

## Tingkat Keefektifan Formulasi Bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* Terhadap Hama Penggerek Buah Kakao pada Kondisi di Lapangan

### *Effectiveness of Bioinsecticide Bacillus thuringiensis Formulation Against Cocoa Pod Borer in Field Condition*

Rein E. Senewe<sup>1)</sup>, F.X. Wagiman<sup>2)</sup>, dan Soekadar Wiryadiputra<sup>3\*)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Maluku.

<sup>2)</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

<sup>3)</sup>Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90 Jember, Indonesia

<sup>\*)</sup>Alamat penulis (*corresponding author*): soekadar@yahoo.com

Naskah diterima (*received*) 16 Agustus 2011, disetujui (*accepted*) 31 Mei 2012

#### Abstrak

Penelitian lapangan bioinsektisida Bt dengan kode Formulasi-A +1WP terhadap hama sasaran penggerek buah kakao (PBK) (*Conopomorpha cramerella*) telah dilakukan di daerah endemik PBK di Desa Holo, Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah. Sebagai pembanding adalah formulasi-B 2,5WP yang telah lama beredar di pasaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dibanding dengan tanpa perlakuan (kontrol), formulasi-A +1WP sangat signifikan menurunkan populasi, tingkat serangan, dan kehilangan hasil panen biji kakao kering akibat serangan hama PBK. Pada konsentrasi yang sama (2,5 g/L) keefektifan formulasi-A +1WP dalam pengendalian hama PBK relatif sama dengan formulasi-B 2,5WP. Dengan konsentrasi 2,5 g/L, formulasi-A +1WP cenderung lebih unggul daripada formulasi-B 2,5WP dalam peningkatan hasil panen biji kering kakao. Formulasi-A +1WP tidak fitotoksik terhadap tanaman kakao. Untuk keperluan aplikasi komersial, disarankan untuk menggunakan konsentrasi 2,5 g/L. Pelaksanaan aplikasi formulasi-A +1WP disarankan pada saat tidak terik matahari, yaitu pada pagi hari sebelum jam 09.00 dan atau setelah pukul 15.00 waktu setempat. Sasaran penyemprotan adalah buah kakao yang belum disukai ngengat PBK untuk bertelur, yaitu ukuran panjang < 8 cm.

**Kata kunci:** Kakao, penggerek buah kakao, *Conopomorpha cramerella*, kontrol, keefektifan, insektisida mikrobial, *Bacillus thuringiensis*

#### Abstract

*Field trial of Bt insecticide formulation with a code of formulation-A +1WP against cocoa pod borer (CPB) (Conopomorpha cramerella) has been conducted at the heavily infested cocoa area in Holo village, Amahai sub district, Central Maluku regency. Formulation-B 2.5 WP as a commercial Bt insecticide which has been distributed widely in the market was used as a comparison Bt insecticide. The results of the trial revealed that compared with untreated treatment, Bt insecticide formulation-A +1WP significantly reduced infestation of CPB, CPB population, and yield losses of dry cocoa bean caused by CPB. At the same concentration (2.5 g/L), the effectiveness of formulation-A +1WP was not significantly different with formulation-B 2.5WP. In the case of production increase, at the same concentration (2.5 g/L) formulation-A +1WP caused higher yield than formulation-B 2.5WP, i.e. 39.9% compared with 35.1%, respectively. Both Bt insecticide formulations tried did not caused phytotoxic against cocoa*

*plant. It is recommended that controlling of CPB should use concentration of 2.5 g/L Bt insecticide formulation/L of water, and should be applied at around early morning until 09.00 AM and / or at the afternoon after 15.00 PM. Spraying targets should be cocoa pods at the length of less than 8.0 cm which is not laid eggs of CPB yet.*

**Key words:** *Cocoa, cocoa pod borer, Conopomorpha cramerella, control, effectiveness, microbial insecticide, Bacillus thuringiensis*

## PENDAHULUAN

Maluku dengan potensi lahan perkebunan seluas 1.398.672 ha memberikan peluang investasi untuk dikembangkan. Badan Pusat Statistik Maluku (2010), melaporkan bahwa sampai dengan tahun 2008 luas areal kakao di Maluku adalah 12.008 ha dengan produksi 4.617 ton. Salah satu kendala utama dalam upaya peningkatan produktivitas kakao adalah serangan hama dan penyakit. Hama utama kakao yaitu penggerek buah kakao (PBK, *Conopomorpha cramerella* (Snellen)), pengisap buah dan pucuk kakao (*Helopeltis* spp.), ulat kilan (*Hyposidra talaca* Walker), penggerek batang atau cabang (*Zeuzera coffeae* Nietn), dan ulat api (*Darna trima* Moore) (Kalshoven, 1981). Hama PBK merupakan hama penting dan penyebab utama kehilangan hasil kakao di Indonesia. Atmawinata *et al.* (1994) melaporkan bahwa serangan hama ini sudah ada sejak awal kakao diusahakan di Indonesia, yaitu di daerah Minahasa (Sulawesi Utara) dan Maluku, sehingga mempengaruhi nilai ekspor biji kakao dari Manado ke Manila. Kehilangan hasil tersebut terjadi akibat buah yang terserang PBK bijinya lengket dan kandungan lemaknya turun.

Kakao rakyat yang diusahakan di Maluku banyak yang rusak akibat terserang hama dan penyakit yang didominasi oleh hama PBK (Dinas Pertanian Provinsi Maluku, 2007). Serangan hama PBK di Maluku semakin cepat dan meluas hampir di semua sentra produksi kakao dan telah menjadi ancaman terhadap kelestarian perkebunan kakao di

Maluku. Hasil pengamatan pada bulan November dan Desember 2006 di Kecamatan Teon Nila Serua, Kabupaten Maluku Tengah diketahui rata-rata serangan mencapai 93% (Dinas Pertanian Provinsi Maluku, 2007). Dengan demikian maka perlu adanya upaya untuk mengantisipasi penyebaran dan luas serangan hama PBK di Maluku dengan melakukan tindakan pengendalian, diantaranya pengendalian hayati.

Berbagai agens hayati telah diketahui merupakan musuh alami serangga hama PBK. Dari golongan pemangsa telah dilaporkan beberapa spesies predator yang berperan dalam menurunkan populasi serangga PBK secara alami, antara lain semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) (Goot, 1917; See & Koo, 1996; Wiryadiputra, 2007), semut rangrang (*Oesophylla smaragdina*), laba-laba (Lim, 1992), cecopet (*Dermeptera*) (Sulistiyowati & Junianto, 1995). Dari golongan parasitoid, Ooi (1992) telah membuat daftar sebanyak 24 spesies dari ordo Hymenoptera dan Diptera memarasit stadia telur, larva dan pupa serangga PBK. Hasil inventarisasi dari daerah Maluku ditemukan beberapa spesies parasitoid antara lain, parasitoid telur dari spesies *Trichogrammatoidea* spp. dan parasitoid pupa dari family Braconidae (Sulistiyowati & Junianto, 1995).

Beberapa spesies jamur yang menginfeksi serangga PBK juga telah dilaporkan dan dikembangkan sebagai insektisida biologi, antara lain jamur *Beauveria bassiana*, *Acrostalagmus* sp., *Penicil-*

*lium* sp., *Verticillium* sp., *Fusarium* sp., dan *Spicaria* sp. (Sulistiyowati & Junianto, 1995). Jamur *B. bassiana* telah diujicoba untuk PBK pada kondisi lapangan di Sumatera Utara dengan hasil sangat efektif dibanding cara pengendalian yang lain (Wiryadiputra, 2000). Nematoda entomopatogen spesies *Steirneema carpocapsae* juga telah dicoba untuk pengendalian PBK di daerah Sulawesi Selatan (Rosmana *et al.*, 2010).

Jenis bakteri *Bacillus thuringiensis* (Bt) telah diketahui sebagai pembunuh serangga lebih dari satu abad yang lalu. Ciri khas bakteri Bt adalah kemampuannya membentuk kristal protein selama sporulasi yang disebut  $\delta$ -endotoxin (delta-endotoksin) yang sangat beracun terhadap serangga (Prabakaran *et al.*, 2003). Hasil penelitian penggunaan Bt sebagai insektisida untuk mengendalikan penggerek batang jagung Eropa (*Ostrinia nubilalis*) di lapangan dengan hasil sangat efektif mendorong untuk membuat formulasi insektisida Bt komersial yang pertama pada tahun 1938 (Sanahuja *et al.*, 2011).

Kelebihan pengendalian serangga hama tanaman menggunakan Bt, yaitu: 1) mikroba Bt umumnya tidak beracun dan tidak menyebabkan penyakit pada organisme lain yang tidak bertalian dekat secara taksonomi dengan serangga hama sasaran, 2) sifat racun insektisida mikroba umumnya spesifik untuk satu kelompok spesies serangga dan 3) residunya tidak berbahaya pada manusia maupun binatang, maka dapat diaplikasikan meskipun pertanaman menjelang dipanen (Hunsberger, 2000).

Kekurangan insektisida mikroba Bt adalah: 1) serangga hama kelompok lain yang menyerang pertanaman yang diaplikasi, akan tetap berkembang, 2) pemanasan dan radiasi sinar ultra violet akan menurunkan tingkat keefektifan beberapa tipe insektisida mikroba, dan 3) perlu formulasi khusus dan

cara penyimpanan yang spesifik agar tingkat keefektifannya tidak menurun. Tulisan ini melaporkan hasil penelitian keefektifan insektisida mikroba berbahan aktif bakteri Bt dalam menurunkan tingkat serangan hama PBK di lapangan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian lapangan dilaksanakan di daerah endemik serangan hama PBK (lebih dari 90% sepanjang musim) di Pulau Seram, di Desa Holo, Kecamatan Amahai, Kabupaten Maluku Tengah. Kebun kakao yang digunakan untuk pengujian adalah kebun kakao rakyat (lokal) dengan tanaman kakao yang telah menghasilkan (TM, berumur 10 tahun lebih), monokultur, dengan beberapa pohon pelindung, jarak tanam dan jumlah tanaman per hektar mengikuti keadaan yang sudah tersedia di kebun kakao; yaitu 3 m x 3 m dengan kepadatan tanaman sekitar 1.000 pohon per hektar. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok lengkap. Jumlah perlakuan yang diuji sebanyak enam perlakuan termasuk kontrol (tanpa perlakuan bioinsektisida) dan pembandingan. Perlakuan terdiri dari: 1) aplikasi formulasi-A +1WP 2,5 g/L; 2) aplikasi formulasi-A +1WP 5,0 g/L; 3) aplikasi formulasi-A +1WP 7,5 g/L; 4) aplikasi formulasi-A +1WP 10 g/L; 5) aplikasi formulasi-B WP 2,5 g/L; dan kontrol (tidak disemprot dengan bioinsektisida). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Bioinsektisida formulasi-A +1WP yang diproduksi oleh Biotech Ltd., India, berbahan aktif kristal para-sporal mengandung delta-endotoksin (Sinaga, 2007) dan formulasi-B 2,4 WP mengandung spora *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* Serotype H-3a 3b, Strain Z-52, dalam formulasi WP (tepung yang dapat disuspensikan).

Ukuran petak perlakuan adalah 12 m x 18 m. Populasi tanaman per petak

perlakuan sebanyak 28 pohon, dan sebanyak 18 pohon merupakan tanaman pinggir dan 10 pohon di dalam petak perlakuan merupakan tanaman yang diperlakukan. Jarak antarpetak perlakuan adalah 6 m. Antara barisan tanaman pinggir dari satu petak perlakuan dengan barisan tanaman pinggir petak sebelahnya terdapat satu baris tanaman kakao. Pengaturan tata letak perlakuan disesuaikan dengan rancangan percobaan. Aplikasi bioinsektisida menggunakan penyemprot punggung semiotomatis bertekanan tinggi volume 15 L. Semua buah pada setiap pohon dalam setiap petak perlakuan (28 pohon termasuk tanaman pinggir) disemprot secara merata. Volume penyemprotan sebanyak 200 L/ha. Sasaran aplikasi penyemprotan ialah buah kakao muda ukuran panjang 7 - 8 cm (belum disukai hama PBK untuk bertelur). Buah yang lebih besar kemungkinan ikut terserang karena ukuran buah tidak seragam. Aplikasi penyemprotan dilakukan pada sore hari ketika sinar matahari tidak terik, karena bioinsektisida peka terhadap sinar ultra violet. Aplikasi pertama dilakukan satu hari setelah pengamatan pendahuluan yaitu apabila telah ditemukan jumlah buah muda (panjang 7 - 8 cm) per petak percobaan minimal 100 buah. Sebanyak 100 buah muda ukuran tersebut pada setiap petak perlakuan dan kontrol diberi label dengan menggantungkan potongan plastik merah pada tangkai buah. Interval aplikasi 14 - 21 hari apabila dalam setiap petak percobaan telah ditemukan minimal 100 buah muda baru (panjang 7 - 8 cm). Aplikasi pertama dilanjutkan aplikasi kedua, dan terakhir ketiga.

Pengamatan dilakukan pada 10 pohon per petak perlakuan. Setiap pohon berbuah sekitar 50 buah karena per petak percobaan akan diambil 400 buah contoh. Sekiranya buah contoh tidak tercukupi dari pohon contoh maka kekurangannya diambil dari

pohon lain terdekat yang masih dalam petak percobaan. Pengambilan tanaman contoh meliputi, tanaman pinggir sebanyak 18 pohon dalam setiap petak percobaan.

Pengamatan dilakukan terhadap intensitas kerusakan PBK pada buah yang dipanen untuk menentukan persentase kehilangan hasil per petak percobaan. Panen sebanyak beberapa kali putaran, jika sampai empat kali putaran selama empat bulan percobaan maka putaran pertama, kedua, ketiga, dan keempat contoh buah berlabel merah, hijau, kuning, dan putih. Buah contoh panjang 7 - 8 cm ketika diaplikasi bioinsektisida diyakini belum terserang hama PBK. Intensitas kerusakan diamati setelah buah contoh dipanen. Intensitas kerusakan PBK terhadap buah ditunjukkan oleh persentase biji lengket dan dinyatakan dalam tiga kategori. Serangan ringan bila semua biji masih dapat dikeluarkan dari kulit buah dan antarbiji tidak terlalu lengket (biji lengket < 10%). Serangan sedang bila biji saling lengket tetapi masih dapat dikeluarkan dari kulit buah (biji lengket 10 - 50%). Serangan berat bila biji saling lengket dan tidak dapat dikeluarkan dari kulit buah (biji lengket > 50%).

Persentase kehilangan hasil dihitung berdasarkan persamaan intensitas serangan yang dikemukakan oleh Wardani *et al.* (1998) dengan rumus:

$$Y = - 0,0210 + 0,1005X$$

- Y = persentase kehilangan hasil (%)  
 X = skor intensitas serangan yakni indeks yang diperoleh melalui transformasi pengamatan kriteria serangan
- $$= \frac{0(nBSH) + 1(nBTR) + 3(nBTS) + 9(nBTB)}{(A)TJBYD}$$
- nBSH = jumlah buah sehat (*number of healthy pod*)  
 nBTR = jumlah buah terserang ringan (*number of light damaged pod*)  
 nBTS = jumlah buah terserang sedang (*number of moderate damaged pod*)  
 nBTB = jumlah buah terserang berat (*number of severe damaged pod*)  
 TJBYD = total jumlah buah yang diamati (*total number of pod observed*)  
 A = nilai skor tertinggi yang dijumpai di lapangan

Populasi hama PBK ditentukan dengan indeks, yakni berupa lubang bekas keluarnya ulat PBK pada kulit buah kakao. Indeks populasi ulat kakao dihitung pada saat pemisahan biji dari kulit buah. Pengamatan kehilangan hasil dan indeks populasi PBK dilakukan pada saat pengeluaran biji kakao dari buah. Data penunjang meliputi fitotoksisitas tanaman kakao oleh bioinsektisida yang diuji yakni banyaknya tanaman yang menunjukkan gejala fitotoksisitas akibat aplikasi bioinsektisida. Gejala fitotoksisitas tersebut mungkin terlihat pada buah muda, daun muda, tunas atau pucuk. Juga diamati hama dan penyakit bukan sasaran, intensitas serangan oleh hama atau penyakit bukan sasaran dihitung pada setiap petak perlakuan, serta hasil panen biji kering tiap petak perlakuan.

Analisis data utama dan penunjang disesuaikan dengan rancangan percobaan yang digunakan menurut Gomez & Gomez (1995). Tingkat perbedaan dinyatakan pada taraf  $\alpha = 5\%$ . Tingkat keefektifan (tingkat efikasi) bioinsektisida yang diuji dihitung dengan rumus Abbott (Ciba-Geigy, 1981 *cit.* Ditjen PSP, 2011).

$$EBI = \frac{Ca - Ta}{Ca} \times 100\%$$

*EBI* = efikasi bioinsektisida yang diuji (%)

*Ta* = kehilangan hasil (%) pada petak perlakuan bioinsektisida yang diuji setelah penyemprotan bioinsektisida.

*Ca* = kehilangan hasil (%) pada petak kontrol setelah penyemprotan bioinsektisida.

Kriteria efikasi bioinsektisida yang diuji dikatakan efektif apabila pada sekurang-kurangnya  $(1/2 n + 1)$  kali pengamatan ( $n$  = jumlah total pengamatan setelah aplikasi), tingkat efikasi bioinsektisida tersebut (*EBI*)  $\geq 50\%$  dengan syarat:

1) Kehilangan hasil (%) kakao pada petak perlakuan bioinsektisida yang diuji lebih rendah atau tidak berbeda nyata dengan kehilangan hasil (%) kakao pada petak perlakuan bioinsektisida pembanding (pada taraf  $\alpha = 5\%$ ), 2) Kehilangan hasil (%) kakao pada petak perlakuan bioinsektisida yang diuji secara signifikan lebih rendah daripada kehilangan hasil (%) kakao pada petak kontrol (pada taraf  $\alpha = 5\%$ ).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data pengujian tingkat keefektifan lapangan bioinsektisida Bt formulasi menunjukkan keandalannya yang sangat signifikan ( $\text{Prob} > F = 0,0001$ ) dalam pengendalian hama sasaran PBK.

Dari 100 buah muda yang diperlakukan 2 - 14% buah mati fisiologis (Tabel 1). Rata-rata kematian buah karena faktor fisiologis di antara perlakuan berkisar antara 7,11 sampai 8,66 buah. Dilihat dari nilai koefisien keragaman (KK) yang relatif rendah ( $< 30\%$ ), maka rata-rata tingkat kematian fisiologis ini presisinya cukup tinggi. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai  $\text{Prob} > F$  pada aplikasi I, II, III, dan reratanya jauh lebih dari 0,05 (Tabel 1). Hal ini berarti bahwa rata-rata tingkat kematian fisiologis buah di antara perlakuan tidak berbeda nyata. Implikasinya bahwa faktor kematian karena proses fisiologis tidak mengganggu keakuratan data setiap variabel yang diukur sehingga variabel pada perlakuan dapat diperbandingkan.

Persentase buah terserang hama PBK atau intensitas serangan PBK yaitu banyaknya buah yang terserang oleh hama tersebut tanpa memperhatikan tingkat kerusakan biji kakao. Keakuratan data rata-rata pada setiap perlakuan dan setiap aplikasi insektisida Bt formulasi-A +1WP ditunjukkan oleh nilai KK yang kurang dari 30%. Dengan demikian data yang

tersaji cukup mewakili perlakuan yang diaplikasikan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi insektisida Bt, baik formulasi-A + 1WP pada berbagai tingkat konsentrasi maupun formulasi-B 2,5WP signifikan mengurangi persentase buah terserang hama PBK (Tabel 2). Pada perlakuan, buah terserang berkisar antara 24,2 - 32,3% sedangkan pada kontrol buah terserang sebesar 91,2%, yang menunjukkan bahwa perlakuan mampu menurunkan serangan PBK hingga 69%. Sementara itu kehandalan antara Formulasi-A + 1WP pada berbagai tingkat

konsentrasi tidak berbeda nyata dengan Formulasi-B 2,5WP.

### Populasi Hama PBK

Populasi hama PBK menentukan tingkat serangan dan kehilangan hasil panen biji kakao. Populasi riil ulat PBK sulit diamati sehingga berdasarkan bekas lubang yang ditinggalkan saja populasi hama diduga. Satu lubang bekas keluarnya ulat yang teramati pada kulit buah yang disayat dianggap satu ekor. Tabel 3 menunjukkan indeks populasi hama PBK pada setiap perlakuan dari buah

Tabel 1. Tingkat kematian fisiologis buah kakao (%) pada berbagai perlakuan insektisida Bt dan kontrol

Table 1. *Cherelle wilt of cocoa pods(%) at some treatments of Bt insecticide application*

Perlakuan <i>Treatment</i>	Aplikasi-1 <i>Application-1</i>		Aplikasi-2 <i>Application-2</i>		Aplikasi-3 <i>Application-3</i>		Rerata <i>Average</i> *)	
	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)
Formulasi-A + 1 WP 2.5 g/L	5.33	29.78	7.33	21.45	8.67	6.56	7.11	23.64
Formulasi-A + 1 WP 5 g/L	8.67	23.77	6.33	17.47	7.67	10.21	7.56	15.54
Formulasi-A + 1 WP 7.5 g/L	6.67	4.39	9.67	24.93	7.00	14.55	7.78	21.15
Formulasi-A + 1 WP 10 g/L	9.33	17.22	8.33	9.10	8.33	18.86	8.66	6.66
Formulasi-B WP 2.5 g/L	6.33	20.17	7.67	24.15	5.00	16.83	6.33	21.08
Kontrol ( <i>Untreated</i> )	9.33	11.55	7.33	8.10	6.33	36.05	7.66	19.93
Prob > F	0.407		0.4454		0.613		0.4885	

Keterangan (Notes): C.V. = *coefficient of variation*; \*) Rerata dari 3 aplikasi (*average of 3 applications*).

Tabel 2. Persentase buah kakao terserang hama PBK pada berbagai perlakuan formulasi insektisida Bt dan kontrol

Table 2. *Cocoa pod borer infestation on cocoa treated with Bt insecticide formulations and untreated treatment*

Perlakuan <i>Treatment</i>	Aplikasi-1 <i>Application-1</i>		Aplikasi-2 <i>Application-2</i>		Aplikasi-3 <i>Application-3</i>		Rerata <i>Average</i> *)	
	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)
Formulasi-A + 1 WP 2.5 g/L	44.67 b **)	9.82	24.33 b	10.01	28.00 b	6.32	32.33 b	16.41
Formulasi-A + 1 WP 5 g/L	41.33 bc	14.04	27.33 b	14.54	17.67 c	19.14	28.78 b	21.07
Formulasi-A + 1 WP 7.5 g/L	29.00 c	3.01	22.67 b	13.65	21.00b c	0.00	24.22 b	8.58
Formulasi-A + 1 WP 10 g/L	32.67 bc	13.27	25.00 b	3.50	22.00b c	20.48	26.56 b	10.24
Formulasi-B WP 2.5 g/L	43.67 bc	14.21	27.33 b	19.51	19.33b c	12.52	30.11 b	20.65
Kontrol ( <i>Untreated</i> )	89.67 a	1.70	91.33 a	0.84	92.67 a	1.64	91.22 a	0.82
Prob > F	< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001	

Keterangan (Notes): C.V. = *Koefisien keragaman (coefficient of variation)*; \*) Rerata dari 3 aplikasi (*average of 3 applications*); \*\*) Angka rata-rata dalam kolom yang sama dan diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5% (*Figure in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different according to DMRT test at 5% level*).

Tabel 3. Indeks populasi hama PBK pada berbagai perlakuan insektisida Bt dan kontrol

Table 3. Population index of cocoa pod borer on the plots treated with Bt insecticide formulations compared with untreated plots

Perlakuan <i>Treatment</i>	Aplikasi-1 <i>Application-1</i>		Aplikasi-2 <i>Application-2</i>		Aplikasi-3 <i>Application-3</i>		Rerata <i>Average</i> *)	
	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)	Rerata <i>Average</i>	C.V. (%)
Formulasi-A +1 WP 2.5 g/l	109.33 bc	8.75	44.00 b	25.20	48.33 b	12.30	28.61 b	12.15
Formulasi-A +1 WP 5 g/l	79.67 cd	6.39	45.33 b	34.66	21.33 c	25.08	27.02 b	17.63
Formulasi-A +1 WP 7.5 g/l	59.33 d	8.56	37.00 b	32.62	29.33b c	2.59	21.51 b	9.73
Formulasi-A +1 WP 10 g/l	75.00 d	6.85	34.67 b	8.02	24.00 c	34.17	22.06 b	15.80
Formulasi-B WP 2.5 g/l	125.33 b	15.98	38.67 b	22.66	28.00b c	18.54	23.07 b	20.02
Kontrol ( <i>Untreated</i> )	382.67 a	1.50	420.00 a	7.85	450.67 a	0.76	153.09 a	1.36
Prob > F	< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001		0.0013	

Keterangan (*Notes*): C.V. = Koefisien keragaman (*coefficient of variation*); \*) Rerata dari 3 aplikasi (*average of 3 applications*); \*\*) Angka rata-rata dalam kolom yang sama dan diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5% (*Figure in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different according to DMRT test at 5% level*).

kakao yang dipanen. Populasi PBK per buah cukup bervariasi antara 1 - 16 ekor, dengan rata-rata 2,22 ekor. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi insektisida Bt, baik formulasi-A +1WP pada berbagai tingkat konsentrasi maupun formulasi-B 2,5 WP signifikan mengurangi populasi indeks hama PBK. Pada perlakuan, populasi indeks hama PBK berkisar antara 21,5 - 28,6 ekor sedang pada kontrol 153,1 ekor, sehingga perlakuan mampu menurunkan populasi PBK sebesar 83,6%. Sementara itu kehandalan antara insektisida Bt formulasi-A +1WP pada berbagai tingkat konsentrasi dalam menekan indeks populasi hama PBK tidak berbeda nyata dengan insektisida pembanding formulasi-B 2,5 WP.

### Intensitas Kerusakan

Intensitas kerusakan yaitu ukuran tingkat keparahan kerusakan biji kakao yang terserang oleh ulat PBK. Variasi data intensitas kerusakan hama PBK mirip dengan variasi data indeks populasi hama PBK. Tabel 4 menunjukkan intensitas kerusakan hama PBK pada setiap perlakuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi

insektisida Bt, baik formulasi-A +1WP pada berbagai tingkat konsentrasi maupun formulasi-B 2,5 WP sangat signifikan mengurangi intensitas kerusakan hama PBK. Pada perlakuan, intensitas kerusakan hama PBK berkisar antara 9,2 - 14,8% sedang pada kontrol 80,7%; hampir mampu menurunkan intensitas kerusakan 70,2%. Sementara itu kehandalan antara Formulasi-A +1WP pada berbagai tingkat konsentrasi dalam mengurangi intensitas kerusakan hama PBK tidak berbeda nyata dengan formulasi-B 2,5WP.

### Kehilangan Hasil

Estimasi kehilangan hasil panen biji kakao akibat kerusakan hama PBK berdasarkan model regresi linier menurut Wardani *et al.* (1998) disajikan dalam Tabel 5. Variasi data kehilangan hasil panen biji kakao mirip dengan variasi data populasi indeks hama PBK dan data intensitas kerusakan hama tersebut.

Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi insektisida Bt baik formulasi-A +1WP pada berbagai tingkat konsentrasi maupun formulasi-B 2,5WP signifikan

Tabel 4. Intensitas kerusakan hama PBK pada berbagai perlakuan insektisida Bt dan kontrol

Table 4. Damage intensity of pods caused by cocoa pod borer treated by Bt insecticide formulation compared with untreated pods

Perlakuan Treatment	Aplikasi-1 Application-1		Aplikasi-2 Application-2		Aplikasi-3 Application-3		Rerata Average *)	
	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)
Formulasi-A +1 WP 2,5 g/L	17.62 b	20.70	6.34 c	11.81	12.44 b	18.72	12.13 b	21.54
Formulasi-A +1 WP 5 g/L	19.60 b	29.33	13.79 b	31.54	10.95 b	12.74	14.78 b	11
Formulasi-A +1 WP 7,5 g/L	9.00 b	6.07	9.97 bc	5.24	8.77 b	23.18	9.25 b	3.05
Formulasi-A +1 WP 10 g/L	13.60 b	7.80	10.40 bc	24.06	13.01 b	38.61	12.34 b	5.74
Formulasi-B WP 2,5 g/L	19.60 b	19.47	7.96 bc	5.79	7.33 b	12.04	11.63 b	23.24
Kontrol ( <i>Untreated</i> )	70.41 a	10.97	85.54 a	1.02	86.09 a	2.50	80.68 a	2.61
Prob > F	< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001	

Keterangan (Notes): C.V. = Koefisien keragaman (*coefficient of variation*); \*) Rerata dari 3 aplikasi (*average of 3 applications*); \*\*) Angka rata-rata dalam kolom yang sama dan diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5% (*Figure in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different according to DMRT test at 5% level*).

Tabel 5. Kehilangan hasil biji kakao akibat kerusakan hama PBK pada berbagai perlakuan insektisida Bt dan kontrol

Table 5. Yield losses of cocoa beans caused by cocoa pod borer on the treatments of Bt insecticide formulation compared with untreated treatment

Perlakuan Treatment	Aplikasi-1 Application-1		Aplikasi-2 Application-2		Aplikasi-3 Application-3		Rerata Average *)	
	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)
Formulasi-A +1 WP 2,5 g/L	1.75 b	20.99	0.62 c	12.19	1.23 b	19.03	1.20 b	25.12
Formulasi-A +1 WP 5 g/L	1.95 b	29.67	1.37 b	31.92	1.08 b	12.96	1.47 b	15.03
Formulasi-A +1 WP 7,5 g/L	0.88 b	6.12	0.98 bc	5.40	0.86 b	23.66	0.91 b	3.52
Formulasi-A +1 WP 10 g/L	1.34 b	7.97	1.02 bc	24.72	1.28 b	39.33	1.21 b	7.16
Formulasi-B WP 2,5 g/L	1.95 b	19.80	0.78 bc	5.84	0.72 b	12.40	1.15 b	29.42
Kontrol ( <i>Untreated</i> )	7.06 a	10.98	8.58 a	1.02	8.63 a	2.48	8.09 a	5.62
Prob > F	< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001	

Keterangan (Notes): C.V. = Koefisien keragaman (*coefficient of variation*); \*) Rerata dari 3 aplikasi (*average of 3 applications*); \*\*) Angka rata-rata dalam kolom yang sama dan diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5% (*Figure in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different according to DMRT test at 5% level*).

mengurangi kehilangan hasil panen biji kakao. Pada perlakuan, kehilangan hasil berkisar antara 0,91 - 1,47% sedang pada kontrol 8,09%, yang hampir mampu menurunkan kehilangan hasil panen biji kakao 85,3%. Sementara itu kehandalan antara formulasi-A +1WP pada berbagai tingkat konsentrasi dalam mengurangi kehilangan hasil panen biji kakao tidak berbeda signifikan dengan formulasi-B 2,5WP.

### Tingkat Keefektifan Insektisida Bt.

Efikasi bioinsektisida yang diuji dihitung dengan rumus Abbott dinyatakan dalam persen. Nilai efikasi insektisida Bt pada berbagai konsentrasi disajikan dalam Tabel 6. Dilihat dari nilai *coefficient of variation* (C.V.) yang relatif rendah pada perhitungan kumulatif (< 30%) maka rata-rata tingkat efikasi dari setiap perlakuan cukup akurat.



Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai Prob > F pada aplikasi I, II, III, dan kumulatif jauh lebih dari 0,05 (Tabel 6). Hal ini berarti bahwa rata-rata tingkat efikasi insektisida Formulasi-A + 1WP pada berbagai konsentrasi dan Formulasi-B 2,5WP tidak berbeda nyata. Implikasinya bahwa insektisida Bt formula baru yakni Formulasi-A + 1WP sebaik dengan formula Formulasi-B 2,5WP yang sudah beredar lama di pasaran.

### Hasil Panen Biji Kering Kakao

Hasil panen biji kering kakao ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain tingkat

intensitas kerusakan hama PBK. Intensitas kerusakan hama PBK berbeda nyata antara perlakuan insektisida Bt dan kontrol. Tabel 7 menunjukkan variasi hasil biji kakao kering pada berbagai perlakuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi insektisida Bt, baik formulasi-A + 1WP pada berbagai tingkat konsentrasi maupun formulasi-B 2,5WP nyata meningkatkan hasil panen biji kering kakao. Pada perlakuan, hasil panen biji kering kakao berkisar antara 3,30 - 3,37 kg sedang pada kontrol 2,40 kg, artinya mampu meningkatkan hasil panen biji kering kakao sekitar 38,96%. Sementara itu hasil panen biji kakao kering antara perlakuan formulasi-A + 1WP

Tabel 6. Tingkat efikasi (%) insektisida Bt pada berbagai perlakuan insektisida Bt pada kondisi aplikasi di lapangan

Table 6. Efficacy level (%) of Bt insecticide formulation against cocoa pod borer in field application

Perlakuan Treatment	Aplikasi-1 Application-1		Aplikasi-2 Application-2		Aplikasi-3 Application-3		Rerata Average *)	
	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)
	Formulasi-A + 1 WP 2.5 g/L	72.69	13.17	92.80	1.00	85.89	2.67	83.79
Formulasi-A + 1 WP 5 g/L	68.84	20.64	84.15	5.11	87.57	1.46	80.19	12.44
Formulasi-A + 1 WP 7.5 g/L	86.82	2.76	88.59	0.80	89.98	2.46	88.46	1.79
Formulasi-A + 1 WP 10 g/L	79.83	5.12	88.00	3.12	85.16	7.03	84.33	4.92
Formulasi-B WP 2.5 g/L	69.84	13.07	90.89	0.67	91.71	1.02	84.15	14.73
Prob > F	0.6744		0.2917		0.6698		0.8433	

Keterangan (Notes): c.v. = Koefisien keragaman (coefficient of variation); \*) Rerata dari 3 aplikasi (average of 3 applications).

Tabel 7. Hasil panen biji kakao kering (kg) pada berbagai perlakuan formulasi insektisida Bt dan kontrol

Table 7. Harvested dry cocoa beans (kg) in the plots treated with Bt insecticide formulation compared with untreated plot

Perlakuan Treatment	Aplikasi-1 Application-1		Aplikasi-2 Application-2		Aplikasi-3 Application-3		Rerata Average *)	
	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)
	Formulasi-A + 1 WP 2.5 g/L	3.32 ab	4.67	3.42 a	4.72	3.33 a	1.71	3.36 a
Formulasi-A + 1 WP 5 g/L	3.17 bc	3.37	3.41 a	1.95	3.46 a	3.22	3.35 a	4.63
Formulasi-A + 1 WP 7.5 g/L	3.35 a	1.21	3.30 a	3.16	3.46 a	2.34	3.37 a	2.43
Formulasi-A + 1 WP 10 g/L	3.20 abc	0.36	3.37 a	2.37	3.41 a	2.08	3.33 a	3.35
Formulasi-B WP 2.5 g/L	3.12 c	2.21	3.37 a	6.34	3.41 a	4.25	3.30 a	4.76
Kontrol (Untreated)	2.42 d	3.74	2.35 b	0.65	2.43 b	2.11	2.40 b	1.82
Prob > F	< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001	

Keterangan (Notes): C.V. = Koefisien keragaman (coefficient of variation); \*) Rerata dari 3 aplikasi (average of 3 applications); \*\*) Angka rata-rata dalam kolom yang sama dan diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5% (Figure in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different according to DMRT test at 5% level).

pada berbagai tingkat konsentrasi dan perlakuan formulasi-B 2,5WP relatif sama.

### Tambahan Hasil Panen

Tambahan hasil panen akibat perlakuan insektisida Bt berkisar antara 35,1 - 40,4% jika dibanding dengan kontrol. Kontrol adalah pengendalian hama PBK yang dilakukan oleh petani setempat. Sampai dengan musim buah pada saat kajian efikasi lapangan ini dilakukan petani setempat tidak melakukan pengendalian hama PBK. Seberapa besar upaya pengendalian hama PBK dengan insektisida Bt dapat meningkatkan hasil panen biji kering kakao, disajikan pada Tabel 8.

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata persentase tambahan hasil biji kering kakao akibat perlakuan insektisida formulasi-A + 1WP pada berbagai konsentrasi dan formulasi-B 2,5WP tidak berbeda nyata. Implikasinya bahwa insektisida Bt formula baru yakni formulasi-A + 1WP sebaik dengan formulasi-B 2,5WP yang sudah beredar lama di pasaran. Walaupun demikian, dari segi tambahan hasil panen perlakuan formulasi-A + 1WP cenderung lebih unggul daripada formulasi-B 2,5WP pada tingkat konsentrasi yang sama (2,5g/L) yakni selisih 4,79%.

Pengamatan gejala fitotoksisitas akibat aplikasi insektisida Bt baik formulasi-A + 1WP maupun formulasi-B 2,5WP tidak dijumpai pada buah muda, daun muda, tunas, atau pucuk. Keberadaan hama selain PBK dan penyakit tanaman kakao selama kajian berlangsung tidak berarti. Beberapa hama yang dijumpai antara lain kutu putih, ulat api, dengan populasi yang sangat rendah.

Keefektifan *B. thuringiensis* dalam membunuh serangga PBK telah diteliti di laboratorium oleh Widiastuti & Santoso (1996), dan Santoso *et al.* (2004). Sebanyak 16 isolat Bt yang diambil dari berbagai ekosistem dan koleksi Institut Pertanian Bogor serta dua isolat dari produk komersial telah diuji di laboratorium untuk mengetahui isolat yang paling efektif dalam membunuh larva serangga PBK. Hasil pemilihan (skrining) menunjukkan bahwa tiga isolat yang paling efektif dalam membunuh larva PBK, yaitu isolat TPi 6.1; TKa 25.2; dan DKa 35.2. Isolat TPi 6.1 berasal dari tanah hutan pinus di daerah Wonosobo, TKa 25.2 berasal dari tanah kebun kakao di Pemalang, dan DKa 35.2 merupakan isolat dari daun kakao asal Cianjur, Jawa Barat. Hasil analisis PCR (*polymerase chain reaction*) menunjukkan bahwa isolat DKa 35.2 dan TKa 25.2 mengandung gen *cryI* tetapi bukan *cryIA* sedangkan TPi 6.1 diduga mengandung gen

Tabel 8. Persentase tambahan hasil biji kakao kering pada berbagai perlakuan insektisida Bt dibandingkan dengan kontrol

Table 8. Percentage of additional increase of dry cocoa bean production on the plots treated with Bt insecticide formulation compared with untreated plots

Perlakuan Treatment	Aplikasi-1 Application-1		Aplikasi-2 Application-2		Aplikasi-3 Application-3		Rerata Average *)	
	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)	Rerata Average	C.V. (%)
Formulasi-A + 1 WP 2,5 g/L	37.1	1.39	45.5	15.68	37.1	7.05	39.9	12.11
Formulasi-A + 1 WP 5 g/L	31.1	24.65	45.1	6.83	42.6	9.96	39.6	18.80
Formulasi-A + 1 WP 7,5 g/L	38.5	9.48	40.2	10.63	42.4	0.97	40.4	4.93
Formulasi-A + 1 WP 10 g/L	32.3	16.60	43.2	9.98	40.4	9.67	38.7	14.64
Formulasi-B WP 2,5 g/L	29.6	7.15	43.2	23.08	32.5	4.73	35.1	20.45
Prob > F	0.1583		0.8535		0.6698		0.8020	

Keterangan (Notes): C.V. = Koefisien keragaman (*coefficient of variation*); \*) Rerata dari 3 aplikasi (*average of 3 applications*).

*cry* tetapi bukan gen *cryI*. (Widiastuti & Santoso, 1996).

Pengujian laboratorium terhadap berbagai tipe toksin juga mendapatkan bahwa toksin *Cry1Ia* dan *SN 19* merupakan yang paling efektif dalam membunuh larva PBK dengan nilai LC-50 (*Lethal Concentration 50%*) masing-masing sebesar 3.90 ng/cm<sup>2</sup> dan 4.70 ng/cm<sup>2</sup> (Santoso *et al.*, 2004). Insektisida Bt formulasi-A + 1WP mengandung bahan aktif bakteri *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* strain Z-52 serotipe H-3a 3b. Varietas *kurstaki* oleh beberapa peneliti disebut mengandung gen *cryIA*, bahkan *cry1Aa*, *cry1Ac* dan *cry2Aa*. Penyandi gen ini akan menghasilkan toksin yang spesifik sangat toksik terhadap serangga hama dari golongan Lepidoptera (Budiani *et al.*, 1996; Bozlagan *et al.*, 2010). Penggunaan insektisida Bt hendaknya juga dipertimbangkan secara hati-hati, karena sampai dengan saat ini telah banyak serangga hama yang kebal (tahan) terhadap insektisida mikroba ini, baik dari golongan serangga ordo Lepidoptera, Diptera maupun Coleoptera (Bauer, 1995).

## KESIMPULAN

1. Dibanding dengan perlakuan kontrol, Formulasi-A + 1WP signifikan menurunkan tingkat serangan dan populasi, tingkat kerusakan, dan kehilangan hasil panen biji kakao kering akibat hama PBK.
2. Pada tingkat konsentrasi yang sama (2,5 g/L) keefektifan Formulasi-A + 1WP dalam mengendalikan hama PBK relatif sama dengan Formulasi-B 2,5WP.
3. Pada konsentrasi 2,5 g/L, formulasi-A + 1WP cenderung lebih unggul daripada formulasi-B 2,5WP, dalam meningkatkan hasil panen biji kakao kering.
4. Formulasi-A + 1WP maupun formulasi-B 2,5WP tidak bersifat fitotoksik terhadap tanaman kakao.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmawinata, O.; S. Wiryadiputra; N. Priatno; E. Sulistyowati & Zaenudin (1994). Strategi penanggulangan hama penggerek buah kakao di Indonesia. *Prosiding Lokakarya Penanggulangan Hama PBK*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. Jember.
- Badan Pusat Statistik Maluku (2010). *Maluku dalam Angka*. BAPPEDA Maluku.
- Bauer, L.S. (1995). Resistance: A threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. *Florida Entomologist*, 78, 414 - 443.
- Bozlagan, I.; A. Ayvaz; F. Ozturk; L. Acik; M. Akbulut & S. Yilmaz (2010). Detection of the *cry1* gene in *Bacillus thuringiensis* isolates from agricultural fields and their bioactivity against two stored product moth larvae. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 34, 145 - 154.
- Dinas Pertanian Provinsi Maluku (2007). *Peta Sebaran Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) Perkebunan di Provinsi Maluku Tahun 2006*. Dinas Pertanian Provinsi Maluku, Ambon.
- Ditjen PSP (2011). *Pedoman Umum Skrinng Pestisida*. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Direktorat Pupuk dan Pestisida, Kementerian Pertanian.
- Gomez, K.A. & A.A. Gomez (1995). *Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian. Edisi Kedua*. Penerjemah: E. Sjamudin & J.S. Baharsjah. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Goot, P. van der (1917). De swarte cacao-mier (*Dolichoderus bituberculatus* Mayr) en haar beteekenis voor de cacao-cultuur op Java. (The black cocoa ant, *Dolichoderus bituberculatus* Mayr, and its importance for the cocoa culture in Java). *Mededeelingen Proefstation Midden Java*, 25, 1 - 124.
- Hunsberger, A. (2000). Bt. (*Bacillus thuringiensis*), *A Microbial Insecticide*.

University of Florida Publication  
ENY-275.

- Kalshoven, L.G.E. (1981). *The Pests of Crops in Indonesia*. P.T. Ichtiar Baru-Van Hoeve, Jakarta.
- Lim, G.T. (1992). Biology, ecology and control of cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella* (Snellen). p. 85 - 100. **In:** P.J. Keane & C.A.J. Putter (Eds.). *Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australasia*. FAO Plant Production and Protection Paper 112. FAO. Rome.
- Ooi, P.A.C. (1992). Prospects for biological control of cocoa insect pests. p. 101 - 107. **In:** P.J. Keane & C.A.J. Putter (Eds.). *Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australasia*. FAO Plant Production and Protection Paper 112. FAO. Rome.
- Prabakaran, S.R.; K.R. Rupesh; S.J. Nimal; S. Sudha-Rani & S. Jayachandran (2003). Advances in pest control: The role of *Bacillus thuringiensis*. *Indian Journal of Biotechnology*, 2, 302 - 321.
- Rosmana, A.; M. Shepard; P. Hebbar & A. Mustari (2010). Control of cocoa pod borer and Phytophthora pod rot using degradable plastic pod sleeves and nematode, *Steinernema carpocapsae*. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 11, 41 - 47.
- Sanahuja, G.; R. Banakar; R.M. Twyman; T. Capel & P. Christou (2011). *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial application. *Plant Biotechnology Journal*, 9, 283 - 300.
- Santoso, D; T. Chaidamsari; S. Wiryadiputra & R.A. de Maagd (2004). Activity of *Bacillus thuringiensis* toxins against cocoa pod borer larvae. *Pest Management Science*, 60, 735 - 738.
- See, Y.A. & K.C. Khoo (1996). Influence of *Dolichoderus thoracicus* (Hymenoptera: Formicidae) on cocoa pod damage by *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Malaysia. *Bulltin Entomological Research*, 86, 467 - 474.
- Sinaga, M.S. (2007). *Laporan Pemeriksaan Kadar Bahan Aktif dan Uji Kemurnian Formulasi Batindo + 1*. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sulistyowati, E. & Y.D. Yuniarto (1995). Inventarisasi musuh alami hama penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* Snell. di Provinsi Maluku. *Pelita Perkebunan* 11, 76 - 89.
- Wardani, S.; H. Winarno & E. Sulistyowati. (1998). Model pendugaan kehilangan hasil akibat kerusakan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 13, 33 - 39.
- Widiastuti, H. & D. Santoso (1996). Toksisitas beberapa isolat *Bacillus thuringiensis* terhadap penggerek buah kakao dan karakteristik gen *cry*-nya. *Menara Perkebunan*, 64, 123 - 132.
- Wiryadiputra, S. (2000). The use of entomopathogenic fungus (*Beauveria bassiana*) to control cocoa pod borer (*Conopomorpha cramerella*) in the field. p. 27 - 32. **In:** C.L. Bong; C.H. Lee & F.S. Shari (Eds.). Proceedings of INCOPEP 3<sup>rd</sup> International Seminar on Cocoa Pests and Diseases. 16 - 17 October 2000. Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- Wiryadiputra, S. (2007). Pemaparan semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) pada perkebunan kakao dan pengaruhnya terhadap kerusakan hama *Helopeltis* spp. *Pelita Perkebunan*, 23, 57 - 71.

\*\*\*\*\*