

TOKSISITAS EKSTRAK EKSTRAKSI SERBUK GERGAJI KAYU SENGON LAUT (*Albizia falcataria* L. Forberg) TERHADAP MORTALITAS *Hypothenemus hampei* Ferr. (COLEOPTERA: SCOLITYDAE)

Paramita Pratiwi, Rudju Winarsa, Purwatiningsih*

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

*Corresponding author: purwatiningsih.fmipa@unej.ac.id

Abstract

This study was conducted to determine the toxicity of methanol extract of Sengon wood sawdust against *Hypothenemus hampei*. There were 6 different concentrations of extract tested to insect by using contact method. Ten of *H. hampei* were used for each concentration and replicated 10 times. Mortality of insects was recorded for 24, 48 and 72 hours. The data was analyzed using GLM (General Linear Model) test and Duncan test at 95% confidence level. Results showed that methanol extract of Sengon wood sawdust had significant effect on the mortality of *H. hampei* after 72 hours. It can be concluded that methanol extract of Sengon wood sawdust could increase the mortality of *H. hampei*.

Keywords: *Hypothenemus hampei*, mortality, Sengon wood sawdust, toxicity.

PENDAHULUAN

Hypothenemus hampei Ferr. merupakan salah satu serangga yang menyerang tanaman kopi. Serangga ini memiliki aktivitas makan dan bereproduksi di dalam biji kopi (Irulandi *et al.*, 2007). Aktivitas serangga tersebut dapat menurunkan kualitas dan nilai ekonomis biji kopi hingga 40% (Durham, 2004). Saat ini pengendalian serangga tersebut banyak dilakukan menggunakan insektisida sintetik. Penggunaan insektisida sintetik untuk mengendalikan hama serangga ternyata menyebabkan munculnya dampak yang tidak diinginkan yaitu terjadinya resistensi hama, terbunuhnya organisme bukan sasaran, munculnya hama sekunder dan adanya *residu* dalam hasil pertanian tersebut. Selain itu banyak dilaporkan penggunaan insektisida sintetik yang berlebihan menyebabkan kerusakan

lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia (Wiryadiputra, 2005; Adriyani, 2006; Yuantaril *et al.*, 2013). Oleh karena itu, perlu pencarian pengendalian alternatif yang lebih ramah lingkungan khususnya pada serangga *H.hampei*.

Salah satu alternatif pengendalian tersebut adalah pemanfaatan tumbuhan berpotensi mengandung senyawa bersifat insektisida. Beberapa penelitian melaporkan, bahwa tumbuhan memiliki metabolit sekunder yang berpotensi sebagai insektisida. Penelitian mengenai senyawa metabolit sekunder misalnya *asaron* dari *Acorus calamus* memiliki efek insektisida terhadap *Plutella xylostella*. *A. calamus* terutama pada bagian rimpangnya terdapat beberapa senyawa yang bersifat insektisida yaitu *kalamin*, *kalameon*, *kalamenol*, *metileugenol*, dan *eugenol* dan *asaron*. Senyawa *asaron* memiliki dua isomer yaitu

α -asaron dan β -asaron. Senyawa-senyawa tersebut telah diidentifikasi sebagai senyawa yang dominan pada bagian rimpang *A. calamus* yang bersifat insektisida (Purwatiningsih, 2013), *Crocidolomia pavonana* (Purwatiningsih dan Rumhayati, 2017) dan *H. hampei* (Purwatiningsih & Winata, 2015). Selain *Acorus*, tanaman lain yang mengandung metabolit sekunder bersifat insektisida adalah *mimba* (*Azadirachta indica*). Ekstrak daun *mimba* pada konsentrasi 4% mampu menghambat perkembangan *Sitophilus oryzae* yaitu tidak adanya turunan pertama (F1) yang dihasilkan (Setiawan, 2010). Penelitian lain menyebutkan bahwa minyak *mimba* + minyak cengkeh+minyak serai wangi pada konsentrasi 5% menyebabkan mortalitas *S. litura* 100% (Mardiningsih, 2012). Salah satu tanaman lain yang berpotensi sebagai insektisida adalah tanaman dari genus *Albizia*.

Albizia adalah salah satu jenis pohon berkayu keras. Jenis kayu ini, memiliki nama lokal kayu *Sengon*, banyak dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan seperti *furniture*, *molding*, *boxes*, *craft* dan *pulp feedstock* (Krisnawati *et al.*, 2011). Banyaknya kegunaan dari kayu *sengon* tersebut menyebabkan peningkatan produksi limbah serbuk gergajinya. Berdasarkan penelitian King *et al.*, (2016), serbuk gergaji kayu *A. falcataria* mengandung senyawa

polar yang bersifat insektisida yaitu *saponin*, *tanin*, *antrakuinon*, *flavonoid*, *fenol*, *steroid* dan *triterpen* sedangkan senyawa yang bersifat nonpolar yaitu *steroid* dan *triterpen*.

Berdasarkan tinjauan referensi tersebut, sangat penting melakukan pengkajian potensi ekstrak *ekstraksi* serbuk gergaji kayu *A. falcataria*. Ketersediaan limbah serbuk gergaji sangat berlimpah dan menjadi salah satu pertimbangan dalam melakukan eksplorasi tumbuhan berpotensi sebagai insektisida. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikaji potensi insektisidanya terhadap serangga penggerek buah kopi, *H. hampei*.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam skala laboratorium, di laboratorium zoologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan 5 konsentrasi ekstrak *ekstraksi* serbuk gergaji kayu *A. falcataria* dan satu kontrol menggunakan akuades. Setiap perlakuan diulang sebanyak 10 kali.

Koleksi dan Pembiakan serangga uji

H. hampei dikoleksi dari buah kopi yang terserang hama tersebut dari perkebunan kopi di desa Gumuk Candi dan Desa Bayu, Kecamatan Songgon Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur pada bulan Maret 2018. Buah kopi yang terserang memiliki ciri-ciri terdapat lubang pada ujung buahnya.

H. hampei di dalam buah yang berlubang kemudian dikembangbiakkan di ruang ACU (*Animal Care Unit*) Jurusan Biologi FMIPA Universitas Jember. Pembiakan dilakukan selama kurang lebih 2 bulan dengan suhu 22-24⁰C dan kelembaban udara 75-88 % dan periode gelap terang 12: 12.

Metode pembiakan dilakukan berdasarkan metode Sulistyowati (1999) yang telah dimodifikasi. Buah kopi yang terserang *H. hampei* dicuci dengan air bersih kemudian diletakkan pada kertas manila putih dan dikering-anginkan pada suhu ruang selama kurang lebih 24 jam. Kemudian buah yang menghasilkan gerakan berupa bubuk berwarna putih hingga hitam di sekitar lubang diambil untuk dibiakkan di dalam wadah plastik (d=6,5cm, t=7cm) yang bagian alasnya dilapisi kertas saring. Buah kopi dibersihkan selama 3 (tiga) hari sekali dengan cara mengeluarkan seluruh buah kopi dalam wadah plastik dan mengganti kertas saring pada alasnya. Setelah kurang lebih satu bulan buah kopi dibelah sehingga didapatkan F1 serangga uji *stadia imago*. *Imago H. Hampei* tersebut kemudian dibiakkan kembali dengan cara dipindahkan ke pakan biji kopi tanduk yang baru. Pembiakan dilakukan kembali selama kurang lebih 1 bulan sehingga didapatkan generasi F2 *imago H. hampei*. Generasi tersebut yang digunakan sebagai bahan serangga uji. Selama pembiakan, toples

yang berisi *H. hampei* dibersihkan setiap 3 hari sekali.

Penyediaan pakan serangga uji

Pakan *imago H. hampei* yang digunakan adalah buah kopi robusta berwarna merah yang diambil langsung dari kebun petani. Buah tersebut kemudian dikupas kulit buahnya hingga didapat biji kopi dengan kulit tanduk. Biji kopi tersebut kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan lendir yang tersisa kemudian biji kopi dikering-anginkan selama ±24 jam hingga kulit tanduk biji kopi kering. Biji kopi tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai pakan.

Koleksi dan Ekstraksi serbuk gergaji kayu *A. falcataria*

Serbuk gergaji *A. falcataria* diperoleh dari tempat penggergajian kayu *Sengon* di daerah Jelbuk, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember yang diambil pada bulan Maret 2018. Metode *ekstraksi* yang digunakan yaitu metode *ekstraksi* bertingkat. Serbuk kayu awalnya diekstraksi dengan pelarut *n-heksan* kemudian dilanjutkan menggunakan pelarut *ekstraksi*. Hal ini dilakukan untuk menghindari senyawa non polar ikut terekstrak oleh pelarut polar karena terbentuknya ikatan dipol terinduksi dari kedua senyawa apabila kedua senyawa tersebut berdekatan (Effendi, 2006).

Serbuk kayu seberat 1 kg dikeringkan dalam oven pada suhu 50⁰C selama 48 jam.

Serbuk kayu kering kemudian diayak menggunakan ayakan ± 7 mesh ($\pm 2,8$ mm) hingga diperoleh serbuk kayu halus seberat 280 gram. Serbuk kering kayu kemudian ditimbang masing-masing 5 gram dan 10 gram. Selanjutnya masing-masing dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam tabung *soxhlet*. Alat *soxhlet* yang digunakan terdiri dari enam tabung *soxhlet*. Tabung *soxhlet* yang digunakan terdiri dari 1 tabung berukuran besar dan 5 tabung berukuran kecil yang disusun secara paralel. Tabung *soxhlet* yang berukuran besar diisi dengan serbuk sebanyak 10 gram sedangkan tabung yang kecil diisi dengan serbuk sebanyak 5 gram. Tabung *soxhlet* kemudian dipasangkan dengan labu pemanas dan dimasukkan 250 ml pelarut *n-heksan* pada tabung besar dan 150 ml *heksan* pada tabung kecil melalui mulut tabung. Pemanasan dilakukan pada suhu $\pm 65^{\circ}\text{C}$ sampai pelarut mendidih dan menguap. Proses *ekstraksi n-heksan* berlangsung selama 2-3 jam dengan 15-20 siklus putaran per tabung hingga pelarut *heksan* pada tabung *soxhlet* menjadi jernih tidak berwarna. Setelah 3 jam, alat pemanas dimatikan. Keenam tabung *soxhlet* dilepas kemudian serbuk gergaji yang telah melalui proses *ekstraksi* diambil dan diganti dengan serbuk gergaji baru yang telah dibungkus kertas saring. Proses *ekstraksi n-heksan* diulangi dengan pelarut yang digunakan

pada *ekstraksi* pertama dan dilakukan *ekstraksi* lagi selama 3 jam. Hasil filtrat *ekstraksi n-heksan* yang tertampung pada erlenmeyer dari keenam tabung *soxhlet* kemudian dikumpulkan pada botol *schott* ukuran 2 liter. Serbuk gergaji yang telah melalui *ekstraksi* dengan *n-heksan* diambil dan dibuka kertas saringnya untuk dikeringkan selama 24 jam pada suhu ruang. Sisa serbuk yang telah kering ditandai dengan tidak adanya bau *heksan*.

Ekstraksi selanjutnya dilakukan menggunakan pelarut *ekstraksi*. Prosedur *ekstraksi* yang dilakukan sama seperti prosedur *ekstraksi* menggunakan pelarut *n-heksan*. Sisa serbuk gergaji yang telah melalui tahapan *ekstraksi n-heksan* dibungkus dengan kertas saring baru masing-masing seberat 5 gram dan 10 gram. Serbuk kayu yang sudah dibungkus kemudian dimasukkan pada keenam tabung *soxhlet* yang telah disusun paralel dan dimasukkan *ekstraksi* masing-masing sebanyak 250 ml untuk tabung *soxhlet* berukuran besar dan 150 ml untuk tabung *soxhlet* berukuran kecil. *Ekstraksi ekstraksi* dilakukan selama tiga jam dengan 5-10 siklus pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$. Setelah 3 jam, pemanasan dihentikan. Tabung *soxhlet* dilepas dari labu pemanas dan serbuk kayu didalam tabung *soxhlet* diambil dan diganti dengan serbuk kayu baru yang sudah dibungkus kertas saring kemudian tabung

soxhlet dipasang kembali dengan erlenmeyer. *Ekstraksi* dilanjutkan kembali selama 3 jam dengan pelarut dari *ekstraksi ekstraksi* yang pertama. Hasil filtrat dari *ekstraksi ekstraksi* ditampung pada botol *schott* ukuran 2L. Hasil filtrat kemudian *evaporasi Rotary evaporator buchi* pada suhu 50⁰C untuk didapatkan ekstrak *ekstraksi* dari serbuk kayu *A. falcataria*. Hasil akhir yang didapatkan dari keseluruhan proses tersebut adalah ekstrak kasar seberat 4,8 gram.

Persiapan bahan uji

Konsentrasi ekstrak kayu serbuk gergaji *sengon* yang diaplikasikan untuk uji toksisitas mengacu pada hasil uji pendahuluan. Pada uji pendahuluan konsentrasi yang digunakan adalah 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4%; dan 8% (w/v). Hasil mortalitasnya adalah berturut-turut 0%; 10%; 10%; 20%; 40% dan 100%. Berdasarkan hal tersebut konsentrasi yang digunakan untuk uji sesungguhnya adalah 1%; 2%; 4%; 6%, 8% dan kontrol 0% (w/v). Pemberian ekstrak pada serangga dilakukan dengan metode kontak yaitu dengan melakukan penyemprotan menggunakan *hand sprayer* sebanyak 0,4 ml.

Uji toksisitas ekstrak *ekstraksi* terhadap mortalitas *H. hampei*

Pengaplikasian ekstrak diberikan satu kali selama perlakuan. Pengaplikasian pada tiap konsentrasi yang berbeda

menggunakan 10 ekor serangga *H. hampei* betina, Serangga uji kemudian diletakkan pada *cup* plastik (d=4cm, t=4,5cm). Pengamatan mortalitas pertama dilakukan pada jam ke-24. Setelah 24 jam, *H. hampei* dipindahkan pada *cup* plastik baru yang telah dialasi kertas saring baru dan diberi pakan kopi tanduk. Pengamatan mortalitas selanjutnya dilakukan pada jam ke- 48 jam dan 72 jam. Masing-masing perlakuan konsentrasi ekstrak diulang 10 kali.

Penghitungan data mortalitas didapatkan dalam bentuk persen mengacu pada (Priyono, 1998):

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{\sum \text{imago } H. \text{ hampei yang mati}}{\sum \text{imago yang diuji}} \times 100\%$$

Data persentase kematian dikoreksi menggunakan rumus Abbott (Bushvine, 1971)

Analisis Data

Data mortalitas *H. hampei* pada pengamatan ke-24 jam, 48 jam dan 72 jam dianalisis dengan program *SPSS 16.0 for Windows Evaluation Version* menggunakan analisis statistik GLM (*General Linear Model*) dan dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan* dengan tingkat kepercayaan 95% (Santoso, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

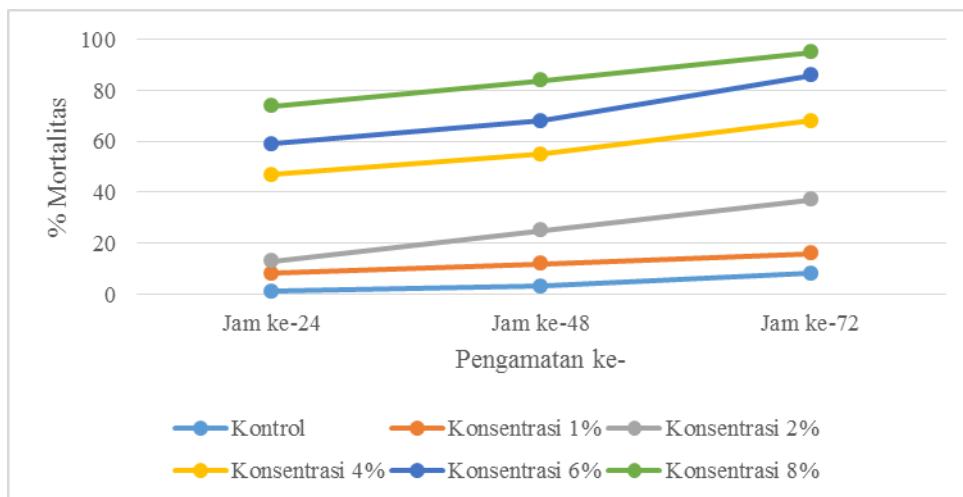
Hasil analisis uji GLM (*General Linear Model*)- *Repeated Measures* untuk mortalitas *H. hampei* pada pengamatan ke-24 jam, 48 jam menunjukkan bahwa ekstrak

ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap mortalitas *H. hampei*. Hal ini ditunjukkan pada nilai F_{tabel} dengan signifikansi lebih kecil dari 0,05. F_{tabel} tes *Pillai's Trace* ($F=2,750$; $P= 0,005<0,05$) dan *Hotteling's Trace* ($F=3,120$; $P= 0,002<0,05$). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dilakukan Uji Jarak Berganda *Duncan* yang hasilnya dapat dilihat pada **tabel 1**.

Konsentrasi ekstrak ekstraksi serbuk gergaji kayu *A. falcataria* dengan waktu pengamatan berbanding lurus terhadap mortalitas *H. Hampei* (**gambar 1**). Semakin

lama waktu perlakuan, mortalitas *H. hampei* semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak.

Mortalitas *H. Hampei* mengalami peningkatan sejalan dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak yaitu dari konsentrasi 1% hingga 8% (**gambar 1**). Hasil uji lanjut *Duncan* menunjukkan bahwa mortalitas pada kontrol dan pada perlakuan konsentrasi 1 % tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, sedangkan pada konsentrasi 2%, 4%,6% dan 8% menunjukkan perbedaan



Gambar 1. Pengaruh waktu pengamatan dan konsentrasi ekstrak serbuk gergaji kayu *A. falcataria* terhadap mortalitas *H.hampei*

Tabel 1. Toksisitas ekstrak methanol serbuk gergaji kayu *A. falcataria* terhadap mortalitas *H.hampei*

Perlakuan	% Mortalitas (Rata-rata ± SD)		
	Jam ke-24	Jam ke-48	Jam ke-72
0% (kontrol)	1 ± 3,16 ^a	3 ± 4,83 ^a	8 ± 7,88 ^a
1%	8 ± 7,88 ^a	12 ± 9,19 ^a	16 ± 10,75 ^a
2%	13 ± 8,23 ^a	25 ± 15,09 ^b	37 ± 18,88 ^b
4%	47 ± 17,67 ^b	55 ± 15,09 ^c	68 ± 10,33 ^c
6%	59 ± 14,49 ^c	68 ± 13,98 ^d	86 ± 15,05 ^d
8%	74 ± 19,55 ^d	84 ± 11,74 ^e	95 ± 8,50 ^d

Keterangan: huruf *superscrip* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang berbeda nyata (Uji *Duncan* $\alpha=5\%$)

yang nyata. Keadaan ini diduga pada konsentrasi 1% belum bersifat toksik terhadap *H. hampei*. Konsentrasi yang semakin tinggi menunjukkan komponen bahan metabolit sekunder bersifat toksik yang terkandung didalamnya juga semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan daya bunuh ekstrak serbuk gergaji *sengon* pada serangga uji semakin tinggi. Hal ini dapat diasumsikan bahwa pemberian ekstrak serbuk gergaji kayu *sengon* mempengaruhi mortalitas *H. hampei*. Sinha (2012) memperkuat hasil tersebut dalam hasil penelitiannya menggunakan ekstrak *ekstraksi* kulit kayu *A. odoratissima*. Ekstrak pada konsentrasi 4% memiliki efek insektisida terhadap larva *P. Brassicae* sebesar 87,5% lebih besar dibandingkan konsentrasi dibawah 4%. Mortalitas tertinggi (95%) ditunjukkan pada konsentrasi 8% dan mortalitas terendah (8%) tercatat pada perlakuan dengan konsentrasi 1 % (**tabel 1**). Mortalitas *H. hampei* meningkat sejalan dengan bertambahnya waktu pengamatan. Sifat toksik yang menyebabkan kematian pada serangga uji tersebut diduga karena adanya metabolit sekunder bersifat insektisida. Seiring dengan waktu, akumulasi senyawa bersifat racun pada serangga juga semakin besar. Serbuk gergaji kayu *A. falcataria* berdasarkan penelitian King, *et al.*,(2016) dilaporkan mengandung senyawa polar yaitu

saponin, tanin, antrakuinon, flavonoid, fenol, steroid, dan triterpen.

Menurut Wink (2000); Ryan & Oonagh (1988), senyawa *alkaloid* dan *terpenoid* dapat berperan sebagai racun saraf pada serangga yang menghambat kerja enzim *Asetilkolinesterase*. *Asetilkolin* yang dibentuk oleh sistem saraf pusat berperan dalam proses penghantar impuls dari sel saraf ke sel otot melalui sinaps. Setelah impuls dihantarkan, proses penghantaran impuls dihentikan oleh enzim *Asetilkolinesterase* untuk memecah *asetilkolin* menjadi asam asetat dan *kolin*, sehingga celah sinaps menjadi kosong kembali dan dapat menghantarkan impuls berikutnya (Echeme & Khan, 2009; Hemingway & Hilary, 2000). Terhambatnya kerja enzim *Asetilkolinesterase* menyebabkan terjadinya penumpukan *asetilkolin* sehingga menimbulkan gangguan pada sistem penghantar impuls menuju sistem otot. Kondisi ini mengakibatkan otot kejang dan menyebabkan kematian (Tarumingkeng, 1992).

Senyawa *terpenoid* dari kayu manis dan cengkeh memiliki efek *neurotoksik* pada *Sitophilus granarius* (Rueda *et al.*, 2018). Senyawa *fenol* termasuk *flavonoid* diketahui bersifat racun pada sistem pernapasan (Mann & Kaufman, 2012). Senyawa *flavonoid* akan masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernapasan yang

berupa spirakel, sehingga menimbulkan kelemahan pada sistem saraf dan kerusakan pada sistem pernapasan yang menyebabkan kematian pada serangga akibat tidak bisa bernapas (Cania & Endah, 2013).

Pada penelitian ini metode aplikasi racun yang digunakan adalah dengan metode kontak. Pada saat pengaplikasian dengan ekstrak *ekstraksi*, serangga uji yang awalnya bergerak aktif sebelum dilakukan penyemprotan menjadi pasif setelah dilakukan penyemprotan dan beberapa serangga uji yang masih hidup ditemukan tidak menggerak setelah diberi pakan. Insektisida nabati yang diaplikasikan dengan metode kontak (*spray*) bekerja dengan cara masuk melalui dinding tubuh serangga. Menurut Istimuyasaroh *et al.*, (2009), insektisida yang diaplikasikan menggunakan racun kontak ataupun racun perut juga bisa berfungsi sebagai *fumigan*, karena bau yang ditimbulkan yang diduga akibat senyawa metabolit sekunder yang menguap sebagai gas dan masuk melalui trakea kemudian diedarkan keseluruh tubuh.

Insektisida masuk ke dalam tubuh serangga dapat melalui beberapa cara, di antaranya sebagai racun kontak, racun perut dan fumigan (Hayne, 1987). Racun kontak adalah insektisida yang dapat masuk ke dalam tubuh serangga melalui kontak kulit (*kutikula*). Pengujian metode racun kontak dapat dilakukan dengan cara meneteskan

atau menyemprotkan larutan uji pada tubuh serangga. Selain itu, terdapat metode *residu* yang dilakukan dengan cara menyebarkan secara merata larutan uji diatas kertas saring kemudian dikering-anginkan, dan serangga uji diletakkan diatasnya. Metode *residu* merupakan metode standar untuk pengujian insektisida terhadap beberapa jenis serangga seperti *H. hampei* (Priyono, 1988).

Selain metode aplikasi, hal yang menyebabkan kematian serangga uji adalah keberadaan senyawa metabolit sekunder tumbuhan bersifat insektisida yang menyebabkan aktifitas serangga terhambat. Respon ini ditandai dengan gerakan serangga yang pasif, tidak memberikan respon gerak, menurunkan kemampuan makan dan akhirnya menyebabkan kematian (Tarumingkeng, 1992).

KESIMPULAN

Ekstrak *ekstraksi* limbah serbuk gergaji kayu *A. falcataria* mempunyai efek *toksik* berupa mortalitas terhadap *imago H. hampei*. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan, mortalitas *H. hampei* semakin meningkat. Persentase mortalitas *imago H. hampei* tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi 8%. Mortalitas konsentrasi 8% pada pengamatan ke-24 jam, 48 jam dan 72 jam berturut-turut adalah 74%; 84% dan 95%. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan uji fitokimia dan isolasi jenis senyawa kimia yang

Paramita Pratiwi, dkk: Toksisitas Ekstrak *Ekstraksi* Serbuk Gergaji Kayu *Sengon* Laut (*Albizia falcataria* L. Forberg) Terhadap Mortalitas *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolitydae)

bersifat insektisida pada serbuk gergaji kayu *A. Falcataria*.

KERIS 2018 (Hibah Internal PNPB 2018 Universitas Jember) berjudul Koevolusi Serangga Tumbuhan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Purwatiningsih yang mendanai penelitian ini melalui sebagian project

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani R. 2006. Usaha pengendalian pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida pertanian. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(1): 95-106.
- Aini ESL. 2018. Uji fitokimia dan uji toksisitas ekstrak *ekstraksi* dan n-heksan kulit batang *Rhizophora mucronata* (Lamk.) terhadap *Hypothenemus hampei* (Ferr.) *Skripsi*. Jember: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember.
- Busvine JR. 1971. *A critical review of the techniques for testing insecticides*. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 245 pp.
- Cania B & Endah. 2013. Uji efektivitas larvasida ekstrak daun legundi (*Vitex trifolia*) terhadap larvasida *Aedes aegypti*. *Medical Journal of Lampung University*, 2(4): 53-60.
- Durham S. 2004. Stopping the coffee berry borer from borer into profit. *Online at <http://www.ars.usda.gov/>* p.10-11.
- Echeme JO & ME Khan. 2009. Phytochemical analysis and cholinesterase inhibition of *Cyperus platycaulis*. *The Pasific Journal of Science and Technology*, 10(1): 350-356.
- Effendy E. 2006. *Ikatan Kimia dan Kimia Anorganik Teori VSEPR Kepolaran dan Gaya Antar Molekul*. Malang: Banyumedia Publishing.
- Hayne K. 1987. *Tumbuhan berguna Indonesia. Jilid III*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan.
- Hemingway J & R Hilary. 2000. Insecticide resistance in insect vectos of human disease. *annu. Rev. Entomol*, 45:371-391.
- Irulandi S, R Rajendran, C Chinniah, & SD Samuel. 2007. Influence of weather factors on the incidence of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Scolytidae: Coleoptera) in Pulney hills, Tamil Nadu. *Madras Agric. J*, 94 (7-12): 218-231.
- Istimuyasaroh, M Hadi dan U. Tarwotjo. 2009. Mortalitas dan Pertumbuhan Larva Nyamuk *Anopheles aconitus* karena Pemberian Ekstrak Daun Selasih *Oscimum basilicum*. *BIOMA*, 11(2): 59-63.
- King M, C Catranis, JA Soria & MB Leigh. 2013. Phytochemical and toxicological analysis of *Albizia falcataria* Sawdust. *International Wood Products Journal*, 4 (4): 232-241.
- Krisnawati H, Varis E, Kallio M, & Kanninen M. 2011. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen: *Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas*. Bogor: CIFOR.
- Mann R & PE Kaufman. 2012. Natural product pesticides: their development, delivery and use against insect vectors. *Mini Reviews in Organic Chemistry*, 9(12): 185-202
- Mardiningsih TL, Noviyanti C Salam, & C Sukmana. 2012. *Pengaruh beberapa jenis insektisida nabati terhadap*

- mortalitas Spodoptera litura (Lepidoptera: Noctuidae)*. Prosiding Seminar Nasional Pestisida Nabati, Jakarta, 15 Oktober 2011.
- Muta'ali R & KI Purwani. 2015. Pengaruh Ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea indica*) terhadap Mortalitas dan Perkembangan Larva *Spodoptera litura* L. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2): 55-58.
- Prijono D. 1998. *Pengujian insektisida*. Bogor: Fakultas Pertanian IPB
- Purwatiningsih P & Rumhayati. 2015. Cutting edge nanoparticles: to increase the efficacy of Indonesian plant extracts from *Acorus calamus* L. as botanical insecticides to control insect pest cabbage (*Crociodomia pavonana* F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Laporan Penelitian ITSF (Indonesian Toray Science Foundation), (*Unpublished Data*).
- Purwatiningsih P & Winata. 2014. Efektifitas produksi massal biopestisida nabati ekstrak rimpang dringu sebagai pengendali hama penggerek buah kopi *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolitydae). Laporan Penelitian Bersaing Hibah.
- Purwatiningsih P. 2013. Evaluation of the insecticidal efficacy of *Acorus calamus* (L.), *Leptospermumpetersonii* FM. Bailey, and Other Essential Oil Formulations on *Plutella xylostella* (L.). *Thesis*. The University of Queensland Australia.
- Ruedaa AP, JM Camposb, GS Rolimb, LC Martínezc, MHD Santosd, FL Fernandesd, JE Serraoe, & JC Zanicioe. 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*, 165: 263-270.
- Ryan MF & O Byrne. 1988. Plant – Insect coevolution inhibition of acetylcholinesterase. *Journal of Chemical Ecology*, 4(10): 1965-1975.
- Santoso S. 2010. *Statistik multivariat*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Setiawan D. 2010. Kajian daya insektisida ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) terhadap perkebunan serangga hama gudang *Sitophilus oryzae* Linn. *Jurnal Penelitian Sains*. Sumatra Selatan: Universitas Sriwijaya.
- Sinha B. 2012. *Albizia odoratissima* Bark has insecticidal activity against the cabbage butterfly *Pieris brassicae*. Research Paper. *Proc Indian natn Sci Acad*, 78(2): 151-159.
- Tarumingkeng RC. 1993. *Insektisida: Sifat, Mekanisme Kerja dan Dampak Penggunaannya*. Jakarta: Penerbit Ukrida.
- Wink M. 2000. Interference of *alkaloids* with neuroreceptors and ion channels. *Studies in Natural Product Chemistry*, 21: 3-129.
- Wiryadiputra S. 2012. Keefektifan insektisida *Cyantraniliprole* terhadap hama penggerek buah kopi (*Hypothenemushampeii*) pada kopi arabika. *Pelita Perkebunan*, 28(2): 100-110.
- Yuantari MGC, B Widianarko, & HR Sunoko1. 2015. Analisis risiko pajanan pestisida terhadap kesehatan petani. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2): 239-245.