalitas, juga dapat menghambat perkembangan larva *T. castaneum* pada dosis *sub-lethal*. Minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan serangga hingga mengalami abnormalitas morfologi (Syam 2017). Hal tersebut mungkin diakibatkan karena minyak atsiri jeruk purut mampu menyebabkan kerusakan jaringan hingga 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.

### Identifikasi Senyawa dalam Fraksi *n*-Heksana

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

Berdasarkan hasil analisis, senyawa linalool muncul dua kali dengan waktu retensi berbeda. Hal ini dapat terjadi karena salah satu senyawa merupakan isomer senyawa yang lain. Linalool adalah senyawa yang dapat meningkatkan aktivitas saraf sensorik pada serangga, sehingga stimulasi saraf motorik lebih besar yang mengakibatkan serangga mengalami kejang-kejang dan kelumpuhan pernafasan (Ferlandina 2016). Senyawa yang paling dominan di antara kedelapan senyawa tersebut adalah sitronela. Namun hasil pengujian ini bisa berbeda tergantung dari sumber tanaman yang akan diolah menjadi minyak atsiri. Menurut Dacosta, Sudirga dan Muksin (2017), faktor kondisi lahan pada tanaman yang akan diolah menjadi minyak atsiri dapat mempengaruhi senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri tersebut.

Tabel 6. Komposisi kimia fraksi *n*-heksana minyak atsiri daun jeruk purut menggunakan GCMS

Table 6. Chemical composition of Kaffir Lime Leaf Essential Oil *n*-hexane fraction using GCMS

Sampel <i>Sample</i>	Waktu Retensi <i>Retention Time</i>	Kemiripan (%) <i>Similarity (%)</i>	Senyawa <i>Compound</i>	Konsentrasi (%) <i>Concentration (%)</i>
MADJP Fraksi <i>n</i> -Heksana KLLEO Fraction <i>n</i> -Hexane	8,90	94	beta- Phellandrene	1,91
	25,47	90	Sitronela	79,05
	28,96	97	Linalool	1,74
	28,97	97	Linalool	1,91
	30,21	89	Isopulegol	1,41
	35,58	97	2,6-Octadiene, 2,6-dimethyl-	2,26
	40,47	72	Geranyl propionate	1,60
	40,73	98	Sitronelol	4,30
52,44	49	3-Octyne, 2,2,7-trimethyl-	1,14	

### KESIMPULAN DAN SARAN

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 98% pada imago dan tingkat repelensi 100% pada dosis 1,14 ml/l

udara. Sitronela merupakan senyawa yang paling dominan dalam fraksi *n*-heksana MADJP.

### PERNYATAAN KONTRIBUSI

Dalam artikel ini Alif Khalifah berperan sebagai kontributor utama, Idham Sakti Harahap berperan sebagai kontributor anggota, dan Dadang berperan sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Cameron, R., Arinafril & Mulawarman (2016) Uji bioaktivitas ekstrak daun zodea (*evodia suaveolens* Sheff) terhadap hama gudang *tribolium castaneum*(coleoptera: tenebrionidae) herbst. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 5 (3).
- Cristiana, S. (2019) *Keefektifan minyak atsiri pala dan cengkih sebagai fumigan untuk pengendalian larva Oryzaephilus surinamensis (Coleoptera: Silvanidae)*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dacosta, M., Sudirga, S. & Muksin, I. (2017) Perbandingan kandungan minyak atsiri tanaman sereh wangi (*Cymbopogon nardus* L. Rendle) yang ditanam di lokasi berbeda. *J Simbiosis*. 5 (1), 25–31.
- Ferlandina, K. (2016) *Efek fumigan minyak atsiri daun serai (Cymbopogon citratus) dan kulit batang kayu lawang (Cinnamomum cullilawan) terhadap imago Callosobruchus maculatus (F.)*. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Gautam SG., Opit GP., Hosoda E. (2016) Phosphine resistance in adult and immature life stages of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) populations in California. *J Econ Entomol*. 0, 1–9.
- Hanan, B. (2013) Evaluation of insecticidal activities of *Mentha piperita* and *Lavandula angustifolia* essential oils against house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). 5 (4), 50–54.
- Hasyim, A., Setiawati, W. Jayanti, H. & Krestini, EH. (2014) Repelensi minyak atsiri terhadap hama gudang bawang *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) di laboratorium. *J Hort*. 24 (4), 336–345.
- Hidayat, P. (2012) *Menuju penghapusan penggunaan metil bromida di pergudangan di Indonesia*. Di dalam: Prijono D, Darmaputra OS, Widayanti S, editor. *Pengelolaan Hama Gudang Terpadu*. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP.
- Indrasari, S. Ami, TR. Agus, S. & Kristamtini. (2016) Mutu Fisik, Mutu Giling dan Mutu Fungsional Beras Varietas Lokal Kalimantan Barat. *Penelitian Tanaman Pangan*. 35 (1).
- Oktaviani, E. (2019) *Keefektifan minyak atsiri kapulaga dan kayu manis sebagai fumigan untuk pengendalian larva Oryzaephilus surinamensis (Coleoptera: Silvanidae)*. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Prasetiani, R. (2016) *Efek fumigan minyak atsiri pala, kapulaga dan cengkih terhadap mortalitas Oryzaephilus mercator fauvel (Coleoptera: Silvanidae)*. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Rafidatillah, U. (2018) *Toksistas minyak atsiri kayu manis terhadap larva Tribolium castaneum yang resisten terhadap fosfin*. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Saad, M., Ajlan, AMA., Eid, MAA., & Khowh, IAB. (2011) Repellent and Fumigant Effects of Essential Oil from Clove Buds *Syzygium aromaticum* L. Against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J Agri Scie and Tech*. 1, 613–620.
- Samsudin, Soesanthy, F. & Syafaruddin (2016) Aktivitas repelensi dan insektisidal beberapa ekstrak dan minyak nabati terhadap hama gudang *Ephestia cautella*. *Aktivitas repelensi dan insektisidal beberapa ekstrak dan minyak nabati terhadap hama gudang Ephestia cautella*. 3 (2), 117–126.
- Sreeramoju, P., Prasad, M. & Lakshmipathi (2016) Complete study of life cycle of *Tribolium castaneum* and its weight variations in the developing stages. *IJPAES*. 6 (2), 95–100.
- Syam, S. (2017) *Efek fumigan dan repelen fraksi minyak atsiri pepermin dan cengkeh terhadap Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Widayanti, S. (2016) *Status resistensi Tribolium castaneum Herbst dan Araecerus fasciculatus De Geer asal gudang biji kakao di Makassar Sulawesi Selatan terhadap fosfin*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zuwarman, D. (2020) *Kesesuaian good handling practices dan good manufacturing practices terhadap mutu beras di Kabupaten Bogor*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.