

## Pengembangan Teknologi Pengendalian Serangga Hama Gudang Menggunakan Pestisida Alami Berbasis Nimba (*Azadirachta indica*. A.Juss)

### *Development of Stored Product Pest Control Technology Using Biopesticide Based on Neem (Azadirachta indica. A. Juss)*

Sulaeman Yusuf<sup>a</sup>, S. Khoirul Himmi<sup>a</sup>, Didi Tarmadi<sup>a</sup>,  
Deni Zulfiana<sup>a</sup>, Maya Ismayati<sup>a</sup>, Atik Setyowati<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Laboratorium Pengendalian Serangga Hama dan Biodegradasi,  
Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial, LIPI,  
Jl. Raya Bogor KM 46 Cibinong, Bogor 16911

<sup>b</sup>PT Johny Jaya Makmur  
Jl. Agung Utara I Blok A2 no 28 Sunter Agung Podomoro, Jakarta

Naskah diterima : 10 Juni 2012

Revisi Pertama : 20 Juni 2012

Revisi Terakhir : 30 Juli 2012

#### ABSTRAK

Selama dalam masa penyimpanan, komoditi hasil panen dapat mengalami kerusakan dan susut bobot (*losses*) yang disebabkan oleh serangan hama. *Sitophilus oryzae* adalah salah satu penyebab kerugian dan kerusakan terbesar karena memiliki kemampuan cepat berkembang biak akibat suplai makanan yang melimpah, mampu berpindah bersama-sama dengan komoditas hasil panen, serta mempunyai daya adaptasi pada kondisi kering. Pengendalian secara kimiawi tidak menjadi solusi, karena masih menggunakan bahan-bahan pestisida berbahaya seperti Carbamat, Piretroid, PH<sub>3</sub> dan Metil Bromida, yang memiliki efek karsinogenik yang memicu kanker, akibat efek residual yang tertinggal dalam komoditas pangan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menawarkan teknologi pengendalian hama gudang penyimpanan hasil panen, menggunakan pestisida alami berbasis nimba, *Azadirachta indica* yang efektif, aman sekaligus ramah lingkungan. Hasil bioassay menunjukkan respon yang sangat baik, dimana mortalitas 100 persen *S. oryzae* dicapai pada konsentrasi 10 ppm produk formulasi. Uji toksisitas akut oral dan dermal juga menunjukkan produk formulasi termasuk kategori bahan tidak berbahaya (WHO, 2003).

kata kunci: *Azadirachta indica*, biopestisida, *Sitophilus oryzae*

#### ABSTRACT

During storage, stored product commodities could be damaged and lose weight caused by pest attack. *Sitophilus oryzae* is one of the most dangerous stored pests because of their fast reproductive abilities due to abundant supply of foods; their moving abilities with stored commodities; and their adaptability to extremely drying condition. Chemical treatments are not solving the problems because they still contain some toxic substances like carbamate, pyrethroid, methyl boric, that would lead to residual contain remains on food commodity and possess carcinogenic effect. Based on that background, this research proposes new stored product pest control technology using effective and environmentally friendly biopesticide based on neem (*Azadirachta indica* A. Juss). Bioassay results against *S. oryzae* show that 100 percent mortality is achieved at 10 ppm biopesticide formulation. Both acute oral and dermal toxicity tests also show that biopesticide formulation is classified as not harmful substances (WHO, 2003).

keywords: *Azadirachta indica*, biopesticide, *Sitophilus oryzae*

## I. PENDAHULUAN

Selama dalam masa penyimpanan, komoditi hasil panen dapat mengalami kerusakan dan susut bobot (*losses*) yang disebabkan oleh serangan hama serangga, tunggau, cendawan, maupun tikus. Di antara berbagai hama gudang tersebut, serangga hama merupakan penyebab kerugian dan kerusakan terbesar. Serangga hama pada gudang penyimpanan hasil panen memiliki kemampuan cepat berkembang biak akibat suplai makanan yang melimpah, sehingga dalam setahun bisa menghasilkan beberapa generasi, dan juga dapat berpindah bersama-sama dengan komoditas hasil panen. Selain itu, serangga hama pada gudang mempunyai kemampuan adaptasi yang besar pada kondisi kering sehingga tetap dapat berkembang biak dengan baik meski komoditas hasil panen disimpan dengan kadar air relatif rendah.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap bahaya lingkungan yang ditimbulkan oleh pestisida kimia, intensitas penelitian tentang pestisida alami (*bio-pesticide*) mengalami peningkatan. Sampai saat ini sebagian besar pestisida yang beredar di pasaran mengandung bahan aktif berbahaya seperti klorpyrifos, imidacloprid, phoxim, fanvalerate, dan diazinon. Penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya tersebut secara luas untuk aplikasi pertanian maupun pemukiman, tentunya sangat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan (FQPA, 1996; NRC, 1993; Wright, dkk., 1994). Selain itu, bahan-bahan tersebut juga mengancam kualitas air di berbagai area (Johnson, 1994).

Pemanfaatan pestisida alami sebagai sebuah teknologi alternatif dalam program Pengendalian Hama Gudang Penyimpanan Hasil Panen Terpadu (*Integrated Stored Pest Control*) sangat potensial diusulkan sebagai pengganti dari penggunaan pestisida kimia yang telah diketahui memiliki dampak negatif sangat luas bagi sistem ekologi pertanian dan manusia (Whitten, 1992). Pemanfaatan biopestisida yang ramah lingkungan, diharapkan memiliki spektrum yang sangat luas mencakup pengendalian seluruh serangga hama yang menyerang produk pertanian yang disimpan. Salah satu bahan alam yang dilaporkan memiliki aktifitas pestisidal adalah tumbuhan dari famili *Meliaceae*.

Saat ini telah ditemukan sekitar 11 spesies tumbuhan dari famili *Meliaceae* yang diketahui mengandung metabolit sekunder berupa terpenoid yang bekerja sebagai penolak makan (*antifeedant*) bagi serangga (Simmonds, dkk., 1992). Nimba (*Azadirachta indica*, A. Juss.) merupakan satu diantara famili *Meliaceae* yang sudah semenjak lama dijadikan pestisida botani untuk mengendalikan berbagai jenis hama tanaman budidaya. Nimba tumbuh luas di daerah tropis dan sub-tropis seperti di Indonesia, secara tradisional banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat. Dai (1990) melaporkan bahwa kandungan limonoid dari nimba, terutama biji, memiliki peranan utama dalam aktifitas pestisidal dan kemampuan obat-obatan.

Saat ini, sekitar dua ratus jenis limonoid telah diisolasi dan diidentifikasi dari nimba. Azadirachtin, salah satu jenis limonoid, dipercaya sebagai senyawa paling penting yang terkandung dalam nimba karena kelimpahan dan aktifitas pestisidal yang tinggi. Azadirachtin yang diklasifikasikan dalam kelas molekul organik tetranortriterpenoids, diketahui dapat bekerja sebagai penolak makan (*antifeedant*), menghambat pertumbuhan, menghambat proses ganti kulit (*moulting inhibition*), mengakibatkan abnormalitas anatomi dan dapat mematikan serangga (Grace-Sierra Crop Protection Co., 1990). Walter (1999) juga melaporkan bahwa azadirachtin telah terbukti efektif mengendalikan lebih dari 300 spesies serangga hama termasuk hama-hama penting tanaman budidaya seperti ulat grayak (*armyworm*), pengorok daun (*leafminer*), kutu daun (*aphid*) dan kutu putih (*whiteflies*). Lebih lanjut, peneliti sendiri telah mengkaji nimba terbukti efektif diaplikasikan sebagai bahan utama biopestisida untuk aplikasi pengendalian hama pemukiman (*urban pest*), seperti rayap dan bubuk kayu kering (Yusuf, 2011).

Berbagai review penelitian terdahulu telah menegaskan nimba sangat potensial digunakan sebagai bahan pestisida alternatif (Yusuf, 2004; Prianto, 2005; Tarmadi, 2008; Himmi, 2008), tapi sampai saat ini belum pernah dilakukan studi komprehensif tentang formulasi bio-insektisida berbahan utama azadirachtin dari nimba untuk aplikasi pengendalian hama gudang penyimpanan hasil panen secara komersial. Sebagian besar penelitian terdahulu menitik beratkan pada pengendalian hama pertanian

(crop pest), padahal potensi kerusakan yang diakibatkan serangan hama gudang penyimpanan poduk pertanian juga sangat besar, hingga mencapai 224-238 milyar rupiah pertahun.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini menitikberatkan kajian pada pengembangan teknologi pengendalian hama gudang penyimpanan hasil panen, menggunakan bio-pestisida berbasis bahan alam yang efektif, aman sekaligus ramah lingkungan. Walaupun terbukti memiliki aktivitas insektisidal, tetapi kajian mengenai sediaan formulasi bioinsektisida komersial berbasis bahan alam (nimba) belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, peneliti bersama dengan mitra Industri melakukan kerjasama riset di bidang pestisida alami ini. Mitra industri (PT. Johny Jaya Makmur) sendiri adalah perusahaan yang bergerak di bidang agrobisnis yang memiliki divisi penelitian dan pengembangan yang sangat kompeten. Dari penelitian yang diajukan ini, diharapkan bisa menghasilkan bahan biopestisida pengendali hama gudang penyimpanan hasil pertanian, yang layak untuk dikomersialisasikan, sehingga tidak hanya mengangkat potensi bahan baku (nimba) yang dipergunakan, tetapi sekaligus meningkatkan ketahanan pangan dan kesehatan masyarakat akibat dari berkurangnya penggunaan bahan-bahan pestisida berbahaya.

## II. METODOLOGI

### 2.1 Isolasi dan Identifikasi Azadirachtin dari Biji Nimba

*Ekstraksi inti biji Nimba.* Dua puluh gram Minyak nimba komersial dilarutkan dalam 100 ml metanol dilanjutkan dengan penambahan 100 ml aquades. Setelah penambahan 20 ml larutan

NaCl 5 persen, campuran diekstrak dengan Petroleum eter (6 x 200 ml) untuk menghilangkan minyak. Selanjutnya campuran diekstrak dengan diklorometana (3 x 200 ml) untuk mengikat azadirachtin ke dalam lapisan diklorometana. Selanjutnya pelarut diklorometana dievaporasi untuk mendapatkan ekstrak kering.

*Identifikasi kandungan azadirachtin secara kualitatif dalam ekstrak biji nimba dilakukan dengan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC).* Sedangkan penentuan kandungan azadirachtin akan dilakukan dengan metode kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS). Metode perhitungan HPLC akan digunakan dalam estimasi kandungan azadirachtin dalam biji nimba. Perhitungan didasarkan pada kurva kalibrasi dari area puncak (*peak area*) versus konsentrasi azadirachtin komersial (kemurnian 95 persen). Analisis HPLC dilakukan menggunakan kolom fasa balik (Primesphere 5, C18-MC 300A, 4,6 mm, 25 cm, Phenomenex) dengan detector UV pada panjang gelombang 220 nm, dan pelarut gradien asetonitril-aquades.

*Formulasi bio-insektisida dengan variasi konsentrasi azadirachtin yang akan dibandingkan dengan pestisida komersial.* Formulasi bio-insektisida dalam penelitian yang diajukan ini adalah bentuk sediaan konsentrat emulsi-cair (*emulsifiable concentrate*). Formulasi bahan insektisida tersusun dari : (i) bahan aktif, yaitu azadirachtin yang diisolasi dari ekstrak biji nimba; (ii) pelarut; (iii) pengencer; (iv) surfaktan; dan (v) sinergis.

*Uji bio-assay produk formulasi terhadap sampel serangga hama sasaran, Sitophilus spp., dalam skala laboratorium.* Prosedur pengujian bioassay terhadap serangga hama sasaran mengacu pada Pedoman Pengujian

**Tabel 1.** Variasi Konsentrasi Produk Biopestisida Dalam Bioassay Terhadap Serangga Hama Sasaran

No.	Jenis Produk	Konsentrasi ( ppm)
1	Kontrol (tanpa bahan kimia)	0
2	Azadirachtin 100 EC	2,5
3	Azadirachtin 100 EC	5
4	Azadirachtin 100 EC	10*
5	Azadirachtin 100 EC	15
6	Azadirachtin 100 EC	20

Keterangan : \*10 ppm (ml/l) = Konsentrasi penggunaan yang dianjurkan

Pestisida Berbahan Aktif Majemuk, Direktorat Jenderal Bina Sarana Pertanian Departemen Pertanian. Pengujian dilakukan dengan menyesuaikan cara makan, serta aplikasi insektisidalnya yang diupayakan sesuai dengan aplikasi lapangannya. Sesuai bentuk formulasi EC, sistem pengujian bio-assay menggunakan Metode Residu pada permukaan cawan petri. Dalam pengujian ini, digunakan imago hama kumbang sasaran. Konsentrasi *prototype* produk yang diuji (Azadirachtin 100EC) disajikan dalam tabel 1 sebagai berikut:

### 2.2. Pengujian Toksisitas Akut Oral dan Dermal

Pada pengujian ini digunakan satu dosis maksimal (dosis tunggal) dari formulasi biopestisida yaitu dosis 5000 mg/kg Berat Badan. Masing-masing dosis dan kontrol dicobakan kepada 5 ekor tikus jantan Sprague Dawley. Berat badan tikus Sprague Dawley jantan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 206-216 gram untuk perlakuan dan 203-213 gram untuk kontrol, dengan umur antara 2-3 bulan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

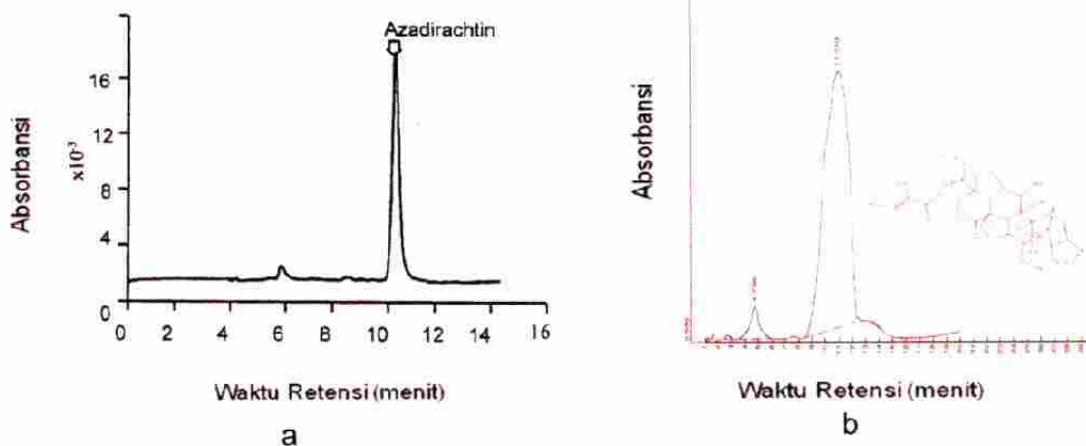
Kandungan azadirachtin dalam biji nimba sangat variatif tergantung wilayah tumbuhnya. Kraus (1995) telah meneliti kandungan azadirachtin dalam biji nimba dari 27 negara di dunia dan melaporkan bahwa kandungan azadirachtin tertinggi diperoleh dari nimba yang tumbuh di asia selatan dan asia tenggara

seperti India, Thailand dan Indonesia. Biji nimba dilaporkan Sundaram (1996) memiliki kandungan azadirachtin tertinggi dibandingkan daun, kulit, akar dan batang. Dari berbagai jenis senyawa bioaktif yang terkandung dalam biji nimba, azadirachtin diketahui sebagai senyawa bioaktif yang paling potensial sebagai bahan biopestisida yang memiliki spektrum luas terhadap berbagai hama serangga (Satdive, dkk., 2001).

### 3.1. Isolasi dan Identifikasi Azadirachtin

Proses isolasi azadirachtin dilakukan dengan metode ekstraksi partisi dari minyak biji nimba. Minyak nimba yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak nimba komersial dari daerah Bali. Ekstraksi partisi menggunakan pelarut diklorometan dan petroleum eter bertujuan untuk menghilangkan minyak (*defatting*) yang banyak dilakukan dengan melakukan ekstrak menggunakan pelarut non-polar seperti eter minyak bumi atau heksana, sebagai perlakuan awal (Azam, dkk., 1995). Isolasi azadirachtin sendiri dilakukan menggunakan pelarut polar (metanol), untuk kemudian dilakukan partisi dengan pelarut lain maupun campuran pelarut sebelum dilanjutkan dengan kromatografi (O'shea, dkk., 1999).

Metode yang digunakan dalam proses partisi mencakup pemurnian ekstrak lebih lanjut dari kandungan minyak yang masih tersisa. Proses partisi diawali dengan melarutkan ekstrak dalam larutan methanol-aquades, kemudian dilanjutkan dengan eter minyak bumi atau n-heksana untuk membersihkan komponen



**Gambar 1.** Kromatogram HPLC, 1.a. Standard Azadirachtin 95 persen (Dai, 1990); dan 1.b Fraksi Azadirachtin Ekstrak Biji Nimba

minyak yang tersisa. Prosedur ini akan menahan azadirachtin dalam fasa lapisan methanol atau fasa lapisan aquades. Untuk memperoleh azadirachtin dalam bentuk serbuk, dilakukan ekstraksi pelarut menggunakan diklorometana atau etil asetat.

Hasil ekstraksi kemudian diuapkan pelarutnya menggunakan evaporator, sehingga didapatkan fraksi azadirachtin kering berwarna coklat kehijauan sebesar 5,28 gram dari 20 gram ekstraksi minyak nimba. Selanjutnya fraksi ini dilakukan identifikasi senyawa kimia menggunakan HPLC dan uji-bioassay terhadap serangga target *S. Oryzae*. Analisa kromatogram azadirachtin yang diisolasi dari minyak biji nimba identik dengan kromatogram larutan azadirachtin standard (Gambar 1). Kandungan azadirachtin yang dihasilkan dari ekstraksi 200 gram minyak nimba adalah sebesar 95 persen.

Isolasi dengan cara ekstraksi partisi yang dilakukan dalam penelitian ini menghasilkan rendemen azadirachtin lebih besar daripada isolasi azadirachtin dari biji nimba yang pertama kali dilaporkan oleh Butterworth dan Morgan (1971) menggunakan partisi pelarut yang dilanjutkan dengan preparasi kromatografi lapis tipis dan berhasil mendapatkan 1,5 gram ekstrak dari 2 kg biji nimba, dengan tingkat kemurnian 90 persen. Sedangkan Lee dan Klocke (1987) berhasil memperoleh azadirachtin dengan kemurnian lebih tinggi dengan menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) dalam teknik preparasinya, mampu mengisolasi 364,8 mg dari 1,5 kg biji nimba dengan tingkat kemurnian 99 persen.

### 3.2. Formulasi Produk Biopestisida

Jenis formulasi *Emulsifiable Concentrate* (EC) dipilih karena kemudahan pembuatan dan aplikasinya. Sediaan EC lebih disukai karena digunakan air sebagai pelarut pada aplikasi di lapangan, sehingga sangat ekonomis, dan mudah digunakan. Tahapan penting dalam pembuatan formulasi adalah proses pencampuran bahan-bahan yang tidak larut menjadi formulasi yang larut, homogen dan stabil dalam jangka waktu yang lama. Pemilihan jenis emulsifier, surfaktan dan pelarut sangat penting dilakukan karena akan berpengaruh pada mutu dan kestabilan formulasi EC. Formulasi biopestisida minyak biji nimba ini terdiri dari azadirachtin sebagai bahan aktif, Geronol BC/5 dan Rhodacal 70 B/C sebagai surfaktan, P-Xylene sebagai pengencer

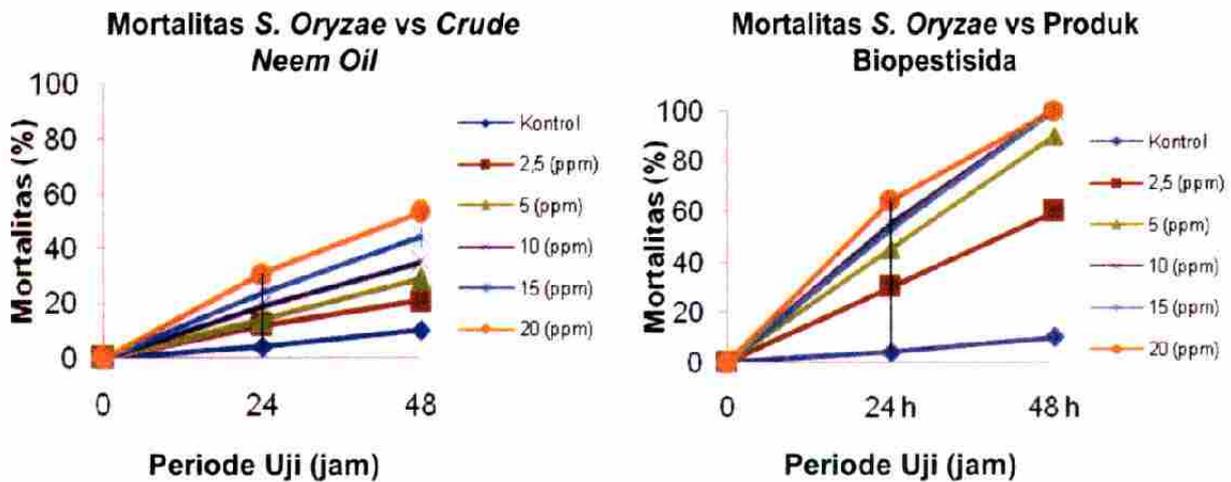
dan digunakan etanol sebagai pelarut.

Uji kestabilan emulsi dilakukan terhadap konsentrasi formulasi dengan menggunakan air sadah sebagai fase dispersi. Uji kestabilan emulsi menggunakan metode *bottle test* ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kestabilan formulasi biopestisida yang dihasilkan dalam air sebagai pendispersi. Hal tersebut juga akan menentukan sejauh mana masa kadaluarsa dari produk biopestisida. Pemilihan komposisi konsentrasi emulsifier yang optimal didasarkan dari hasil uji emulsi yang paling stabil.

Proses destabilisasi emulsi merupakan proses peruraian produk formulasi ke komponen dasar-nya, yaitu minyak dan air, yang meliputi fase (i) *Flocculation*, fase dimulainya peruraian dengan terbentuknya droplet kecil; (ii) *Ostwald Rippening*, suatu fenomena fase polidispsi dimana droplet-droplet yang lebih besar terbentuk dari droplet kecil; (iii) *Sedimentasi*, fase terjadinya pengendapan partikel tersuspensi yang dipengaruhi perbedaan berat jenis komponen; dan (iv) *Coalescence*, fase terjadinya pemisahan lapisan dari fasa kontinyu antara pecahan-pecahan droplet dan gumpalan emulsi droplet ireversibel, dan mengarah pada destabilisasi total. Hasil pengujian dilaboratorium menunjukkan pencampuran produk formulasi biopestisida mampu teremulsi sempurna ditandai dengan warna putih pekat yang langsung terbentuk sesaat biopestisida diteteskan kedalam air sadah. Setelah 3 x 24 jam dalam oven pada suhu 60°C, emulsi masih stabil terlihat dengan tidak terjadinya degradasi formulasi, yang ditandai dengan terpisahnya fasa minyak dan fasa air.

**Tabel 2.** Sifat Fisik Produk Formulasi Biopestisida Berbahan Minyak Biji Nimba.

Parameter Fisik	Sifat
a. warna	Coklat keemasan
b. berat jenis	0,88gr/cc pada 25 0C
c. Kekentalan	42 sec/100 ml
d. Kadaluarsa	2 tahun
e. pH	5
f. Korosifitas	tidak korosif
g. Bau	Khas
h. eksposifitas	tidak mudah meledak



Gambar 2. Hasil Bioassay *S. oryzae* terhadap Minyak Nimba (*Crude Neem Oil*) dan Produk Biopestisida Hasil Formulasi

### 3.3. Bioassay dan Toksisitas Formulasi Biopestisida

Perlakuan *crude neem oil* dan produk formulasi biopestisida pada kertas saring memberikan pengaruh terhadap kematian *S. oryzae*. Pada perlakuan *crude neem oil*, persentase mortalitas *S. oryzae* meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dimana mortalitas paling tinggi sebesar 53 persen didapat pada konsentrasi 20 ppm setelah 48 jam pengamatan. Seperti halnya pada *crude neem oil*, persentase mortalitas *S. Oryzae* juga berkorelasi positif dengan nilai konsentrasi produk formulasi dimana konsentrasi terendah 2,5 ppm mengakibatkan mortalitas *S. Oryzae* sebesar 60 persen setelah 48 jam pengamatan. Mortalitas 100 persen *S. Oryzae* dicapai pada konsentrasi minimal 10 ppm. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi memiliki pengaruh terhadap mortalitas *S. oryzae*.

Pengujian toksisitas akut oral produk formulasi biopestisida dengan dosis maksimal 5000 mg/kg berat badan, tidak terjadi kematian pada tikus percobaan/perlakuan. Semua tikus perlakuan dieuthanasi dan dilakukan nekropsi pada hari ke-14 perlakuan untuk diamati perubahan makroskopis (patologi anatomi) yang terjadi pada organ *visceral*, sehingga masuk kategori bahan tidak berbahaya, jika digunakan sesuai dengan anjuran, yaitu kelas IV. Demikian juga dengan pengujian toksisitas akut dermal, dengan dosis maksimal 2000 mg/kg BB tidak terjadi kematian pada tikus perlakuan dan tidak menimbulkan perubahan patologi anatomi pada organ *visceral* setelah 14

hari perlakuan, sehingga masuk kategori bahan tidak berbahaya, jika digunakan sesuai dengan anjuran, yaitu kelas IV (WHO, 2003).

Azadirachtin sangat layak dikembangkan sebagai bahan utama biopestisida didasarkan pada pertimbangan ilmiah dan teknis antara lain

**Pertama**, komoditas yang dilindungi adalah produk pangan pasca panen, sehingga amat dibutuhkan bahan yang tidak beracun (*less toxic*) tetapi efektif;

**Kedua**, serangga target, *S. oryzae*, memiliki siklus hidup yang pendek, yakni 4 – 6 minggu, tetapi memiliki kemampuan berkembang biak yang luar biasa. Berdasarkan aspek biologisnya, mortalitas bukanlah target utama, karena toh tanpa ditreatment *S. oryzae* akan mati dengan sendirinya. Hal yang paling utama adalah menemukan bahan yang mampu memutus siklus hidup, dengan memandulkan serangga tersebut, sehingga tidak mampu bereproduksi (*infertile*).

**Ketiga**, azadirachtin merupakan komponen utama dalam kandungan ekstrak biji nimba, proses isolasi yang mudah dan singkat serta bisa dilakukan tanpa suplai termal dalam prosesnya. Secara ekonomis, penggunaan bahan aktif ini tentu sangat menguntungkan.

Mordue (2004) juga melaporkan bahwa aktifitas insektisidal azadirachtin dari biji nimba telah terbukti memiliki efek *feeding deterrent* (penolak makan), mengganggu sistem reproduksi, penghambatan pertumbuhan, meningkatkan mortalitas, serta gangguan pada system neoendokrin dari serangga. Perilaku

makan serangga tergantung dari input syaraf (*neural input*) sel perasa kimia pada serangga. Azadirachtin mampu menstimulasi sel pencegah pada sel perasa kimia (*chemoreceptor*) dan juga mencegah pengiriman sel penerima gula yang biasanya menstimulasi keinginan makan dari serangga. Penelitian lain juga melaporkan bahwa ekstrak nimba menunjukkan hampir tidak memiliki efek toksik terhadap pemangsa alami dari serangga seperti burung dan serangga pemangsa hama (Schumutterer, 1990; Schumutterer, dkk., 1995). Hal yang sangat berbeda justru ditunjukkan pestisida konvensional, yang bersifat toksik tidak hanya kepada serangga patogen, tetapi juga membunuh pemangsa alami. Akibatnya justru kontra-produktif, karena seiring meningkatnya imunitas hama serangga terhadap pestisida, tidak tersedia populasi pemangsa alami yang cukup untuk menekan populasi hama. Berdasarkan sifat pestisidalnya yang selektif tersebut menjadikan ekstrak nimba sebagai bahan alternatif paling menjanjikan untuk menggantikan penggunaan pestisida sintesis menjadi bio-pestisida yang ramah lingkungan di masa depan.

#### IV. KESIMPULAN

Formulasi produk biopestisida, *azadirachtin* 100EC, menunjukkan hasil bioassay yang sangat baik dan sangat potensial untuk digunakan dalam aplikasi pengendalian hama gudang pasca panen, *S. Oryzae*. Uji toksisitas akut oral dan dermal menunjukkan sediaan formulasi biopestisida dikategorikan sebagai bahan yang tidak berbahaya. Sediaan bentuk EC ini siap dikembangkan dalam skala produksi yang lebih besar, untuk tujuan komersial.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi atas dukungan pendanaan terhadap penelitian ini dalam skema Insentif Peningkatan Kapasitas Iptek Sistem Produksi, Kementerian Riset dan Teknologi, dengan nomor registrasi KP-2010-2064 dan KP-2011-0717. Terima kasih kepada Anis Sri Lestari dan Faizatul Falah dari Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial LIPI, serta Anggit Andita W.S. dari PT. JJM atas asistensinya dalam pelaksanaan penelitian dan analisa data.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Azam, M., Rengasamy, S., dan B. S. Parmar. 1995. Estimation of Azadirachtin-A Content of Emulsifiable and Solution Concentrates of Neem. *Journal of AOAC International* 78 (4): 893-896.
- Butterworth, J.H., dan E. D., Morgan. 1971. Locust Feeding Inhibition of The Seeds of The Neem Tree, *Azadirachta Indica*, J. *Insect Physiol.* 17 (6): 969-977. Dalam Dai, Jianming. 1990. *Microwave-Assisted Extraction (MAE) of Neem and The Development of a Colorimetric Method for Determination of Azadirachtin Related Limodoids (AZRL)*. Thesis at Department of Agricultural & Biosystems Engineering. McDonald Campus of McGill University. Montreal. Canada.
- Communicable Disease Control, Prevention and Eradication, WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES), World Health Organization (WHO). *Space Spray Application of Insecticides for Vector and Public Health Pest Control, a Practitioner's Guide*; Geneva, Switzerland, 2003.
- Dai, Jianming. 1990. *Microwave-Assisted Extraction (MAE) of Neem and The Development of a Colorimetric Method for Determination of Azadirachtin Related Limodoids (AZRL)*. Thesis at Department of Agricultural & Biosystems Engineering. McDonald Campus of McGill University. Montreal. Canada.
- FQPA (Food Quality Protection Act). 1996. *IPM Practitioner* 18(10):10-13.
- Grace-Sierra Crop Protection Co. 1990. *Margosan-O technical bulletin*. Grace-Sierra Crop Protection Co., Milpitas, CA.
- Himmi, S.K., Tarmadi, D., Prianto, A. H., & S. Yusuf. 2008. *The Determination of Lethal Concentration, LC<sub>50</sub> and LC<sub>95</sub>, from Several Wood Extractives Considered as Potential Anti-Termite Agent*. Annual Report 2008 of R&D Unit for Biomaterial LIPI. Bogor. Indonesia.
- Johnson, W. 2004. *Diazinon and Pesticide Related Toxicity in Bay Area Urban Creeks: Water Quality Attainment Strategy and Total Maximum Daily Load (TMDL)*. Final Project Report, California Regional Water Quality Board, San Francisco Bay Region, March 2004, 1515 Clay St., Oakland, CA. 120 pp.

- Kraus, W. 1995. Biological Active Ingredients. dalam *The Neem Tree: Azadirachta indica A. Juss. and Other Meliaceae Plants, Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes*. Schumetterer, H. Published: Weinheim. New York.
- Lee, S. M., dan J. A. Klocke. 1987. Combined Florisil, Droplet Couter Current, and High Performance Liquid Chromatographies for Preparative Isolation and Purification of Azadirachtin from The Neem (*Azadirachta indica*) seeds. *J. Liq. Chromatogr.* 10, 1151-1163. dalam Dai, Jianming. 1990. *Microwave-Assisted Extraction (MAE) of Neem and The Development of a Colorimetric Method for Determination of Azadirachtin Related Limonoids (AZRL)*. Thesis at Department of Agricultural & Biosystems Engineering. McDonald Campus of McGill University. Montreal. Canada.
- Mordue, A. J. 2004. Present Concepts of The Mode of The Azadirachtin from Neem. dalam Koul O. and S. Wahab. *Neem: Today and in the New Millennium*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp. 229-242.
- [NRC] National Research Council. 1993. *Pesticides in the Diets of Infants and Children*. National Academy Press, Washington, DC. 386h.
- O'Shea, M., Brushett, D.J., D. J. Pollard. 1999. "Azadirachtin Extraction Process". Australian Patent. 97-7861 970711. 28h.
- Prianto, A.H., dkk., Study on Utilization of Active Component in Leaves and Bark of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) As Anti-Termite. *Proceeding of The 11<sup>th</sup> International Wood Science Symposium*. Bali, 29-31 August 2005.
- Satdive, R.K., Fulzele, D.P dan S. Eapen. 2001. *Biotechnology of Neem. Azadirachta indica. L. In: Role of Biotechnology in Medicinal and Aromatic Plants (eds.) Khan, I. A and Khanum, A. Ukaz Publication, Hyderabad, hal. 168-181.*
- Schumutterer, H. 1990. Properties and Potential of Natural Pesticides from The Neem Tree, *Azadirachta indica*. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 271-297.
- Schumutterer, H. dan R.P. Singh. 1995. List of Insect Pests Susceptible to Neem Products. dalam *The Neem Tree: Azadirachta indica A. Juss. and Other Meliaceae Plants, Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management. Medicine, Industry and Other Purposes*. Schumetterer, H. Published: Weinheim. New York.
- Simmonds, M.S.J., H.C.Evans & W.M. Blaney. 1992. Pesticides for the year 2000: mycochemicals and botanicals, p.127-164. dalam A.A.S.A. Kadir (ed.), *Pest management and the environment in 2000*. C.A.B.I., Wallingford.
- Sundaram, K.M.S. 1996. Azadirachtin Biopesticide: A Review of Studies Conducted on Its Analytical Chemistry Enviromental Behaviour and Biological Effects. *J. Environ. Sci. Health. B* 31 (4): 913-848.
- Tarmadi, D., Prianto, A. H., Himmi, S.K., & S. Yusuf. 2008. Antitermite activities of Fraction Groups Derived from *Antiaris toxicaria* and *Azadirachta indica* Barks Extracts. *Proceeding of The 5<sup>th</sup> Pacific Rim Termite Research Group*. Bali, Indonesia, Maret 2008.
- Walter, J. F. 1999. Commercial Experience with Neem Products, p. 155-170. dalam Franklin R. Hall and Julius J. Menn. *Biopesticides Use and Delivery*. Humana Press. Totowa, New Jersey.
- Whitten, M.J. 1992. Pest management in 2000: what we might learn from the twentieth century, p. 9-44. dalam A.A.S.A. Kadir (ed.), *Pest management and the environment in 2000*. C.A.B.I., Wallingford.
- Wright, C.G., R.B. Leidy and H.E. Dupree, Jr. 1994. Chlorpyrifos in the air and soil of houses eight years after its application for termite control. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 52(1):131-134.
- Yusuf, S and Doi, S. Feeding behavior of subterranean termite on steamed wood. *Proc. of the 5<sup>th</sup> International Wood Science Symposium, JSPS-LIPI Core University Program in the Field of Wood Science*. Kyoto. Japan. September 17-19, 2004.
- Yusuf,S., Himmi, S.K., Tarmadi, D., Ismayati,. 2011. Pengendalian Hama Gudang *Sitophilus oryzae* menggunakan pestisida alami berbahan dasar Nimba, *Azadirachta indica*. Prosiding Seminar Nasional Kimia V. Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta, 6 Juli 2011.

### BIODATA PENULIS :

**Sulaeman Yusuf** dilahirkan di Cirebon, tanggal 2 Desember 1958, adalah seorang peneliti utama (profesor riset) dengan bidang keahlian *Pest Control* di UPT Balai Penelitian dan Pengembangan Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Padjadjaran, dan pendidikan S2 & S3 di Kyoto University. Saat ini menjabat sebagai Ketua Kelti Pengendalian Serangga Hama dan Biodegradasi di UPT Balitbang Biomaterial, LIPI.

**Khoirul Himmi Setawan** dilahirkan di Pati, 16 Juni 1984, adalah seorang peneliti dengan bidang keahlian kimia di UPT Balai Litbang Biomaterial, LIPI. Menyelesaikan pendidikan S1 Kimia di FMIPA Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta dan saat ini sedang menempuh pendidikan S2 di RISH Kyoto University, Jepang.

**Didi Tarmadi** dilahirkan di Lebak, 12 Januari 1980, adalah seorang peneliti dengan bidang keahlian pengawetan kayu di UPT Balai Litbang Biomaterial, LIPI. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Hasil Hutan di Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

**Deni Zulfiana** dilahirkan di Guguk Rang Pisang, 09 Juli 1977, adalah peneliti dengan bidang keahlian mikrobiologi di UPT Balai Litbang Biomaterial, LIPI. Menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Biologi di FMIPA, Universitas Andalas pada tahun 2000, dan pendidikan S2 Mikrobiologi di Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Indonesia pada tahun 2003. Saat ini, selain sebagai peneliti di Balitbang Biomaterial, LIPI juga aktif sebagai dosen di Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

**Maya Ismayati** dilahirkan di Majalengka, 09 Oktober 1984, adalah seorang peneliti dengan bidang keahlian kimia di UPT Balai Litbang Biomaterial, LIPI. Menyelesaikan pendidikan S1 Kimia di Universitas Padjadjaran tahun 2007. Saat ini, selain sebagai peneliti di Balitbang Biomaterial, LIPI juga bekerja sebagai QC staff & junior auditor di PT. P. Agrintara.

**Atik Setyowati** dilahirkan di Jakarta, 24 Maret 1969 adalah seorang staf Divisi Riset dan Pengembangan (R&D) di PT Johnny Jaya Makmur, dengan bidang keahlian teknik kimia, pestisida, dan *pest control management*.