PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON
Volume 2, Nomor 2, Desember 2016 ISSN: 2407-8050
Halaman: 277-281 DOI: 10.13057/psnmbi/m020227

Keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen endofit pada tanaman kakao (*Theobroma cacao*)

Diversity of endophytic entomopathogenic fungus from cacao (*Theobroma cacao*)

TRIZELIA♥, WINARTO
Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Kampus Limau Manis, Pauh, Padang 25163, Sumatera Barat. Kotak Pos No. 87, Tel.: +62-751-72701, Fax.: +62-751-72702, ♥email: trizelia@yahoo.com

Manuskrip diterima: 20 April 2016. Revisi disetujui: 30 Desember 2016.

Abstrak. *Trizelia, Winarto. 2016. Keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen endofit pada tanaman kakao (*Theobroma cacao*). Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 2: 277-281.* Cendawan entomopatogen endofit merupakan salah satu musuh alami yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen pengendali hayati hama pada tanaman kakao (*Theobroma cacao*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen endofit pada tanaman kakao. Cendawan endofit diisolasi dari daun, cabang, dan buah kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari tanaman kakao lebih banyak ditemukan pada daun (45,61%) dibandingkan dengan yang diisolasi dari bagian cabang (19,30%) dan buah kakao (35,09%). Dari 57 isolat yang diuji, hanya 20 isolat (35,09%) yang menghasilkan mortalitas larva *Tenebrio molitor* di atas 20%. Hasil identifikasi cendawan endofit yang diisolasi dari berbagai bagian tanaman kakao ditemukan 3 genus cendawan, yaitu *Beauveria*, *Aspergillus*, dan *Fusarium* yang bersifat patogen terhadap *T. molitor*.

Kata kunci: Cendawan endofit, entomopatogen, kakao, *Tenebrio molitor*

Abstract. *Trizelia, Winarto. 2016. Diversity o endophytic entomopathogenic fungus from cacao (*Theobroma cacao*). Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 2: 277-281.* The endophytic fungus is a fungus that is associated with healthy host tissues without causing disease symptoms. This fungus can be developed as the biological control agents of cacao pests. This study aimed to isolate, selected and evaluate the potency of endophytic fungi from cacao crops (*Theobroma cacao*) as entomopathogen. Endophytic fungi were isolated from leaves, branches and fruit of cacao. Screening endophytic fungal isolates pathogenic to insect were conducted using fifth instar larvae of *Tenebrio molitor*. The results showed that the number of isolates of endophytic fungus isolated from the cocoa plant more found on the leaves (45.61%) compared to the isolated from the branch (19.30%) and cacao fruit (35.09%). The results of the research also showed that of the 57 isolates of endophytic fungi that were successfully isolated from cacao, there are 20 isolates (35.09%) are pathogenic in insects that caused mortality of *T. molitor* larvae above 20%. Endophytic fungi from cacao were pathogenic in insect and can be developed as bioinsecticides identified as *Beauveria* sp., *Aspergillus sp.,* and *Fusarium* sp.

Keywords: Endophytic fungi, entomopathogenic, cacao, *Tenebrio molitor*

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peranan cukup penting bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai sumber pendapatan dan devisa negara. Perkembangan agribisnis tanaman kakao di Indonesia, termasuk di Sumatera Barat, masih menghadapi berbagai kendala terutama adalah serangan hama penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* Snell (Lepidoptera: Gracillariidae) (Disbun Sumbar 2008). Indriati et al. (2013) melaporkan bahwa pada tingkat intensitas serangan sedang (26.4%) dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 23% dari total potensi hasil. Depparaba et al. (2002) melaporkan bahwa *C. cramerella* juga dapat menurunkan kualitas hasil panen akibat menurunnya mutu fisik biji, meningkatnya kandungan sampah dan kulit ari, serta menurunnya rendemen dan berat biji kakao.

Secara umum, pengendalian hama yang dilakukan petani swadaya dan perkebunan swasta adalah menggunakan pestisida sintetik. Namun, penggunaan pestisida secara terus-menerus dapat menimbulkan masalah yang lebih besar yaitu terbunuhnya musuh alami, terjadinya resurjensi, peledakan hama sekunder, dan pencemaran lingkungan (Rauf et al. 2000). Untuk itu, perlu dicari alternatif pengendalian yang dapat mengurangi dampak negatif dari penggunaan pertisida sintetik. Program pengendalian hama terpadu (PHT) didesain untuk menyediakan pengendalian hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan karena PHT bertujuan untuk membatasi penggunaan pestisida sesedikit mungkin tetapi sasaran kualitas dan kuantitas produksi masih dapat dicapai (Sastrosiswoyo dan Oka 1997). Dalam strategi pengendalian hama terpadu (PHT), pemanfaatan musuh alami mempunyai peranan penting dalam menekan kelimpahan populasi hama. Di antara musuh alami yang dapat dimanfaatkan untuk pengendalian *C. cramerella* secara hayati adalah cendawan

entomopatogen.

Peluang keberhasilan pengendalian hama menggunakan cendawan entomopatogen pada pertanaman kakao cukup besar. Tanaman kakao umumnya ditanam di bawah pohon penaung, sehingga kelembaban relatif di dalam tajuk tanaman cukup tinggi tetapi intensitas cahaya cukup rendah. Kondisi lingkungan yang demikian diperlukan untuk terjadinya epidemi cendawan entomopatogen (Junianto dan Sulistyowati 2000).

Hingga saat ini, pengendalian hama *C. cramamerella* dengan menggunakan cendawan entomopatogen sebagian besar dilakukan dengan menggunakan cendawan yang berasosiasi dengan hama target atau cendawan yang diisolasi dari rhizosfir kakao, sedangkan penggunaan cendawan entomopatogen endofit yang hidup dalam jaringan tanaman kakao masih sangat terbatas. Menurut Sulistyowati dan Junianto (1995), cendawan entomopatogen yang sering berinteraksi dan dapat menyerang serangga *C. cramerella* adalah *Beauveria bassiana*, *Spicaria* sp., *Verticillium* sp., *Penicillium* sp., dan *Fusarium* sp. Hasil penelitian dari Hamdani (2009) menunjukkan bahwa beberapa jenis cendawan entomopatogen dari rhizosfir tanaman kakao, seperti *Metarhizium*, *Beauveria Fusarium, Aspergillus*, *Paecilomyces*, dan *Penicillium*, berpotensi untuk mengendalikan serangan hama *C. cramerella*.

Penggunaan cendawan entomopatogen endofit untuk pengendalian *C. cramerella* memiliki prospek yang sangat baik. Hal ini dikarenakan cendawan hidup dalam jaringan tanaman dan diharapkan juga dapat mengendalikan hama *C. cramerella* yang berada di dalam buah kakao. Langkah awal yang diperlukan dalam upaya pemanfaatan dan pengembangan cendawan entomopatogen endofit sebagai agen pengendali hayati *C. cramerella* adalah mengetahui keberadaan alami cendawan tersebut pada tanaman. Menurut Lezama-Gutierrez et al. (2001), keberadaan, keanekaragaman, dan distribusi cendawan entomopatogen bervariasi tergantung pada habitat, lokasi, geografis, kondisi lingkungan, jenis tanaman, dan praktik budi daya. Hasil penelitian Vega et al. (2008) menunjukkan bahwa terdapat 16 spesies dari lima genus cendawan entomopatogen endofit yang hidup pada jaringan tanaman kopi, yaitu *Acremonium, Beauveria, Cladosporium, Clonostachys*, dan *Paecilomyces*. *Beauveria* dan *Clonostachys* bersifat patogenik terhadap hama penggerek buah kopi. Kemampuan cendawan entomopatogen endofit dalam mengendalikan hama disebabkan karena adanya senyawa metabolit yang dihasilkan cendawan yang bersifat antibiosis atau repelen.

Di Indonesia secara umum dan khususnya di Sumatera Barat, informasi dasar tentang keberadaan dan keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen endofit yang berasosiasi dengan tanaman kakao masih sangat terbatas. Keanekaragaman cendawan entomopatogen endofit yang berasosiasi dengan tanaman kakao merupakan komponen penting sebagai dasar strategi pengendalian hama *C. cramerella* melalui pengelolaan habitat. Informasi mengenai keanekaragaman dan kelimpahan cendawan entomopatogen endofit diharapkan dapat memberikan solusi dalam memilih cendawan entomopatogen yang tepat untuk tanaman kakao dan lokasi tertentu sebagai agen hayati pengendali hama *C. cramerella* dan pengembangannya sebagai bioinsektisida. Pemilihan jenis dan isolat cendawan yang virulensinya tinggi, cepat membunuh hama serangga, serta mampu bertahan di ekosistem pertanian juga merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan karena sangat menentukan keberhasilan pengendalian hama *C. cramerella*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai keanekaragaman jenis cendawan entomopatogen endofit pada tanaman kakao

BAHAN DAN METODE

Koleksi dan isolasi cendawan entomopatogen endofit

Koleksi cendawan entomopatogen endofit dilakukan dengan menggunakan metode *stratified purposive sampling*. Koleksi dilakukan pada tiga sentra produksi tanaman kakao di Sumatera Barat, yaitu Kabupaten Agam, Tanah Datar, dan Padang Pariaman. Pada masing-masing kabupaten dipilih satu desa penghasil kakao. Untuk masing-masing desa dipilih satu lahan petani untuk pengambilan sampel. Tanaman kakao yang dijadikan sampel adalah tanaman kakao yang sehat dan bebas dari hama dan penyakit tanaman.

Isolasi cendawan endofit dilakukan berdasarkan metode yang dilaporkan oleh Hazelin et al. (2009). Bagian tanaman sampel yaitu daun, cabang, dan buah kakao dipotong dengan ukuran sekitar 1x1x1 cm. Bagian tanaman tersebut disterilisasi bagian permukaannya dengan cara direndam dalam larutan etanol 70% selama 1 menit, kemudian dipindahkan ke dalam 2,5% larutan sodium hipoklorit selama 3 menit, dikeringkan, dan dimasukkan kembali ke dalam larutan etanol 70% selama 30 detik. Potongan sampel dicuci sebanyak dua kali dengan akuades steril, kemudian dikeringkan dengan kertas saring steril dan ditempatkan dalam cawan petri yang berisi media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Masing-masing petri berisi 5 potongan jaringan tanaman. Cendawan yang tumbuh selanjutnya dipindahkan ke cawan petri lain yang berisi media PDA.

Perbanyakan cendawan endofit

Perbanyakan cendawan endofit dilakukan dengan cara memindahkan biakan murni cendawan seluas 1x1 cm^2 ke cawan petri lain yang berisi media PDA dan diinkubasi selama 3 minggu sampai konidia cendawan terbentuk. Biakan ini siap untuk digunakan.

Uji patogenisitas

Uji patogenisitas cendawan endofit dilakukan terhadap larva *Tenebrio molitor* instar IV. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan larva *T. molitor* sebanyak 10 ekor pada media PDA yang berisi biakan cendawan hasil isolasi. Larva dibiarkan pada media biakan selama 30 menit agar terjadi kontak antara konidia cendawan dengan serangga. Untuk kontrol, larva dimasukkan pada media PDA tanpa biakan cendawan. Selanjutnya, larva dipindah-kan ke kotak plastik dengan diameter 7 cm dan tinggi 6 cm serta diberi makan berupa pelet ikan. Pengamatan

dilakukan terhadap jumlah larva yang mati serta jumlah larva yang terinfeksi dan ditumbuhi cendawan selama 10 hari pengamatan setelah aplikasi. Larva yang mati dikumpulkan dan diinkubasi untuk diamati munculnya konidia cendawan. Percobaan uji patogenisitas isolat cendawan endofit terhadap larva *T. molitor* disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Sebagai perlakuan adalah jumlah isolat cendawan endofit yang didapat dan diulang 4 kali.

Identifikasi cendawan entomopatogen

Identifikasi cendawan endofit yang bersifat patogen terhadap larva *T. molitor* dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Kunci identifikasi yang digunakan adalah menurut Barnett dan Hunter (1972) serta Poinar dan Thomas (1984).

Analisis data

Mortalitas larva *T. molitor* setelah aplikasi cendawan endofit dihitung 7 hari setelah aplikasi cendawan. Data mortalitas larva *T. molitor* yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam. Apabila hasil analisis sidik ragam berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan (DMRT) pada taraf uji 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi cendawan endofit dari daun, cabang, dan buah kakao dari tiga lokasi pengambilan sampel didapatkan 57 isolat (Tabel 1) dengan variasi pertumbuhan morfologi. Jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari masing-masing bagian tanaman bervariasi.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 terlihat bahwa jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari tanaman kakao pada ketiga lokasi lebih banyak ditemukan pada daun (45,61%) dibandingkan dengan yang diisolasi dari bagian cabang (19,30%) dan buah kakao (35,09%). Jumlah isolat cendawan endofit dari cabang kakao paling sedikit ditemukan pada ketiga lokasi. Hasil penelitian Hazalin et al. (2009) juga menunjukkan bahwa dari total cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari berbagai jenis tanaman, cendawan endofit paling banyak ditemukan pada bagian daun (48,7%), sedangkan pada batang, akar, dan bagian tanaman yang lain (bunga, buah, rizom, dan kulit kayu) berturut-turut sebesar 25,7%, 16,3%, dan 9,3%.

Adanya perbedaan populasi cendawan endofit antarbagian tanaman juga dilaporkan oleh Khan (2007) yang melaporkan bahwa pada tanaman obat *Whitania sommifera* yang dikoleksi dari Karachi, Pakistanditemukan 24 spesies cendawan endofit (9 jenis dari daun, 20 jenis dari batang, dan 4 jenis dari akar). Keempat spesies cendawan tersebut termasuk dalam kelas Ascomycetes dan 20 spesies termasuk dalam kelas Deuteromycetes.

Uji patogenisitas

Hasil uji patogenisitas isolat cendawan endofit terhadap larva *T. molitor* dapat dilihat pada Tabel 2. Dari 57 isolat yang diuji, hanya 20 isolat (35,09%) yang menghasilkan mortalitas larva di atas 20%. Hasil analisis sidik ragam ($P<0,0001$) menunjukkan bahwa jenis isolat berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva. Berdasarkan hasil pada Tabel 2 terlihat bahwa isolat cendawan endofit yang diisolasi dari buah kakao yang berasal dari daerah Rambatan (Tanah Datar) (isolat R2B2.2 dan R3B3.2) menghasilkan mortalitas larva tertinggi yaitu 85-100%. Isolat cendawan endofit dari buah kakao yang berasal dari daerah Kayu Tanam (Padang Pariaman) dan Guguak (Lima Puluh Kota) menghasilkan mortalitas larva terendah yaitu sekitar 22,5%. Terjadinya kematian pada larva diduga disebabkan karena adanya senyawa metabolit yang dihasilkan cendawan yang menyebabkan serangga tidak mau makan (penolak makan) atau bersifat antibiosis.

Tanada dan Kaya (1993) mengemukakan bahwa adanya perbedaan virulensi antarisolat cendawan disebabkan karena adanya perbedaan kemampuan menghasilkan enzim dan mikotoksin selama proses infeksi pada serangga seperti pada saat kontak dengan kutikula dan di dalam *hemosoel*. Isolat yang virulen memiliki aktivitas enzim yang lebih tinggi dibandingkan dengan isolat yang avirulen.

Tabel 1. Jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari daun, cabang, dan buah kakao dari tiga lokasi pengambilan sampel

Daerah asal (Desa, Kabupaten)	Jumlah isolat yang ditemukan			Jumlah isolat (%)
	Daun	Cabang	Buah	
Rambatan, Tanah Datar	7	2	4	13 (22,81)
Kayu Tanam, Padang Pariaman	10	5	9	24 (42,10)
Guguak, 50 Kota	9	4	7	20 (35,09)
Total	26	11	20	57 (100)

Tabel 2. Rata-rata mortalitas larva *T. molitor* instar IV pada 10 hari setelah aplikasi cendawan endofit

Isolat	Mortalitas larva (%) ± SD	Sporulasi (%)
R2B2.2	100,00 ± 0,00 [a]	100,00
R3B3.2	85,00 ± 5,77 ab	67,65
G1D2.3	75,00 ± 17,32 abc	43,33
G1C2.2	65,00 ± 30,00 bcd	46,15
G5C2.2	57,50 ± 22,17 bcde	0,00
KT1B1.1	57,50 ± 23,63 bcde	0,00
G2D1.3	52,50 ± 22,17cdef	0,00
G1C2.1	42,50 ± 9,57 cdef	0,00
KT4C4	42,50 ± 24,35 cdef	0,00
R1B1	35,00 ± 35,12 def	100,00
KT4B4.2	35,00 ± 12,91 def	9,09
G2B2.1	35,00 ± 12,91 def	0,00
R4C4.2	32,50 ± 17,08 defg	0,00
KT3D3	32,50 ± 25,00 defg	0,00
KT2B2.2	30,00 ± 21,60 efg	75,00
G2D1.1	30,00 ± 14,14 efg	25,00
G4B1	25,00 ± 12,91 efg	70,00
R2C	25,00 ± 10,00 efg	0,00
KT1B1.2	22,50 ± 38,62 fg	0,00
G3B1	22,50 ± 12,58 fg	88,89
Kontrol	0,00 ± 0,00 g	0,00

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji Duncan (DMRT) pada taraf nyata 5%.

Kemampuan cendawan endofit sebagai patogen serangga dan menyebabkan kematian pada beberapa jenis hama serangga telah dilaporkan pada beberapa penelitian sebelumnya. Vega et al. (2008) melaporkan bahwa cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman kopi bersifat patogen terhadap hama penggerek buah kopi. Terdapat 16 spesies dari lima genus cendawan entomopatogen endofit yang hidup pada jaringan tanaman kopi, yaitu *Acremonium, Beauveria, Cladosporium, Clonostachys*, dan *Paecilomyces*. *Beauveria bassiana* dan *Clonostachys rosea* mampu membunuh imago penggerek buah kopi sebesar 80-100%. Hasil penelitian Carrion dan Bonet (2004) juga menunjukkan bahwa pada buah kopi yang terserang penggerek buah kopi ditemukan 13 spesies cendawan yaitu *Fusarium heterosporum, Cladosporium* sp., *Penicillium echinulatum, Aspergillus niger, A. flavus, Mucor luteus, Humicola grisea, Gliocladium penicilloides, Fusarium oxysporum*, dan *Beauveria bassiana*. Dari ketiga belas spesies tersebut hanya *Beauveria bassiana* yang bersifat patogen terhadap penggerek buah kopi.

Pada Tabel 2 juga terlihat bahwa 50% larva yang mati setelah aplikasi cendawan endofit tidak menunjukkan gejala adanya konidia pada tubuh larva (tidak bersporulasi). Pada penelitian ini, tingkat kolonisasi cendawan bervariasi. Kondisi larva *T. molitor* yang terinfeksi cendawan endofit dapat dilihat pada Gambar 1. Menurut Santoso (1993), cendawan tidak selalu tumbuh keluar menembus integumen serangga dan mengkolonisasi dinding luar integumen serangga. Apabila kondisi kurang menguntungkan, perkembangan saprofit hanya berlangsung di dalam tubuh serangga tanpa keluar menembus integumen. Dalam hal ini, cendawan membentuk struktur khusus untuk dapat bertahan yaitu berupa *arthrospora*.

Identifikasi cendawan entomopatogen endofit

Cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman kakao tidak semuanya bersifat pathogen pada serangga. Hasil identifikasi cendawan endofit dari berbagai bagian tanaman kakao yang bersifat pathogen pada serangga (entomopatogen) ditemukan 3 genus cendawan, yaitu *Beauveria*, *Aspergillus*, dan *Fusarium* (Tabel 3).

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa ketiga genus cendawan endofit yang ditemukan, yaitu *Beauveria, Aspergillus,* dan *Fusarium*, bersifat patogen terhadap serangga. Vega et al. (2008) melaporkan bahwa cendawan endofit *B. bassiana* yang diisolasi dari tanaman kopi bersifat patogen terhadap hama penggerek buah kopi dengan mortalitas imago mencapai 100%. *Fusarium* sp. juga dilaporkan bersifat endofit pada tanaman pisang dan dapat digunakan sebagai entomopatogen.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari tanaman kakao dari ketiga lokasi lebih banyak ditemukan pada bagian daun (45,61%) dibandingkan dengan yang diisolasi dari bagian cabang (19,30%) dan buah kakao (35,09%). Hasil uji patogenisitas isolat cendawan endofit terhadap larva *T. molitor* dari 57 isolat yang diuji, hanya 20 isolat (35,09%) yang menghasilkan mortalitas larva di atas 20%. Hasil identifikasi cendawan entomopatogen endofit dari berbagai bagian tanaman kakao ditemukan 3 genus cendawan, yaitu *Beauveria*, *Aspergillus* dan *Fusarium*.

Gambar 1. A. Larva *T. molitor* normal, B-C. Larva yang mati terinfeksi cendawan endofit

Tabel 3. Hasil karakterisasi morfologi cendawan entomopatogen pada media PDA (14 hari setelah inkubasi)

Genus	Warna koloni	Hifa	Konidia
Beauveria	Putih	Hialin, ramping, bulat	Bulat, hialin, bulat telur
Aspergillus	Hijau-keputihan	Bersepta, hialin	Bulat, hialin
Fusarium	Putih	Bersepta	Makrokonidia agak melengkung

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Fundamental Nomor 004/UN.16/PL/MT-FD/I/2012 tanggal 24 Januari 2012 yang telah membantu pendanaan dalam penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

Barnett HL, Hunter BB. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd ed. Burges Publishing Co., Minneapolis.

Carrion G, Bonet A. 2004. Mycobiota associated with the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) and its galleries in fruit. Ann Entomol Soc Am 97 (3): 492-499.

Darwis V. 2004. Keragaan, kendala, dan manfaat penerapan teknologi PHT kakao rakyat di Kolaka, Sulawesi Tenggara. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta.

Depparaba F. 2002. Penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) dan penanggulangannya. J Litbang Pertanian 21 (2): 69-74.

Hamdani. 2009. Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen pada Rhizosfir Kakao dan Patogenesitasnya Terhadap Hama Penggerek Buah Kakao, *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae). [Tesis]. Universitas Andalas, Padang.

Hazalin NAMN, Ramasamy K, Lim SM et al. 2009. Cytotoxic and antibacterial activities of endophytic fungi isolated from plants at the

National Park, Pahang, Malaysia. BMC Compl Alternat Med. DOI: 10.1186/1472-6882-9-46.

Hindayana D, Judawi D, Priharyanto D et al. 2002. Musuh alami, hama dan penyakit tanaman kakao. Edisi kedua. Direktorat Perlindungan Perkebunan, Departemen Pertanian, Jakarta.

Indriati G, Samsudin, Rubiyo. 2013. Keefektifan paket Teknologi Pengendalian Penggerek Buah Kakao (PBK) di Provinsi Bali. Buletin RISTRI 4 (1): 63-68.

Junianto YD, Sulistyowati E. 2000. Produksi dan aplikasi jamur *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina, Hyphomycetes) untuk pengendalian pengisap buah kakao *(Helopeltis* spp.) dan penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*). Simposium Kakao 2000. Surabaya, 26-27 September 2000. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember.

Khan MR. 2007. Isolation, Identification and Cultivation of Endophytic Fungi from Medicinal Plants for the Production and Characterization of Bioactive Fungal Metabolites. [Thesis]. University of Karachi, Karachi. Pakistan.

Lezama-Gutierrez R, Hamm JJ, Molina-Ochoa J et al. 2001. Occurrence of entomopathogens of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Mexican States of Michoacan, Colima, Jalisco and Tamaulipas. Florida Entomol 84 (1): 23-30.

Madry B. 1994. Kebijakan teknis perlindungan tanaman dalam kaitannya dengan pengendalian hama penggerek buah kakao (PBK) di Indonesia. Prosiding Lokakarya Penanggulangan Hama PBK di Indonesia. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember.

Poinar Jr GO, Thomas GM. 1984. Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites. Plenum Press, New York.

Rauf A, Shepard BM, Johnson MW. 2000. Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: Survey of host crops, species composition and parasitoid. Intl J Pest Manag 46 (4): 257-266.

Santoso T. 1993. Dasar-dasar patologi serangga. In: Simposium Patologi Serangga I. Prosiding Makalah Simposium Patologi Serangga I. Persatuan Entomologi Indonesia Cabang, Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993.

Sastrosiswoyo S, Oka IN. 1997. Implementasi pengelolaan serangga secara berkelanjutan. Makalah Kongres V dan Simposium Entomologi PEI. Universitas Padjadjaran, Bandung, 24-26 Juni 1997.

Sulistyowati E, Junianto DY. 1995. Inventarisasi musuh alami hama penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* Snell. di Provinsi Maluku. Pelita Perkebunan 11: 76-89.

Tanada Y, Kaya HK. 1993. Insect Pathology. Academic Press, San Diego.

Vega FE, Posada F, Aime MC et al. 2008. Entomopathogenic fungal endophytes. Biol Contr 46: 72-82.

Vega FE. 2008. Insect pathology and fungal endophytes. J Invert Pathol 98: 277-279.

Wardoyo S. 1982. The cocoa pod borer: A mayor hindrance to cocoa development. Indon Agricul Res Develop J 2 (1): 1-4.