

EFEKTIVITAS BIOLARVASIDA EKSTRAK ETANOL LIMBAH PENYULINGAN MINYAK AKAR WANGI (*Vetiveria zizanoides*) TERHADAP LARVA NYAMUK *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*

Lela Lailatul K, Asep Kadarohman, Ratnaningsih Eko.
Jurusan Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

ABSTRAK

Efektivitas biolarvasida terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*, skrining fitokimia, dan analisis senyawa kimia dengan GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) dari ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanoides*) telah dilakukan. Uji toksisitas biolarvasida dilakukan terhadap larva instar 3-4 dengan variasi konsentrasi (500, 1000, 2000, 3000, dan 4000 ppm) selama 24 jam pengamatan. Persentase kematian rata-rata larva pada konsentrasi 1000 ppm untuk spesies *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* berturut-turut sebesar 56, 50, dan 100% dengan nilai LC_{50} 1373,6; 7095,4; dan 482,7 ppm. LT_{50} pada konsentrasi 4000 ppm untuk spesies *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* adalah 353,3; 1351,6; dan 168,4 menit. Hasil skrining fitokimia menunjukkan adanya terpenoid, flavonoid, dan saponin pada ekstrak sampel, sedangkan hasil analisis GC-MS diketahui bahwa pada ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi terdapat 10 komponen dengan komponen utama asam isokhusenik.

Kata kunci: *Vetiveria zizanoides*, Biolarvasida, *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, *Anopheles sundaicus*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara tropis yang paling besar di dunia. Iklim tropis menyebabkan adanya berbagai penyakit tropis yang disebabkan oleh nyamuk, seperti malaria, demam berdarah, filaria, kaki gajah, dan chikungunya sering berjangkit di masyarakat, bahkan menimbulkan epidemi yang berlangsung dalam spektrum yang luas dan cepat. Penyebab utama munculnya epidemi berbagai penyakit tropis tersebut adalah perkembangbiakan dan penyebaran nyamuk sebagai vektor penyakit yang tidak terkendali.

Sebagai salah satu upaya memutus mata rantai penyebaran nyamuk tersebut adalah dengan cara pengendalian vektor dengan menggunakan insektisida. Saat ini telah banyak insektisida yang digunakan oleh masyarakat, sayangnya insektisida tersebut membawa dampak negatif pada lingkungan karena mengandung senyawa-senyawa kimia yang berbahaya, baik terhadap manusia maupun sekelilingnya.

Oleh karena itu, perlu pengembangan insektisida baru yang tidak menimbulkan bahaya dan lebih ramah lingkungan, hal ini diharapkan dapat diperoleh melalui penggunaan bioinsektisida. Bioinsektisida atau insektisida hayati adalah suatu insektisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan yang mengandung bahan kimia (bioaktif) yang toksik terhadap serangga namun

mudah terurai (*biodegradable*) di alam sehingga tidak mencemari lingkungan dan relatif aman bagi manusia. Selain itu insektisida nabati juga bersifat selektif (Moehammadi, 2005).

Salah satu potensi sumber daya alam unggulan Indonesia adalah minyak akar wangi (*vetiver oil*). Tanaman akar wangi telah terbukti merupakan tanaman yang resisten terhadap berbagai serangan hama yang menunjukkan kemampuannya sebagai bioinsektisida yang kuat. Oleh karena itu, tanaman akar wangi diperkirakan banyak mengandung komponen aktif yang dapat berfungsi sebagai insektisida. Hal tersebut telah dibuktikan oleh Jain *et al.* (1982), yang menemukan pada minyak akar wangi terdapat senyawa yang mempunyai efek sebagai penolak serangga (*repellent*) yaitu khusimol, epizizanal, -vetivon dan -vetivon, begitu pula dengan Henderson *et al.* (2005) yang menemukan *nootkatone* sebagai senyawa aktif bioinsektisida pada minyak akar wangi. Selain itu, menurut Murwani dkk. (2002) akar wangi mempunyai daya racun terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* instar III. Akan tetapi, penggunaan langsung tanaman akar wangi sebagai insektisida tentu kalah bersaing dengan penggunaannya untuk penyulingan yang menghasilkan minyak akar wangi dengan nilai ekonomis yang jauh lebih tinggi.

Sebagai salah satu negara penghasil minyak atsiri, terutama minyak akar wangi, Indonesia (khususnya pengusaha penyulingan minyak akar wangi) menghasilkan volume limbah penyulingan

akar wangi yang berlimpah. Limbah tersebut hingga saat ini tidak banyak dimanfaatkan dan lebih merupakan sampah (Kastaman, 2003). Secara fisik, limbah penyulingan minyak akar wangi mempunyai bentuk dan aroma yang tidak jauh berbeda dengan akar wangi yang belum mengalami penyulingan. Hal tersebut memunculkan dugaan bahwa limbah penyulingan minyak akar wangi masih mengandung minyak atsiri dan berbagai senyawa aktif lainnya. Dugaan tersebut dikuatkan dengan timbulnya aroma kuat saat pembakaran limbah penyulingan. Hal menarik lainnya adalah tidak ditemukannya serangga di sekitar industri penyulingan minyak akar wangi.

Kandungan senyawa insektisida yang serupa dengan yang terdapat pada minyak akar wangi maupun yang lain diharapkan juga banyak terkandung pada limbah penyulingan minyak akar wangi. Dengan demikian sampah penyulingan minyak akar wangi dapat dimanfaatkan menjadi bioinsektisida. Selain dapat mereduksi dampak negatif dari pembakaran, penanganan limbah yang bijaksana ini akan meningkatkan nilai ekonomi dan memberikan penghasilan tambahan bagi para pelaku industri penyulingan minyak akar wangi.

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah penyulingan minyak akar wangi sebagai bahan baku bioinsektisida tersebut, maka dilakukan penelitian pendahuluan mengenai "Efektivitas Biolarvasida Ekstrak Etanol Limbah Penyulingan Minyak Akar Wangi (*Vetiveria zizanoides*) terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*."

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanoides*) yang diperoleh dari PT. Pulus Wangi Nusantara yang berlokasi di Kampung Legok Pulus Desa Sukakarya Kecamatan Samarang Kabupaten Garut Jawa Barat. Disamping itu digunakan etanol, aquades, kertas saring *Whatman*, dan kain kassa. Hewan uji yang digunakan adalah larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* yang diperoleh dari Laboratorium Parasitologi Loka Litbang P2B2 (Pemberantasan Penyakit Bersumber Binatang) Ciamis Jawa Barat.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi (1) peralatan yang digunakan untuk mengekstraksi komponen aktif limbah penyulingan minyak akar wangi, yaitu set alat destilasi, set alat maserasi, pompa vacuum, corong Buchner, *Vacuum*

Rotary evaporator, neraca analitik, mikropipet, dan peralatan gelas laboratorium lainnya; (3) alat untuk keperluan analisis dan identifikasi dengan GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*); (3) peralatan untuk keperluan uji toksisitas biolarvasida.

Cara Kerja

Penyiapan Sampel

Sampel yang berupa limbah hasil penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanoides*) yang masih basah, terlebih dahulu dikeringkan di bawah sinar matahari. Kemudian dibersihkan dari debu, tanah atau bagian lain yang tidak diperlukan serta dicuci dan dikeringkan beberapa kali sampai benar-benar terbebas dari kotoran. Setelah itu, limbah tersebut dipotong-potong dan kemudian dihaluskan hingga diperoleh sampel yang berbentuk serbuk.

Ekstraksi

Limbah penyulingan minyak akar wangi kering dan berukuran 40-60 mesh ditimbang sebanyak 800 gram, lalu dimasukkan ke dalam set alat maserasi dan ditambahkan pelarut etanol yang sudah didestilasi sampai semuanya terendam (± 6 liter). Selanjutnya dimaserasi selama 24 jam pada suhu kamar dan diulang sebanyak 3 kali maserasi. Filtrat yang dihasilkan ditampung dan dipekatkan dengan menggunakan *vacuum rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak sampel yang berupa ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi (Pambayun, 2007).

Skrining Fitokimia (Indah, 2006 dan Harborne, 1987)

1. Tes untuk Alkaloid

Ekstrak sampel sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 5 tetes kloroform dan beberapa tetes pereaksi Meyer yang dibuat dari satu gram KI dilarutkan dalam 20 mL aquades sampai semuanya larut, lalu ke dalam larutan KI tersebut ditambahkan 0,271 gram HgCl₂ sampai larut. Terbentuknya endapan putih mengindikasikan adanya alkaloid.

2. Tes untuk Saponin

Ekstrak sampel sebanyak 2 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan dengan air dan dikocok dengan kuat selama 10 menit. Jika berbuih, menandakan adanya saponin.

3. Tes untuk Tanin

Beberapa tetes larutan FeCl₃ 5% ditambahkan ke dalam 1 mL larutan ekstrak. Perubahan warna menjadi biru tua menunjukkan keberadaan tanin.

4. Tes untuk Terpenoid atau Steroid

Ekstrak sampel sebanyak 1 mL ditambahkan dengan 1 mL CH₃COOH glasial dan 1 mL larutan

H₂SO₄ pekat. Jika warna berubah menjadi biru atau ungu, menandakan adanya kelompok senyawa steroid. Jika warna berubah menjadi merah, menunjukkan adanya kelompok senyawa terpenoid.

5. Tes untuk Flavonoid

Ekstrak sampel sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan dengan serbuk Mg sebanyak satu gram dan larutan HCl pekat. Perubahan warna larutan menjadi warna kuning menandakan adanya flavonoid.

Analisis dan Identifikasi

Ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi dianalisis dan diidentifikasi kandungan senyawanya dengan menggunakan alat spektrometer GC-MS.

Uji Toksisitas Biolarvasida

Media larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* dibuat dengan mengisi masing-masing kontainer dengan air. Telur dari nyamuk-nyamuk tersebut disimpan pada tempat yang terendam air sampai telur dari larva tersebut menetas hingga mencapai tahap instar III atau IV dan siap digunakan dalam pengujian.

Enam kontainer plastik disiapkan untuk pengujian, dimana lima kontainer digunakan untuk sampel dan satu kontainer sebagai kontrol. Sampel dibuat dengan berbagai variasi konsentrasi, yaitu 500, 1000, 2000, 3000, dan 4000 ppm. Masing-masing larutan tersebut dimasukkan ke dalam kontainer plastik yang berbeda. Setelah itu dimasukkan 25 ekor larva uji. Hal ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk masing-masing larva uji, yaitu *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*.

Sebagai kontrol, ke dalam kontainer plastik dimasukkan 2 mL etanol lalu ditambahkan air sampai volume 200 mL. Kemudian 25 ekor larva uji dimasukkan ke dalam larutan tersebut. Hal ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk masing-masing larva uji, yaitu *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*. Pengamatan dilakukan sampai 24 jam setelah perlakuan terhadap kematian larva nyamuk. Untuk variasi waktu kontak, dilakukan pengamatan dengan waktu berkala selama 6 jam pertama selang satu jam. Setelah diperoleh data, maka dilakukan analisis probit untuk mencari konsentrasi kematian (LC, *Lethal Concentration*) dan waktu kematian (LT, *Lethal Time*) (Suirta, dkk., 2007).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Sampel

Metode yang digunakan dalam ekstraksi limbah penyulingan minyak akar wangi adalah maserasi dengan pelarutnya etanol. Pemilihan

etanol sebagai pelarut dikarenakan etanol merupakan pelarut organik yang dapat melarutkan hampir semua senyawa metabolit sekunder. Sampel direndam dengan etanol selama 24 jam. Karena adanya perbedaan konsentrasi di luar dan di dalam sel, maka etanol akan menembus dinding sel kemudian masuk ke dalam rongga sel yang mengandung senyawa aktif yang termasuk metabolit sekunder. Senyawa-senyawa tersebut akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam dan di luar sel, maka larutan yang pekat didesak ke luar. Peristiwa ini terjadi berulang-ulang sehingga terjadi keseimbangan konsentrasi larutan antara di luar dan di dalam sel.

Skrining Fitokimia

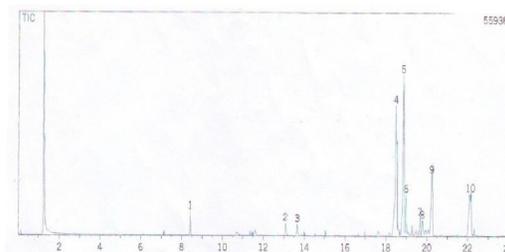
Hasil skrining fitokimia pada ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil skrining fitokimia ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanoides*)

Tes Uji	Hasil
Alkaloid	-
Steroid	-
Terpenoid	+
Flavonoid	+
Tanin	-
Saponin	+

Analisis dan Identifikasi dengan GC-MS

Dalam metode GC-MS, spektrometri massa digabungkan dengan metode kromatografi gas. Senyawa isolat dianalisis terlebih dahulu menggunakan kromatografi gas yang selanjutnya setiap komponen dianalisis menggunakan spektrometri massa. Kromatogram dari GC (*Gas Chromatography*) dari senyawa hasil isolasi ditunjukkan oleh Gambar 1 yang terdiri dari 10 puncak. Tiap puncak hasil GC, dianalisis dengan MS (*Mass Spectrometry*) yang selanjutnya dibandingkan dengan *data base* (pustaka) yang ada.



Gambar 1. Kromatogram GC ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi.

Hasil kromatogram GC menunjukkan bahwa sampel yang dianalisis memiliki 10 komponen dengan 4 komponen dominan. Dari keterangan kromatogram GC (Gambar 2) terlihat bahwa lima senyawa memiliki kelimpahan < 2% yaitu senyawa 1, 2, 3, 7, dan 8 dengan nilainya berturut-turut 1,80; 1,74; 1,38; 1,99; dan 1,67%. Sedangkan senyawa 6 memiliki kelimpahan 3,64 %. Empat senyawa sisanya yaitu senyawa 4, 5, 9, dan 10 memiliki kelimpahan 35,25; 26,09; 11,18; dan 15,25% secara berturut-turut sehingga merupakan komponen yang dominan dalam isolat tersebut.

PKNO	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Height	A/H(sec)	MK	%Total	Name
1	8.422	8.350	8.508	103191	29857	3.456	1.80		
2	13.083	13.008	13.183	99435	22182	4.483	1.74		
3	13.659	13.592	13.750	78705	18993	4.144	1.38		
4	18.489	18.292	18.692	2015565	265983	7.578	35.25		
5	18.858	18.692	18.933	1491455	294771	5.060	26.09		
6	18.976	18.933	19.075	208212	55657	3.741	3.64		
7	19.666	19.592	19.733	113684	27963	4.065	1.99		
8	19.786	19.733	19.875	95623	23187	4.124	1.67		
9	20.241	20.117	20.342	639340	119923	5.331	11.18		
10	22.145	21.950	22.258	871987	92062	9.472	15.25		
Total				5717196			100.00		

Gambar 2. Keterangan kromatogram GC.

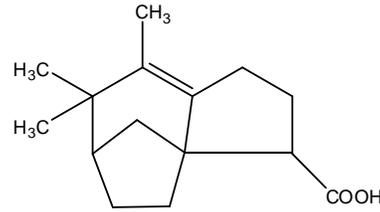
Hasil GC-MS pada ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi senyawa-senyawa yang terdapat pada ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanooides*) dengan GC-MS

Puncak	Waktu Retensi (menit)	Kelimpahan (%)	Kemungkinan Senyawa
1	8.422	1.80	1-bromo dekana
2	13.083	1.74	Vanilin
3	13.659	1.38	Isoeugenol
4	18.489	35.25	Asam isokhusenik
5	18.858	26.09	Isomer asam isokhusenik
6	18.976	3.64	Trisiklo asam propanoat
7	19.666	1.99	Isomer asam isokhusenik
8	19.786	1.67	Oktahidro-nafto
9	20.241	11.18	Asam palmitat
10	22.145	15.25	Asam oleat

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi mengandung senyawa-senyawa asam, halida dan fenol dengan komponen utama adalah asam isokhusenik.

Adapun struktur molekul asam isokhusenik sebagai berikut:



Gambar 3. Struktur molekul asam isokhusenik.

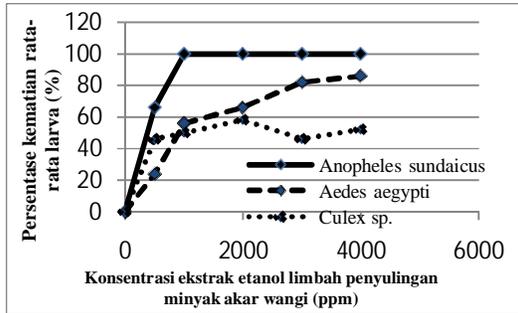
Uji Toksisitas Biolarvasida

Penelitian mengenai uji aktivitas ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi sebagai biolarvasida dilakukan di Laboratorium Parasitologi Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Loka Litbang Pemberantasan Penyakit Bersumber Binatang (P2B2) Ciamis, selama 2 minggu terhadap 3 (tiga) spesies larva nyamuk yakni *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*. Selama melakukan penelitian tersebut, rata-rata suhu ruangan adalah 27-29°C dan untuk suhu air adalah 23-28°C dengan pH air berkisar 7. Kelembaban ruangan pada saat penelitian adalah sekitar 59-69%.

Berdasarkan kondisi faktor lingkungan tersebut, maka dimungkinkan bahwa larva uji dapat hidup dan berkembang dengan baik, karena larva maupun nyamuk dewasa mampu hidup pada suhu udara 8-37°C atau pada kondisi ruangan yang bersuhu hangat dan lembab (Moehammadi, 2005), sehingga dapat dikatakan bahwa faktor-faktor tersebut tidak berpengaruh selama penelitian berlangsung.

Hal di atas dapat dibuktikan dengan hasil pengamatan pada perlakuan kontrol (tanpa pemberian biolarvasida/ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi) yang menunjukkan persentase kematian rata-rata larva sebesar 4% pada kontrol air dan etanol 1%. Kematian larva < 5% tidak memerlukan perhitungan kematian terkoreksi yang menggunakan Rumus Abbot (Wahyuni, 2005). Kadar etanol yang digunakan dalam proses pelarutan didasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Astuti (2008) yang menunjukkan bahwa etanol dapat mempengaruhi kematian larva 24 jam setelah perlakuan adalah pada konsentrasi di atas 10%.

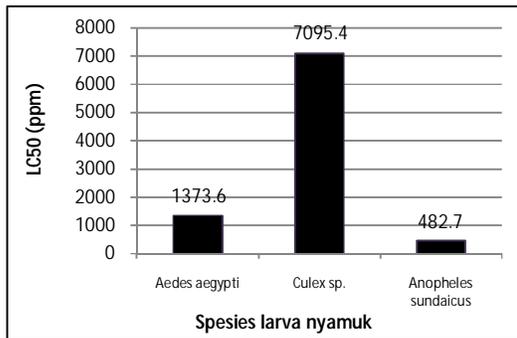
Perhitungan jumlah larva yang mati untuk masing-masing spesies di atas dilakukan 24 jam setelah perlakuan. Hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Grafik persentase kematian rata-rata larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*.

Gambar 4 menunjukkan presentase kematian rata-rata larva yang terbesar adalah pada spesies *Anopheles sundaicus*, disusul oleh *Aedes aegypti* dan *Culex sp.*

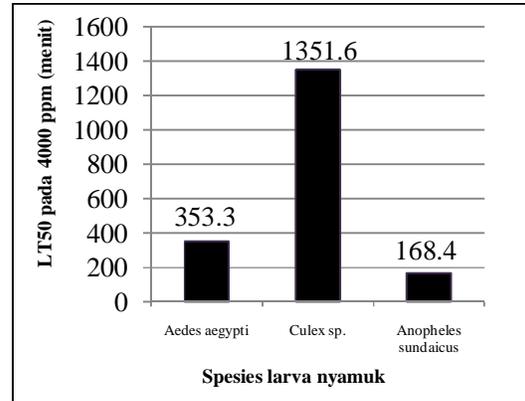
Hasil pengujian ulangan berbagai tingkat konsentrasi pada ekstrak sampel dilakukan berdasarkan standar WHO dengan tujuan mencari nilai LC_{50} (Gambar 4) dengan metode analisis probit (*Finney Method*) dengan menggunakan *software* POLO-PC (Priyono, 2007).



Gambar 5. Nilai LC_{50} ekstrak sampel untuk larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* setelah 24 jam perlakuan.

Berdasarkan Gambar 5, dapat diketahui bahwa nilai LC_{50} yang terendah adalah pada spesies larva *Anopheles sundaicus* sebesar 482,7 ppm. Sedangkan untuk larva *Aedes aegypti* dan *Culex sp.* adalah 1373,6 dan 7095,4 ppm.

Perbandingan nilai LT_{50} untuk larva *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* pada konsentrasi 4000 ppm setelah 24 jam perlakuan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai LT_{50} ekstrak sampel untuk larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus* pada konsentrasi 4000 ppm.

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa respon berbagai spesies larva terhadap ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi berbeda-beda. Hasil yang signifikan terlihat pada larva *Anopheles sundaicus*. Hal ini menunjukkan bahwa larva *Anopheles sundaicus* lebih sensitif terhadap ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi dibandingkan dengan kedua spesies larva yang lain, dengan kata lain kedua spesies larva tersebut lebih resisten (tahan) terhadap sampel yang berupa ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi.

Mortalitas larva uji disebabkan adanya kandungan senyawa kimia tumbuhan yang berupa terpenoid, flavonoid dan saponin yang terkandung pada ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa kimia pertahanan tumbuhan yang termasuk ke dalam metabolit sekunder atau aleokimia yang dihasilkan pada jaringan tumbuhan dan dapat bersifat toksik serta dapat juga berfungsi sebagai racun perut dan pernafasan (Yeni, 2008).

Menurut Nursal (2005), apabila larva memakan makanan yang mengandung senyawa aleokimia toksik, maka larva tersebut tidak mencapai berat kritis menjadi pupa, hal ini disebabkan larva menurunkan laju metabolisme dan sekresi enzim pencernaan, sehingga energi untuk pertumbuhan berkurang.

Hasil di atas dapat dijadikan sebagai acuan bahwa limbah penyulingan minyak akar wangi dapat dimanfaatkan sebagai biolarvasida terutama terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* sebagai vektor penyakit demam berdarah dan chikungunya, *Anopheles sundaicus* penyebab malaria dan filaria, dan *Culex sp.* sebagai vektor yang menularkan penyakit filaria dan kaki gajah yang selama ini sering berjangkit di Indonesia.

Hal ini merupakan salah satu alternatif solusi untuk penanganan limbah yang lebih

bijaksana. Selain dapat mereduksi dampak negatif yang ditimbulkan dari pembakaran, hal tersebut akan meningkatkan nilai ekonomi dan memberikan penghasilan tambahan bagi agroindustri pengolahan minyak akar wangi. Manfaat lain dari hasil ini adalah menemukan obat pembasmi serangga (nyamuk) alamiah (bioinsektisida) yang murah dan ramah lingkungan, selain itu dengan digunakannya bioinsektisida maka dampak negatif yang ditimbulkan oleh insektisida sintesis dapat direduksi.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanoides*) dapat digunakan sebagai biolarvasida terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex sp.*, dan *Anopheles sundaicus*.
2. Urutan efektivitas biolarvasida dari ekstrak etanol limbah penyulingan minyak akar wangi (*Vetiveria zizanoides*) yang paling signifikan sampai terendah adalah terhadap larva nyamuk *Anopheles sundaicus*, *Aedes aegypti*, dan *Culex sp.*
3. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak limbah penyulingan minyak akar wangi berdasarkan analisis dan identifikasi dengan menggunakan GC-MS adalah 1-bromodekana, vanillin, isoeugenol, asam isokhusenik, isomer asam isokhusenik, asam propanoat, oktahidronafto, asam palmitat, dan asam oleat dengan komponen utamanya adalah asam isokhusenik yang memiliki kelimpahan sebesar 35,25%.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, E. P. (2008). *Efektivitas Minyak Biji Kamandrah (Croton tiglium) dan Jarak Pagar (Jatropha curcas) sebagai Larvasida, Anti-Posisi, dan Ovosida Nyamuk Aedes aegypti dan Aedes albopictus*. Tesis Megister pada Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor: tidak diterbitkan.
- Henderson, G., Heumann, D.O., Laine, R.A., Maistrello, L., Zhu, B.C., Chen, F. (2005). "Extract of vetiver oil as repellent and toxicant to ants, ticks, and cockroaches". *Jurnal of United States Patent* 6906108.
- Indah, D. N. (2006). *Isolasi dan Uji Aktivitas Pestisida Senyawa Metabolit Sekunder Fraksi Diklorometan Daun Tumbuhan Toona sinensis Roem*. Skripsi Sarjana pada FPMIPA UPI Bandung: tidak diterbitkan.
- Jain, S. C., Nowicki, S., Eisner, T., dan Meinwald, J. (1982). "Insect Repellents from Vetiver Oil: I. Zizanal and Epizizanal". *Jurnal of Tetrahedron Letters*. **23, 45, 4639-4642**.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia Penentuan Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Kastaman, R. (2003). *Analisis Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah Akar Wangi (Lefiveria zizanoides) sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang Briket*. [Online]. Tersedia: http://resources.unpad.ac.id/unpad-content/uploads/publikasi_conc.n/No.06%20paper-TTG-subang3.pdf.
- Moehammadi, N. (2005). "Potensi Biolarvasida Ekstrak Herba *Ageratum conyzoides* Linn. dan Daun *Saccopetalum horsfieldii* Benn. terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L". *Jurnal Berk. Penel. Hayati*. **10, 1-4**.
- Murwani, S., Ambarningrum, T. B., dan Setyaningrum, E. (2002). *Pemanfaatan Ekstrak Akar Wangi (Vetiveria zizanoides) untuk Mengendalikan Nyamuk Aedes aegypti*. Laporan Penelitian pada Fakultas MIPA Universitas Lampung: tidak diterbitkan.
- Nursal, S. (2005). *Kandungan Senyawa Kimia Ekstrak Daun Lengkuas (Lactuca indica Linn), Toksisitas dan Pengaruh Subletalnya terhadap Mortalitas Larva Nyamuk Aedes aegypti L*. Laporan Penelitian pada Universitas Sumatera Utara Medan: tidak diterbitkan.
- Pambayun, R. (2007). "Kandungan Fenol dan Sifat Antibakteri dari Berbagai Jenis Ekstrak Produk Gambir (*Uncaria gambir* Roxb)". *Majalah Farmasi Indonesia*. **18, 3, 141-146**.
- Prijono, D. (2007). *Modul Praktikum Toksikologi Insektisida Pengujian Toksisitas Insektisida*. Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian Bogor: tidak diterbitkan.
- Suirta, I. W., Puspawati, N. M., dan Gumiati, N. K. (2007). "Isolasi dan Identifikasi Senyawa Aktif Larvasida dari Biji Nimba (*Azadirachta indica* A. Juss) terhadap Larva

- Nyamuk Demam Berdarah (*Aedes aegypti*)". *Jurnal Kimia*. **1, 2, 47-54**.
- Yeni. (2008). *Efektivitas Ekstrak Daun Babandotan (Ageratum conyzoides Linn) terhadap Larva Anopheles sundaicus Linn di Desa Babakan Pangandaran Jawa Barat*. Laporan Kerja Praktik pada Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung Bandar Lampung: tidak diterbitkan.
- Wahyuni, S. (2005). *Daya Bunuh Ekstrak Serai (Andropogon nardus) terhadap Larva Nyamuk Aedes aegypti*. Skripsi Sarjana pada Universitas Negeri Semarang: tidak diterbitkan