

POTENSI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas*) SEBAGAI LARVASIDA HAYATI PENCEGAH PENYAKIT DEMAM BERDARAH DENGUE

(DETERMINATION OF POTENTIAL USED OF *Jatropha curcas* OIL AS BIOLOGICAL LARVICIDAL FOR PREVENTING DENGUE HAEMORRHAGIC FEVER)

Dyah Iswantini^{1,2,*}, Adi Riyadhhi², Upik Kesumawati³, Rosihan Rosman⁴,
Djumali Manguwidjaja⁵, Min Rahminiwati¹

ABSTRACT

Recently, Indonesia has big problem caused by dengue haemorrhagic fever with *A. aegypti* as vector. Potential medicine and vaccine for curing this disease have not been found. The effective method to prevent this disease is the use of *A. aegypti* larvicidal. The chemical larvicidal has disadvantage for environmental aspect. To solve this problem, the biological larvicidal has a good chance to develop. Indonesia has megadiversity which can be developed as biological larvicidal. Crude aqueous extracts and ethanol extracts of *Jatropha curcas* (Jarak pagar) seed and oil of *Jatropha curcas* were evaluated for larvicidal potential against the *Aedes aegypti* mosquito. Among all extracts, *Jatropha curcas* oil possessed a highest activity against the 3th instar larvae of *Aedes*. LC₅₀ values of *Jatropha curcas* oil was 1507 ppm for 24 h and 866 ppm for 48 h. It was suggested that the *Croton tiglium* oil and *Jatropha curcas* oil possess larvicidal properties that could be developed and used as biological larvicidal.

Keywords: *Jatropha curcas*, oil, *Aedes aegypti*, biological larvicidal, dengue haemorrhagic fever.

ABSTRAK

Saat ini Indonesia menghadapi masalah nasional yaitu mewabahnya penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Obat dan vaksin untuk mencegah penyakit demam berdarah yang berbahaya sampai saat ini belum ditemukan. Cara yang paling tepat untuk pengendaliannya adalah dengan memutus siklus menggunakan larvasida dan insektida. Penggunaan insektisida sintetik dapat berdampak tidak baik terhadap lingkungan. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut dengan mencari bahan hayati yang sebagai larvasida. Indonesia memiliki kekayaan sumber daya hayati dan keanekaragaman *indigenous knowledge* yang sangat berlimpah, hal ini merupakan peluang untuk menemukan larvasida nabati Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai larvasida nabati yang efektif dan aman. Telah dilakukan evaluasi potensi sebagai larvasida terhadap ekstrak air dan etanol dari biji jarak pagar (kulit biji dan endosperm biji), serta minyak biji jarak pagar hasil pengepresan dengan menggunakan *hydraulic press* yang mempunyai sifat toksik yang tinggi. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak air, etanol dan minyak biji jarak pagar seluruhnya mampu membunuh larva nyamuk, dengan minyak jarak yang mempunyai aktivitas sebagai larvasida *Aedes aegypti* tertinggi. Nilai LC₅₀ minyak jarak pagar sebesar 1507 ppm untuk 24 jam pengujian dan 866 ppm untuk 48 jam pengujian. Minyak jarak pagar dapat dikembangkan menjadi larvasida alami untuk mengontrol populasi nyamuk.

Kata kunci: Jarak pagar (*Jatropha curcas*), minyak, larvasida hayati, demam berdarah dengue (DBD).

PENDAHULUAN

Gubernur DKI Jakarta Sutiyoso menyatakan wilayah Jakarta dalam status kejadian luar biasa penyakit demam berdarah dengue (Kompas 10 April 2007). Data Dinas Kesehatan DKI Jakarta menunjukkan, sampai akhir Maret, jumlah penderita DBD mencapai 4.408 pasien atau melampaui batas toleransi kejadian luar biasa (KLB) 3.107 pasien. Obat dan vaksin untuk mencegah penyakit demam berdarah belum ditemukan dan masih dalam proses

¹ Pusat Studi Biofarmaka Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.

² Dep. Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Institut Pertanian Bogor.

³ Dep. Ilmu Penyakit Hewan & Kesmavet, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.

⁴ Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Balitro, Bogor

⁵ Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

* Penulis korespondensi: dyahprado@yahoo.co.id

penelitian yang belum membuahkan hasil. Cara yang paling tepat untuk pengendaliannya adalah dengan memutus siklus kehidupan nyamuk dengan menggunakan larvasida dan insektisida.

Penggunaan insektisida sintetik dikenal sangat efektif, relatif murah, mudah dan praktis, tetapi dapat berdampak tidak baik terhadap lingkungan. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan cara mencari bahan hayati yang lebih selektif dan aman. Insektisida nabati merupakan salah satu sarana pengendalian hama alternatif yang layak dikembangkan, karena senyawa insektisida dari tumbuhan mudah terurai di lingkungan, tidak meninggalkan residu di udara, air dan tanah serta mempunyai tingkat keamanan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan racun-racun anorganik.

Uji toksisitas beberapa tanaman telah dilakukan terhadap larva nyamuk, seperti minyak atsiri daun Jukut (*Hyptis suaveolens*) (Noegroho *et al.*, 1997), ekstrak air dari tanaman *Piper retrofractum* (Chansang *et al.*, 2005), ekstraksi daun *Annona muricata* (Hamidah, 2002), dan minyak tumbuhan yang berasal dari tanaman (*Camphor, Thyme, Amyris, Lemon, Cedarwood, Frankincense, Dill, Myrtle, Juniper, Black Pepper, Verbena, Helichrysum and Sandalwood*) yang dilaporkan memiliki bioaktivitas sebagai larvasida nyamuk (Amer *et al.*, 2006).

Aminah *et al.*, (2001) melaporkan hormon steroid dalam buah lerak diduga berpengaruh dalam pertumbuhan larva nyamuk, berdasarkan hasil uji menunjukkan larva yang mati lebih panjang sekitar 1-2 mm. Saponin dalam buah lerak dapat menurunkan tegangan permukaan selaput mukosa traktus digestivus larva sehingga dinding traktus digestivus menjadi korosif.

Sebagian besar ekstrak tanaman yang telah diteliti aktivitasnya membutuhkan konsentrasi yang tinggi, ekstrak tanaman yang aktif pada dosis tinggi secara ekonomis tidak menguntungkan. Salah satu cara untuk menurunkan dosis adalah menggabungkan dari beberapa ekstrak tanaman seperti yang dilakukan oleh George dan Vincent (2005). Cara lain adalah dengan mencari tanaman lain yang memiliki toksisitas tinggi sehingga aktif pada dosis yang rendah.

Tanaman jarak pagar merupakan tanaman asli Indonesia yang tersebar merata di seluruh Indonesia. Dilihat dari sifat toksiknya, jarak pagar memiliki potensi sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti*, namun demikian belum banyak penelitian yang menggunakannya, oleh sebab itu penelitian jarak pagar sebagai larvasida perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah pencarian larvasida yang aman

bagi lingkungan, tidak berbahaya bagi manusia atau *organisme non-target* dan praktis/mudah digunakan

BAHAN DAN METODE

Persiapan bahan baku sebagai simplisia

Penyiapan simplisia meliputi beberapa kegiatan, yaitu pengumpulan bahan baku, sortasi basah, perajangan, dan pengeringan dari kulit biji dan biji jarak pagar. Selanjutnya dilakukan ekstraksi air, etanol dan pengepresan.

Uji fitokimia (Metode Harborne 1996).

Pada pengujian fitokimia ini dilaksanakan dengan bahan aquades, etanol, pereaksi Dragendorf, Mayer dan Wagner dan bahan-bahan lain yang terdapat dalam prosedur kerja dibawah ini dengan alat gelas seperti gelas piala, tabung reaksi, pipet tetes. Uji fitokimia yang akan dilakukan meliputi uji alkaloid, uji flavonoid, uji terpenoid dan steroid, uji saponin, uji kuinon serta uji tanin.

Uji potensi larvasida *Aedes aegypti* (metode WHO 2005)

Penelitian bagian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak jarak pagar terhadap kelangsungan hidup nyamuk *Aedes aegypti* pada stadium larva instar III. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu dasar pemikiran dan sumbangan dalam pengendalian nyamuk demam berdarah dengue.

Uji potensi sebagai larvasida *Aedes aegypti* dilakukan pada ekstrak etanol dan air dari kulit biji jarak pagar dan endosperm biji jarak pagar. Uji potensi larvasida juga dilakukan pada minyak hasil pengepresan biji jarak pagar. Pelarut pada uji larvasida digunakan air aquades dengan larva *Aedes aegypti* instar III. Sebagai kontrol digunakan air aquades dan kontrol larutan etanol 50%, 20% , 10%, 0,1 %, 0,01 % dan 0,001 %. Uji dilakukan dalam gelas plastik yang berisi larutan ekstrak sebanyak 50 ml dengan jumlah larva nyamuk *Aedes aegypti* instar III sebanyak 20 ekor.

Uji larvasida mencari nilai LC₅₀ dilakukan pada ekstrak yang paling berpotensi sebagai larvasida. Uji dilakukan dalam gelas plastik yang berisi larutan ekstrak sebanyak 200 ml dengan jumlah larva nyamuk *Aedes aegypti* instar III sebanyak 25 ekor. Dari masing-masing ekstrak yang akan diuji dibuat masing-masing 5 - 7 tingkat pengenceran dengan satu kontrol. Setiap pengujian dilakukan lima kali ulangan dan satu kontrol. Tingkat konsentrasi larutan ditentukan dengan uji pendahuluan, dicari nilai

konsentrasi terkecil yang mampu membunuh larva 100% selama 24 jam dan nilai konsentrasi tertinggi yang tidak membunuh larva (0%) selama 24 jam.

Cara membuat konsentrasi larutan tersebut dilakukan dengan cara menimbang 6000 mg, 5000 mg, 4000 mg, 3000 mg, 2000 mg, 1000 mg, 500 mg, 300 mg, 100 mg dan 10 mg sampel kemudian masing-masing dilarutkan dalam 1 liter aquades untuk membuat larutan dengan konsentrasi berturut-turut 6000 ppm, 5000 ppm, 4000 ppm, 3000 ppm, 2000 ppm, 1000 ppm, 500 ppm, 300 ppm, 100 ppm dan 10 ppm sebanyak 1 liter.

Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi banyaknya larva yang mati pada masing-masing perlakuan dengan konsentrasi yang berbeda selama 24 jam dan 48 jam.

Analisis data

Untuk mencari angka kematian 50% dan 100% (LC_{50} , LC_{100}), analisis data dalam penelitian ini digunakan analisis probit (*Finney Method/Log normal Distribution*) dengan menggunakan *software* Biostat 2007.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan desain penelitian kasus kontrol tidak berpadanan di wilayah Kabupaten Bogor pada periode Juni–Agustus 2008. Penelitian ini menggunakan populasi sumber seluruh penduduk berusia 20–50 tahun yang berdomisili di daerah yang ditetapkan sebagai daerah endemik antraks di Kabupaten Bogor yaitu empat kecamatan endemis penyakit antraks tipe kulit di wilayah Kabupaten Bogor antara lain Babakan Madang, Cibinong, Citeureup, dan Sukaraja.

Contoh dalam penelitian dihitung dengan menggunakan rumus Schlesselman (1982) sehingga diperoleh contoh minimal adalah 66 kasus. Dengan menggunakan perbandingan kasus : kontrol=1:2, maka jumlah kasus sebanyak 49 dan kontrol 98 sehingga total responden dalam penelitian ini adalah 147 orang.

Kasus diperoleh dari data laporan *surveilans* kasus antraks yang berasal dari Puskesmas di 4 Kecamatan endemis di Kabupaten Bogor yang dimiliki Dinas Kesehatan Kabupaten Bogor selama periode tahun 2003–2007. Sementara kontrol diambil dari daftar penduduk yang berdomisili di RT yang sama dengan kasus saat terkena penyakit antraks tipe kulit dan masih berdomisili di tempat yang sama hingga saat penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan wawancara terhadap kasus dan kontrol dengan mengacu kepada daftar pertanyaan yang telah disusun dalam kuesioner.

Data penelitian ini dianalisis melalui dua tahapan yaitu univariat dengan analisis distribusi frekuensi dan bivariat dengan uji *Chi-square*. Seluruh analisis diproses dengan menggunakan *software* SPSS 13,0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji karakteristik tanaman Jarak pagar

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap biji jarak pagar yang meliputi bentuk biji, perbandingan berat kulit biji dan endosperm (daging) biji serta uji fitokimia dari kulit dan endosperm biji jarak. Buah jarak pagar berbentuk lonjong dengan ukuran 3-3,5 cm, panjang dan diameter sekitar 2,5 cm (Gambar 1). Buah jarak pagar yang dapat dimanfaatkan bijinya sebagai sumber minyak adalah buah jarak pagar yang sudah tua, dengan ciri-ciri batas antara ruang biji sudah nampak jelas bergaris. Minyak jarak pagar (Gambar 2) diperoleh dengan cara pengepresan dengan menggunakan alat *Hydraulic Pressing*.



Gambar 1. Profil buah (A) dan biji jarak pagar (B)



Gambar 2. Profil minyak jarak pagar

Setiap satu buah jarak pagar terdapat tiga biji. Biji jarak pagar yang sudah tua berwarna hitam

(Gambar 1) dan berbentuk lonjong. Panjang biji berkisar antara 1,5-2,0 cm sedangkan diameternya berkisar 1 cm. Perbandingan berat kulit biji jarak pagar dan endosperm (daging) biji jarak pagar pada keadaan basah adalah 30% kulit biji dan 70% endosperm (daging) biji.

Uji kadar air dan uji fitokimia

Sebelum ekstraksi dilakukan, kadar air dari masing-masing sampel ditentukan dengan menggunakan alat *moisture analysis*. Hasil uji kadar air sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar air sampel.

Sampel	Kadar air (%)
Biji Jarak pagar	8,75
Kulit Biji Jarak pagar	12,57
Endosperm Biji Jarak pagar	6,29

Uji fitokimia dilakukan pada sampel serbuk dan hasil ekstrak dari kulit biji jarak pagar dan endosperm biji jarak pagar yang telah dikeringkan. Hasil analisis fitokimia masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji fitokimia serbuk dan ekstrak dan minyak jarak pagar.

Bagian Tumbuhan	Alkaloid			Flavonoid
	Mayer	Wagner	Dragendorf	
Serbuk kulit biji Jarak pagar	++	++	++	++
Ekstrak air kulit biji Jarak pagar	++	++	++	++
Ekstrak etanol kulit biji Jarak pagar	+	+	+	+
Serbuk endosperm biji Jarak pagar	+++	+++	+++	-
Ekstrak air endosperm biji Jarak pagar	+	+	+	-
Ekstrak etanol endosperm biji Jarak pagar	+	+	+	-
Minyak Jarak pagar	+	+	+	-

*Keterangan: - : Tidak mengandung senyawa yang diuji
+, ++, +++ : Intensitas warna / jumlah endapan

Data pada Tabel 2 memperlihatkan sampel serbuk ataupun hasil ekstrak dari biji jarak pagar (kulit dan endosperm) banyak mengandung alkaloid, sedangkan bagian batang kandungan alkaloidnya lebih sedikit dibandingkan bagian bijinya. Senyawa golongan alkaloid berpotensi sebagai larvasida *Aedes aegypti* karena sifat toksiknya.

Senyawa flavonoid pada jarak pagar tidak terdeteksi. Senyawa terpenoid teridentifikasi pada kulit biji jarak pagar, sedangkan pada bagian endosperm biji jarak pagar tidak terdeteksi. Hasil uji fitokimia selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengepresan dan ekstraksi

Minyak jarak pagar hasil pengepresan diperoleh dari SBRC IPB. Berdasarkan hasil pengepresan yang dilakukan di Balitro diperoleh hasil sebesar 24% dari biji yang tua berwarna hitam, sedangkan biji yang muda berwarna coklat perolehan minyaknya rendah berkisar antara 5-7%. Pengepresan biji jarak pagar dipengaruhi oleh tingkat kematangan biji, biji kamandrah yang tua dapat menghasilkan minyak yang lebih banyak dibanding dengan biji yang muda.

Ekstrak air dan ekstrak etanol dilakukan pada kulit biji jarak pagar dan endosperm biji jarak pagar. Rendemen hasil ekstrak dapat dilihat pada Tabel 3. Ekstrak air endosperm biji jarak pagar lebih keruh dibanding ekstrak etanol endosperm biji jarak pagar. Ekstrak etanol endosperm biji jarak pagar berwarna kuning jernih sedangkan ekstrak air endosperm biji jarak pagar berwarna kuning keruh. Ekstrak air kulit biji jarak pagar berwarna hitam pekat, sedangkan ekstrak etanol kulit biji jarak pagar berwarna kuning kecoklatan. Rendemen tertinggi diperoleh dari ekstrak air endosperm biji jarak.

Tabel 3. Rendemen hasil ekstrak air dan etanol jarak pagar.

Sampel / Ulangan	Jenis Pelarut	Rendemen (%)
Kulit Biji Jarak	Air	1,65-1,81
Kulit Biji Jarak	Etanol	0,93-1,99
Endosperm Biji Jarak	Air	6,81-10,22
Endosperm Biji Jarak	Etanol	3,90-9,20

Uji potensi biji Jarak pagar sebagai larvasida *Aedes aegypti*

Uji potensi biji jarak pagar dilakukan pada ekstrak air dan etanol dari biji jarak pagar (kulit dan endosperm) dan minyak hasil pengepresan biji jarak pagar. Minyak jarak pagar diperoleh dari hasil pengepresan biji yang tua, karena biji yang tua kadar minyaknya lebih tinggi dibanding dengan biji yang muda.

Dari hasil uji potensi larvasida ekstrak biji jarak pagar (kulit dan endosperm) dan minyak jarak pagar, dapat disimpulkan bahwa sampel yang terbaik bila dilihat dari banyaknya kematian larva *Aedes aegypti* adalah minyak jarak pagar, namun demikian minyak jarak pagar memiliki kelemahan dari segi kelarutannya, minyak jarak pagar bersifat non polar, sehingga sulit larut dalam air. Pada tahap selanjutnya minyak jarak pagar menjadi pilihan untuk dilakukan uji larvasida mencari nilai LC₅₀ dan analisis kandungan kimia yang berpotensi sebagai larvasida.

Penentuan nilai LC₅₀ minyak Jarak pagar sebagai larvasida *Aedes aegypti*.

Berdasarkan uji pendahuluan potensi larvasida ekstrak biji jarak pagar (kulit dan endosperm) dan minyak jarak pagar hasil pengepresan, maka sampel yang paling berpotensi sebagai larvasida adalah minyak biji jarak pagar hasil pengepresan.

Pengujian ulangan dilakukan dengan tujuan mencari nilai LC₅₀ dilakukan berdasarkan standar WHO, sebagai pembanding digunakan minyak sawit kemasan. Hasil uji larvasida dapat dilihat pada Tabel 4, sedangkan nilai LC₅₀ dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai LC₅₀ dihitung dengan menggunakan metode probit analisis (*Finney Method/Lognormal Distribution*), dengan menggunakan software *BioStat 2007*.

Berdasarkan hasil uji (Tabel 4) minyak jarak pagar dapat membunuh larva nyamuk dengan konsentrasi yang lebih rendah dibanding dengan minyak sawit, hal ini menunjukkan bahwa minyak jarak pagar tidak hanya membunuh larva secara fisik sebagaimana minyak sawit namun ada senyawa lain yang bersifat toksik yang dapat membunuh larva nyamuk yang tidak dimiliki oleh minyak sawit.

Tabel 5. Hasil uji larvasida minyak jarak pagar dan minyak sawit.

Bahan uji	Konsentrasi (ppm)	Lamanya uji (Jam)	Larva yang mati (%)
Minyak Biji Jarak pagar	5000	24	95,2
	4000	24	88,8
	3000	24	82,4
	2000	24	48
	1000	24	32,8
	500	24	11,2
	400	24	8,8
Minyak Biji Jarak pagar	300	24	1,6
	5000	48	96,8
	4000	48	92,8
	3000	48	91,2
	2000	48	68
	1000	48	56,8
	500	48	34,4
Minyak Sawit	400	48	16,8
	300	48	20,8
	6000	24	41,6
	4000	24	22,4
	2000	24	16
	500	24	8
	300	24	7,2
Minyak Sawit	6000	48	57,6
	4000	48	34,4
	2000	48	22,4
	500	48	15,2
	300	48	16

Nilai LC₅₀ pada pengujian 24 jam minyak jarak pagar sebesar 1507 ppm. Nilai LC₅₀ pada minyak jarak pagar bila dibandingkan dengan literatur masih relatif besar, LC₅₀ minyak atsiri daun jukut *Hyptis suaveolens* terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* instar IV sebesar 393,69 ppm (Noegroho *et al.*, 1997), LC₅₀ minyak hasil ekstrak *Ipomoea cairica* terhadap larva *Aedes aegypti* sebesar 22,3 ppm (Thomas *et al.*, 2004). Namun demikian minyak jarak pagar memiliki kelebihan pada kemudahan dalam memperolehnya, bila dibandingkan dengan minyak

Tabel 4. Hasil uji potensi larvasida ekstrak biji jarak pagar selama 24 jam.

No	Jenis ekstrak	Konsentrasi (%)	Konsentrasi (ppm)	Rata-rata kematian larva (%)	Standar deviasi
1	Ekstrak air kulit biji Jarak pagar	0,1	1000	0	0
2	Ekstrak etanol kulit biji Jarak pagar	0,1	1000	75	0,22
3	Ekstrak air endosperm biji Jarak pagar	0,1	1000	3	0,03
4	Ekstrak etanol endosperm biji Jarak pagar	0,1	1000	43	0,15
5	Minyak Jarak pagar (press biji)	0,1	1000	85	0,22

atsiri yang diperoleh dengan cara destilasi, minyak jarak pagar diperoleh dengan cara dipress. Pengepresan relatif lebih mudah dibandingkan dengan destilasi.

Minyak jarak pagar memiliki kekurangan dari segi kelarutannya pada air, karena minyak bersifat non polar dan air bersifat polar. Perlu dilakukan formulasi agar minyak jarak pagar dapat larut dalam air, sehingga diharapkan apabila kelarutannya meningkat maka nilai LC₅₀ akan menurun.

Tabel 6. Nilai *letal concentration* (LC) minyak jarak pagar, dan minyak sawit.

LC	Minyak	Lamanya Uji (jam)	Minyak Jarak pagar (ppm)	Minyak Sawit (ppm)
LC ₅₀		24	1507	17064
LC ₁₀₀		24	4509	309064
LC ₅₀		48	866	7714,5
LC ₁₀₀		48	3377,5	177072

KESIMPULAN

Hasil uji potensi larvasida *Aedes aegypti* menunjukkan minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) mempunyai potensi tertinggi sebagai larvasida hayati dibandingkan ekstrak air dan etanolnya. Nilai LC₅₀ minyak jarak pagar sebesar 1507 ppm untuk 24 jam pengujian dan 866 ppm untuk 48 jam pengujian. Sedangkan ekstrak air dan etanol dari kulit biji jarak pagar, endosperm biji jarak pagar, kurang berpotensi sebagai larvasida.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Badan Litbang Pertanian Departemen Pertanian yang telah mendanai penelitian ini melalui program KKP3T.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale KO, Adedire CO. 2006. Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *Afr J Biotechnol* 5(10): 901-906.
- Amer A, Mehlhorn H. 2006. Larvicidal effects of various essential oils against *Aedes*, *Anopheles*, and *Culex* larvae (Diptera, Culicidae). *J Parasitol Res* 99(4): 466-472
- Aminah NS, Sigit SH, Partosoedjono S, Chairul. 2001. *S. rarak*, *D. metel* dan *E. prostate* sebagai Larvasida *Aedes aegypti*. *Cermin Dunia Kedokteran* 131: 7-9
- Bandara KA, Kumar V, Jacobsson U, Molleyres LP. 2000. Insecticidal piperidine alkaloid from *Microcos paniculata* stem bark. *J Phytochem* 54(1): 29-32
- Banerjee KK, Sen A. 1983. Haemolysis of rabbit erythrocytes by a lectin from the seeds of *Croton tiglium*. *J Biosci* 5(1):121-129.
- Chansang U, Zahiri NS, Bansiddhi J, Boonruad T, Thongsrirak P, Mingmuang J, Benjapong N, Mulla MS. 2005. Mosquito larvicidal activity of aqueous extracts of long pepper (*Piper retrofractum* Vahl) from Thailand. *J Vect Ecol* 30(2): 195-200
- George S, Vincent S. 2005. Comparative efficacy of *Annona squamosa* Linn. and *Ponamia glabra* Vent. to *Azadirachta indica* A. Juss against mosquitoes. *J Vect Borne dis* 42:159-163.
- Harborne JB. 1996. Metode fitokimia. Terjemahan Padmawinata K & Soediro L. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Marshall GT, Klocke JA, Lin LJ, Kinghorn AD. 2005. Effects of diterpene esters of tigliane, daphnane, ingenane, and lathyrane types on pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* saunders (Lepidoptera: Gelechiidae). *J Chem Ecol* 11(2):191-206.
- Noegroho, Srimulyani, Mulyaningsih. 1997. Aktivitas larvasida minyak atsiri daun jukut *Hyptis suaveolens* (L) Poit, terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*, instar IV dan analisis Kromatografi Gas - Spektroskopi Massa. *Maj Farm Ind (MFI)* 8(4): 11
- Salatino A, Faria ML, Giuseppina N. 2007. Traditional uses, chemistry and pharmacology of *Croton* species (Euphorbiaceae). *J Braz Chem Soc* 18(1): 11-33.
- Simas NK, Lima EC, Kuster RM, Lage CLS, Oliveira F, Alfredo MT. 2007. Potential use of *Piper nigrum* ethanol extract against pyrethroid-resistant *Aedes aegypti* larvae. *Rev Soc Bras Med Trop* 40(4) : 405-407
- Thangam S, Kathiresan. 1997. Mosquito larvicidal activity of mangrove plant extracts and synergistic activity of *Rhizophora apiculata* with

Pyrethrum against *Culex quinquefasciatus*.
Form Int J Pharm 35(1): 69-71.

Thomas TG, Rao S, Lal S. 2004. Mosquito larvicidal properties of essential oil of an indigenous plant, *Ipomoea cairica* Linn. Jpn J Infect Dis 57: 176-177.

WHO. 2005. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. World Health Organization Communicable Disease Control, Prevention and Eradication WHO Pesticide Evaluation Scheme.

Zulkifli N. 2005. Proses pembuatan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif. Laporan penelitian tim Departemen Teknologi Pertanian USU Medan.