

BIOPESTISIDA UNTUK PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT KEDELAI

Yusmani Prayogo

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
E-mail: yusmani.prayogo@yahoo.com

RINGKASAN

Biopestisida adalah pestisida yang bahan bakunya berasal dari alam, dapat berupa tanaman (pestisida nabati) atau bahan hayati dari mikroorganisme yang digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Biopestisida yang berasal dari mikroorganisme terdiri dari cendawan, virus, nematoda, dan bakteri. Jenis mikroorganisme yang dapat digunakan untuk pengendalian hama utama kedelai antara lain: cendawan entomopatogen dan cendawan antagonis untuk agens pengendalian penyakit tular tanah, virus entomopatogen untuk pengendalian hama perusak daun dan polong, bakteri untuk agens pengendalian penyakit tular tanah, nematoda entomopatogen untuk mengendalikan hama dari ordo Lepidoptera. Organ infeksi biopestisida yang berasal dari mikroorganisme dalam bentuk konidia/spora (cendawan), partikel polyhedral (virus), juvenile (nematoda), dan paraspora (bakteri). Keuntungan penggunaan biopestisida adalah mudah diperoleh, mudah dikembangkan, tidak menimbulkan residu, tidak menimbulkan resistensi, menghasilkan produk pertanian sehat, dan lebih aman terhadap kelangsungan hidup musuh alami. Namun terdapat beberapa kelemahan dari biopestisida antara lain daya kerjanya agak lamban, tidak tahan terhadap lingkungan, tidak tahan disimpan lama, kurang praktis, dan efikasinya sering tidak konsisten.

Kata kunci: biopestisida, hama, pengendalian, penyakit

PENDAHULUAN

Biopestisida adalah pestisida yang berbahan baku tanaman maupun mikroorganisme (Chandler *et al.* 2011; Suganthi dan Sakthivel 2013). Bahan aktif biopestisida dari tanaman diekstrak dari organ tanaman yaitu daun, kulit batang, biji, dan akar (Arutselvi *et al.* 2012; Bajwa dan Ahmad 2012). Biopestisida yang berbahan baku mikroorganisme terdiri dari cendawan, virus, nematoda, dan bakteri (Joseph *et al.* 2012). Biopestisida yang berasal dari mikroorganisme mudah diperoleh dari alam.

Cendawan entomopatogen yang sudah dikembangkan sebagai agens hayati untuk pengendalian hama adalah *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Nomuraea rileyi*, dan *Spicaria* sp. Jenis virus entomopatogen yang dikenal adalah isolat dari SINPV dan HaNPV (Prasad dan Yogita 2011). Nematoda yang sudah dikembangkan sebagai agens pengendali hama adalah *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. (Sila 2012; Kalia *et al.* 2014). Cendawan antagonis yang sudah dikenal sebagai agens pengendali penyakit adalah *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. (Mcquilken *et al.* 2001; Wilson *et al.* 2008).

Pemanfaatan biopestisida dari mikroorganisme untuk agens pengendalian hama penyakit kedelai di Indonesia belum berkembang pesat seperti pada tanaman hortikultura dan perkebunan. Hal ini karena petani belum mempunyai pengalaman yang cukup tentang efikasi agens-agens hayati tersebut, kurangnya pengetahuan bioekologi hama atau penyakit utama kedelai sehingga pengendalian yang diterapkan sering tidak sesuai, tanaman semusim kurang komersial dibandingkan hortikultura maupun perkebunan, sudah terbiasa menggunakan insektisida kimia dan juga mudah mendapatkannya. Kedelai merupakan tanaman semusim sehingga biopestisida yang diaplikasikan tidak mampu bertahan dan berkembang lama di alam (*establish*), produk mikroorganisme sulit diperoleh di pasaran.

Dalam era globalisasi, masyarakat semakin sadar kesehatan sehingga menghendaki produk yang dikonsumsi terbebas dari residu pestisida kimia. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meminimalisasi residu pestisida kimia yang terkandung pada hasil maupun yang mencemari lingkungan. Selain itu, karena harga pestisida kimia yang makin mahal, dan terjadinya peningkatan kekebalan hama terhadap pestisida kimia, maka perlu dicari solusi alternatif yang tepat untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai. Makalah ini membahas jenis biopestisida yang berasal dari mikroorganisme (cendawan, virus, nematode entomopatogen, dan cendawan antagonis), pemanfaatan biopestisida, efikasi, keuntungan pemanfaatan biopestisida, cara perbanyakan, serta persiapan cara aplikasi untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai di lapangan.

JENIS BIOPESTISIDA DAN EFIKASINYA UNTUK PENGENDALIAN HAMA DAN PENYAKIT KEDELAJ

Efikasi adalah efektivitas atau kemampuan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

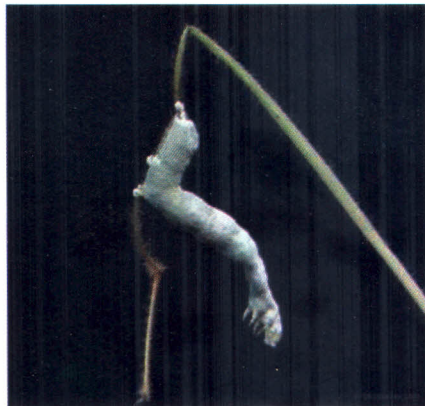
Cendawan Entomopatogen

Cendawan entomopatogen (biasa disebut CEP) merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agens untuk pengendalian hama utama kedelai. CEP yang banyak dikembangkan adalah *Nomuraea rileyi*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Hirsutella thompsoni*, dan

Paecilomyces fumosoroseus (Chernaki-Leffer *et al.* 2007; Stafford dan Allan 2010; Pereira *et al.* 2011).

Nomuraea rileyi

- Mampu membunuh ulat grayak (*Spodoptera litura*) stadia larva hingga 100% dalam waktu empat hari. Ciri-ciri larva *S. litura* yang mati terinfeksi cendawan *N. rileyi* adalah terkolonisasi miselium berwarna putih pada tiga hari setelah infeksi, cendawan akan berkembang dan mengkolonisasi seluruh tubuh larva hingga nampak berwarna hijau muda hingga hijau tua (Gambar 1), dan membentuk struktur reproduksi berupa konidia. Jika di lapangan menemukan ulat grayak yang terinfeksi cendawan tersebut, maka koloni isolat cendawan tersebut dapat segera dibiakkan atau diperbanyak. Pembiakan dapat dilakukan pada media buatan, seperti PDA (*potato dextrose agar*). Pada awal pertumbuhan, koloni berwarna putih (Gambar 2a). Dalam perkembangan waktu, koloni berubah warna hijau muda menjadi hijau tua (Gambar 2b) dan membentuk konidia sangat cepat.
- Efektif mengendalikan ulat jengkal (*Chrysodeixis chalcites*), ulat penggulung daun (*Lamprosema indicata*), dan hama penggerek polong (*Etiella zinckenella*).



Gambar 1. Larva *Spodoptera litura* instar III yang mati terinfeksi cendawan *Nomuraea rileyi*, menggantung pada tangkai daun kedelai.

Beauveria bassiana

- Memiliki inang cukup banyak dari ordo Lepidoptera, Hemiptera, Homoptera, dan Coleoptera.
- Efikasi sekitar 99%, tergantung stadia serangga maupun ordo hama yang dikendalikan.
- Efektif mengendalikan hama kutu kebul (*Bemisia tabaci*) yang terkenal sangat sulit dikendalikan dengan insektisida kimia.
- Toksik terhadap hama *Aphis cracivora* dan *A. glycine* yang merupakan vektor virus.

- Efektif mengendalikan hama pengisap polong *Riptortus linearis*, *Nezara viridula*, dan *Piezodorus hybneri*. Serangga *R. linearis* yang terinfeksi cendawan *B. bassiana* ditandai dengan kolonisasi miselium berwarna putih (Gambar 3), yang terjadi pada 7 hari setelah infeksi.
- Sangat toksik terhadap hama pengisap polong *N. viridula* (Gambar 4).
- Mampu menginfeksi hama kumbang daun *Phaedonia inclusa* dan *Epilachna soyae*, yang juga menyerang polong hingga mengelupas.
- Mampu membunuh hama pada stadia telur karena bersifat ovisidal (*ovicidal*). Belum ada insektisida kimia yang dapat membunuh hama pada stadia telur.



(a)



(b)

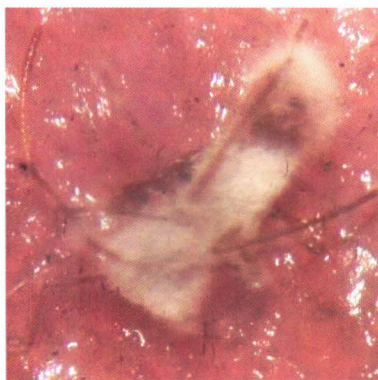
Gambar 2. Koloni cendawan *Nomuraea rileyi* pada media PDA (a) dan kumpulan konidia cendawan yang berwarna hijau tua (b).

Lecanicillium lecanii

- Toksik terhadap hama pengisap polong *R. linearis*. Seluruh stadia *R. linearis* sangat rentan terhadap efikasi cendawan *L. lecanii*, terutama stadia telur (Gambar 5). Virulensi cendawan *L. lecanii* ini karena memiliki enzim kitinase, protease, amilase, dan lipase. Enzim yang terkandung dalam cendawan ini mampu mengakibatkan gagal ganti kulit (*moulting*).
- Mampu mematikan stadia telur *R. linearis* hingga mencapai 99%.
- Mampu membunuh hama kutu kebul *B. tabaci* (Gambar 6). Serangga *B. tabaci* merupakan vektor utama penyakit virus pada kedelai yang paling sulit kendalikan. Aplikasi *L. lecanii* mampu menekan kerusakan tanaman kedelai akibat ditumbuhi cendawan embun jelaga yang berwarna hitam (Gambar 7). Embun jelaga terjadi karena adanya sekresi embun madu dari *B. tabaci*. Embun jelaga yang tumbuh pada permukaan bagian atas daun menyebabkan terganggunya proses fotosintesis. Selain itu, daun mengering karena cairan daun diserap oleh cendawan embun jelaga tersebut.



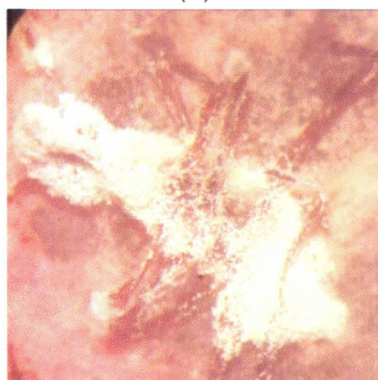
(a)



(b)

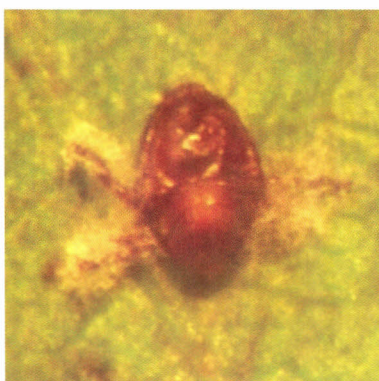


(c)



(d)

Gambar 3. Nimfa instar II *Riptortus linearis* (a), instar III (b), instar IV (c) dan imago (d) yang mati akibat infeksi dan kolonisasi miselium cendawan entomopatogen *B. bassiana*.

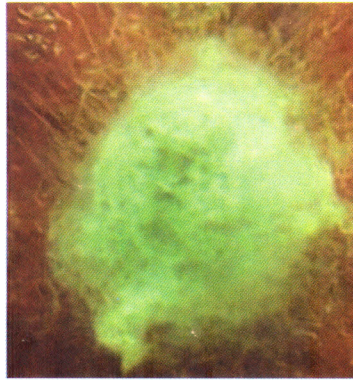


(a)



(b)

Gambar 4. Nimfa *Nezara viridula* instar I (a) dan (b) telur yang mati terinfeksi cendawan *B. bassiana* pada umur 7 hari setelah inokulasi.



(a)

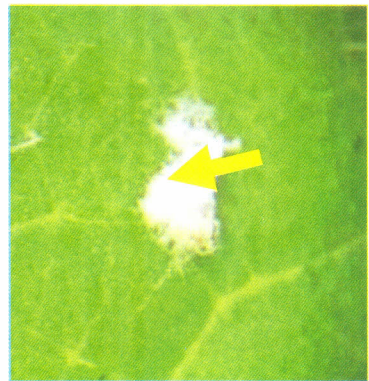


(b)

Gambar 5. Telur *Riptortus linearis* (a), nimfa instar II *R. linearis* yang mati gagal ganti kulit akibat infeksi cendawan *L. lecanii* (b).



(a)



(b)

Gambar 6. *Bemisia tabaci* mati terinfeksi dan terkolonisasi miselium cendawan *Lecanicillium lecanii* setelah empat hari aplikasi.



(a)



(b)

Gambar 7. Kedelai varietas Argomulyo yang diaplikasi menggunakan biopestisida *Lecanicillium lecanii* (a), dan tanpa aplikasi (b).

Virus Entomopatogen

Virus entomopatogen yang sudah dikenal sebagai agens hayati untuk mengendalikan hama utama kedelai adalah *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (S/NPV).

- S/NPV mampu membunuh serangga ulat grayak (*S. litura*) hingga 100% pada stadia larva dalam waktu sekitar 6 hari setelah aplikasi (Indrayani *et al.* 2003; Bedjo 2005 dan 2011). Organ infeksi dari S/NPV adalah partikel polyhedral dalam bentuk virion yang dapat diperbanyak pada serangga hidup. Larva *S. litura* yang mati terinfeksi NPV ditandai dengan tubuh larva menggantung pada organ tanaman dengan tubuh membusuk dan berwarna hitam (Gambar 8a), dari tubuh larva keluar cairan yang berwarna keruh yang mengandung partikel polyhedral (Gambar 8b).
- S/NPV efektif membunuh larva hama pemakan polong (*Helicoverpa armigera*) pada stadia larva (Bedjo 2005; Putri *et al.* 2015). Isolat virus entomopatogen yang berasal dari serangga larva *H. armigera* sangat efektif membunuh hama pemakan polong maupun hama pemakan daun (Bedjo 2012a).
- Kombinasi isolat S/NPV dan HaNPV sangat efektif karena dapat membunuh larva ulat grayak dan pemakan polong mencapai 100% dalam waktu 6 hari (Bedjo 2012b).



(a)



(b)

Gambar 8. Larva *Spodoptera litura* tergantung akibat mati terinfeksi NPV (a), dan cairan partikel polyhedral dari larva *S. litura* mati terinfeksi NPV (b).

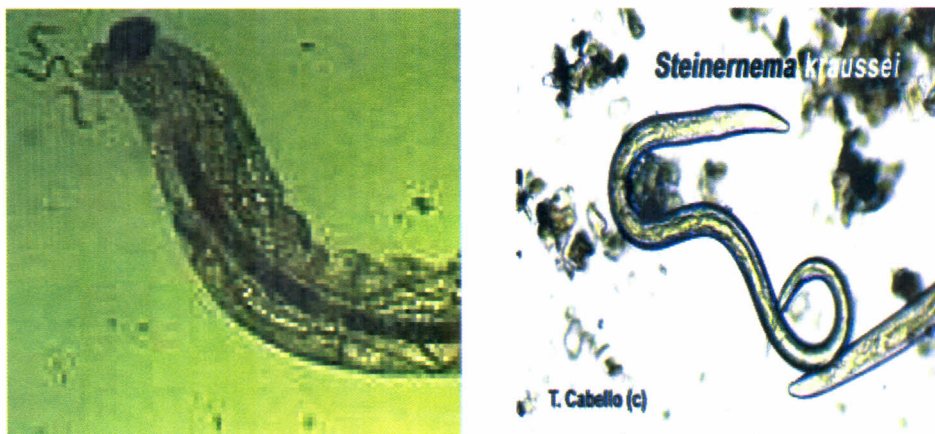
Nematoda Entomopatogen

Nematoda entomopatogen (biasa disebut NEP) berbentuk cacing berukuran 700-1200 mikron, transparan, panjang, dan berada di tanah (Nugrohorini 2010) (Gambar 9). NEP *Steinernema* spp. dan *Heterorhabditis* spp. banyak digunakan untuk mengendalikan hama ordo Lepidoptera (Kalia *et al.* 2014; Shairra dan

Noah 2014). Infeksi NEP ke tubuh serangga inang melalui lubang kutikula atau lubang-lubang alami seperti spirakel, mulut, dan anus dengan bantuan simbiosis mutualisme dengan bakteri yang dibawa dalam saluran pencernaannya (Boemare 2002; Shapiro dan Gaugler 2002).

Siklus hidup NEP sederhana, yaitu dari telur, juvenil dan dewasa. Siklus hidup nematoda mulai dari menginfeksi sampai muncul generasi baru butuh waktu 7-10 hari (Wagiman *et al.* 2003). Juvenil terbagi menjadi juvenil instar 1 (J1), juvenil instar 2 (J2), juvenil instar 3 (J3), dan juvenil instar 4 (J4). J1 meninggalkan bangkai inang 2-3 minggu setelah berkembang di dalam tubuh inang dan mencari inang yang baru (Ehlers *et al.* 2000).

Xenorhabdus sp. dan *Photorhabdus* sp. adalah bakteri gram negatif famili Enterobacteriaceae yang hidup bersimbiosis dengan nematoda *Heterorhabditis* dan *Steinernema* (Tailliez *et al.* 2010). Kedua bakteri tersebut mengeluarkan racun yang mampu membunuh serangga hama dalam waktu 24-48 jam. Gejala serangga hama yang terserang NEP adalah adanya perubahan warna, tubuh menjadi lembek, dan bila dibedah jaringan menjadi cair tetapi tidak berbau (Sucipto 2008).



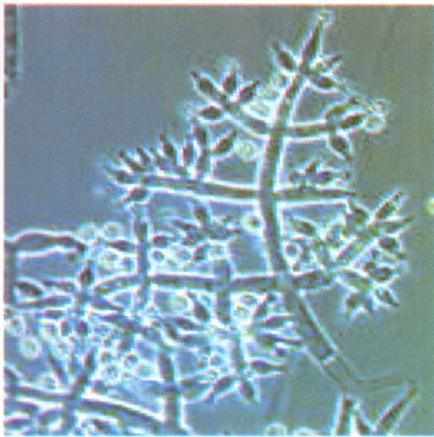
Gambar 9. Nematoda entomopatogen (NEP) *Steinernema kraussei* untuk agens pengendalian hama tanaman.

Cendawan Antagonis

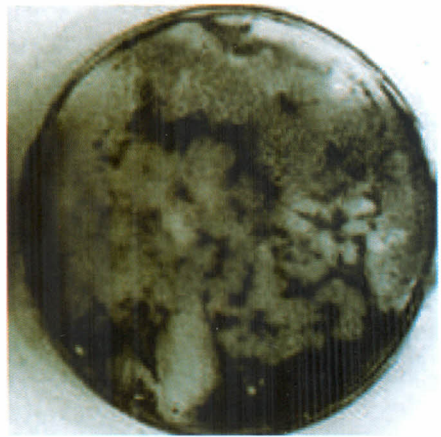
Cendawan antagonis yang sudah terkenal digunakan untuk agens pengendalian penyakit tular tanah adalah *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. (Behzad *et al.* 2008; Siameto *et al.* 2010). Kedua cendawan tersebut menghambat perkembangan penyakit tular tanah yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* sp., hingga 90% (Goes *et al.* 2002; Lewis dan Papavizas 2007). Kombinasi kedua cendawan tersebut mampu menekan perkembangan penyakit tular tanah hingga 100% (Shoulkamy *et al.* 2005; Lewis dan Papavizas 2007).

Koloni cendawan *Trichoderma* sp. berwarna putih (Gambar 10b) kemudian berubah menjadi hijau, dengan perkembangan umur koloni berubah menjadi hijau gelap. Struktur konidiofor bercabang-cabang untuk mendukung konidia yang berbentuk pialid (Gambar 10a). *Trichodermin* dan *isoharziandion* adalah senyawa bioaktif *Trichoderma* sp. efektif mengendalikan penyakit antraknosa yang disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum* sp. (Akmal 2002; Tarus *et al.* 2003; Warin *et al.* 2009; Shentu *et al.* 2014).

Koloni cendawan *Gliocladium* sp. berwarna hijau pucat, kemudian menjadi hijau gelap dengan struktur konidiofor seperti kipas (Gambar 11) seiring bertambahnya umur koloni. Cendawan antagonis *G. catenatum* mampu menekan perkembangan penyakit tular tanah hingga 99% (Mcquilken *et al.* 2001).

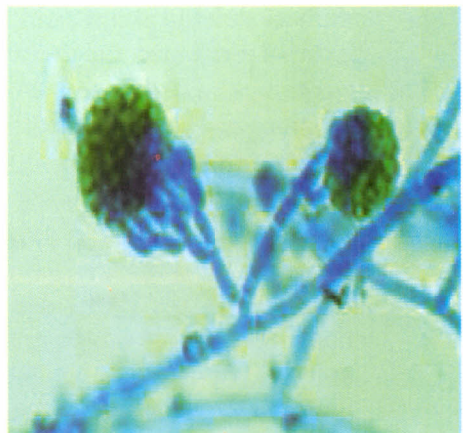
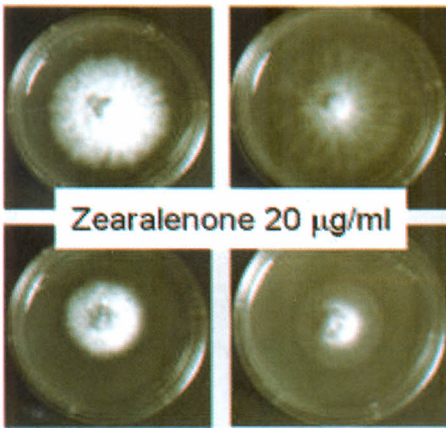


(a)



(b)

Gambar 10. Struktur miselium, konidiofor, konidia dan koloni *Trichoderma* sp.



Gambar 11. Koloni dan struktur konidiofor, serta konidia *Gliocladium* sp.

EKSPLORASI, ISOLASI, DAN PERBANYAKAN

Eksplorasi biopestisida dari mikroorganisme

- a. Cendawan entomopatogen dapat diperoleh dengan isolasi dari serangga mati yang terinfeksi cendawan, dari tanah (Meyling dan Eilenberg 2006a; 2006b; 2006c), atau dari serangga umpan (*insect baiting*) (Klingen *et al.* 2002; Klingen dan Haukeland 2006).
- b. Cendawan antagonis dapat diperoleh dari lahan yang subur, lahan yang banyak mengandung humus, lahan yang mengandung serasah sisa tanaman, dan dari tanah di sekitar tanaman yang terinfeksi patogen tular tanah (Brunner *et al.* 2005; Siameto *et al.* 2010).
- c. Nematoda dan bakteri entomopatogen dapat diperoleh dari dalam tanah pada lapisan olah (Bruck 2004; delPino 2005; Valadas *et al.* 2013), dari sekitar pertanaman (Hazir *et al.* 2003).
- d. Virus entomopatogen diperoleh dari serangga mati yang terinfeksi virus. Serangga yang mati akibat terinfeksi virus yang dapat ditemukan pada permukaan daun, batang, atau organ lain pada tanaman. Ciri-cirinya adalah larva mati membusuk dan berwarna hitam.

Cendawan entomopatogen

Isolat cendawan entomopatogen dapat diperoleh melalui beberapa cara, yaitu:

- a. Serangga mati yang terinfeksi cendawan entomopatogen dipotong-potong ukuran 1 cm, rendam dalam larutan hipoklorit 0,25% selama 30 detik untuk membunuh mikroorganisme kontaminan. Setelah itu rendam dalam air steril selama 60 detik, kemudian dikeringkan menggunakan kertas saring. Potongan serangga yang sudah disiapkan tersebut kemudian diinkubasi dalam cawan petri yang sudah diisi dengan media PDA (*potato dextrose agar*) atau media tumbuh selektif (Prayogo 2009).
- b. Pengumpanan serangga (Anderson *et al.* 2007), yaitu serangga hidup dibenamkan ke dalam tanah yang dimasukkan ke dalam cawan Petri.
- c. Dari tanah (Asensio *et al.* 2003), yaitu dengan cara mengambil tanah dari lapang. Timbang 1 g tanah, masukkan ke dalam tabung reaksi kemudian tambahkan air steril dan selanjutnya dikocok menggunakan alat pengocok (*shaker*) selama 30 detik. Ambil contoh dari campuran tersebut kemudian diencerkan 10x, 100x, dan 1000x. Masukkan contoh yang sudah diencerkan tersebut ke dalam cawan Petri yang sudah diisi media PDA, kemudian diinkubasi.
- d. Semua cendawan yang tumbuh (sekitar 3 hari setelah inkubasi), yang diperoleh dari contoh seperti diuraikan pada poin “a” sampai “c” di atas, diamati karakter dan morfologinya dan selanjutnya diidentifikasi menggunakan kunci determinasi.

- e. Isolat yang sudah dimurnikan selanjutnya diperbanyak menggunakan media beras atau jagung. Penyiapan media beras atau jagung sebagai berikut: beras atau jagung dicuci dengan air hingga bersih, selanjutnya dikukus menggunakan dandang hingga setengah matang, lalu masukkan ke dalam kantong plastik berukuran 250 g dan ikat untuk disterilisasi. Sterilisasi menggunakan *autoclave*. Jika tidak tersedia *autoclave*, dapat menggunakan dandang biasa dengan pemanasan minimal 2 kali. Ambil isolat cendawan dan diinokulasikan ke media yang sudah steril tersebut, selanjutnya simpan di dalam ruangan dan setelah 21 hari konidia yang terbentuk siap dipanen.

Virus entomopatogen

Isolat virus entomopatogen dapat diperoleh dan diperbanyak melalui beberapa cara, yaitu:

- a. Dari serangga yang mati (*cadaver*) akibat terinfeksi virus. Bangkai serangga ditetesi air aquades, kemudian dihaluskan menggunakan mortar. Oleskan suspensi partikel virus ke daun kedelai yang akan digunakan sebagai pakan serangga hidup. Setelah tiga hari biasanya serangga sudah mati dengan gejala yang sama seperti yang ditemukan dari lapangan.
- b. Dari serangga sakit pada tanaman. Ciri-ciri serangga sakit yaitu gerakannya lamban, berwarna kecoklatan. Ambil serangga tersebut dan pelihara di laboratorium hingga serangga mati. Langkah selanjutnya seperti diuraikan pada poin “a” di atas.
- c. Dari tanah dengan cara mengambil tanah kemudian dimasukkan ke dalam cawan Petri, masukkan serangga (umumnya dari ordo Lepidoptera) ke dalam tanah dalam cawan petri tersebut, dibiarkan hingga serangga mati. Langkah selanjutnya seperti diuraikan pada poin “a” di atas.

Nematoda entomopatogen (NEP)

NEP dapat diperoleh dan diperbanyak melalui beberapa cara, yaitu:

- a. Ambil tanah lembab 250-500 g dan masukkan ke dalam cawan Petri, masukkan 5-10 ekor larva ulat hongkong (pakan burung) ke dalam cawan kemudian cawan ditutup dan dibalik agar larva terbenam. Amati tiap tiga hari, jika ada larva yang mati maka pisahkan, cuci larva yang mati dengan air steril, letakkan ke dalam cawan Petri steril yang diberi alas kertas saring yang sudah disterilkan. Larva yang mati tersebut (dengan gejala mati terinfeksi nematoda) masukkan ke cawan lain dengan sistem desain perangkap *white*.
- b. Perangkap *white* (*White trap*) dirancang sebagai berikut; (a) taruh tutup cawan Petri ke dalam dasar cawan Petri lain yang lebih besar, (b) isi cawan Petri dengan air, (c) letakkan kertas saring di atas cawan kecil, kertas tersebut menjulur ke air, (d) letakkan bangkai serangga yang mati oleh nematoda di atas kertas saring, (e) satu-dua minggu, nematode yang ada di dalam tubuh

serangga akan bergerak menuju ke air, (f) pindahkan yang sudah berisi nematoda ke tempat (*Erlenmeyer*) lain, (g) isikan air baru untuk mengganti air yang sudah dipindahkan tadi.

- c. Pembiakan massal NEP secara *in vitro* dengan menumbuhkan nematoda ke dalam media yang mengandung unsur utama usus atau hati ayam, dapat juga menggunakan pakan hewan untuk anjing yang dijual di pasaran atau supermarket.

Cendawan antagonis

- a. Isolat cendawan antagonis *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. dapat ditumbuhkan pada media alami seperti dedak, beras, serbuk gergaji.
- b. Cara membuat media alami seperti cara membuat media untuk menumbuhkan cendawan entomopatogen yaitu dari masing-masing jenis media yang dibutuhkan dimasukkan ke dalam kantong plastik kemudian disterilisasi menggunakan *autoclave* atau dandang.
- c. Ambil inokulan cendawan antagonis yang sudah dimurnikan kemudian inokulasikan ke dalam media yang sudah disiapkan. Simpan di dalam ruangan kurang lebih 21 hari, selanjutnya konidia sudah dapat dipanen untuk diaplikasikan pada tanaman yang terinfeksi pathogen atau untuk perawatan benih/stek yang akan ditanam.

CARA APLIKASI BIOPESTISIDA DARI MIKROORGANISME

Cendawan entomopatogen

- a. Ambil biakan cendawan entomopatogen atau yang dalam bentuk formulasi. Formulasi cendawan 5 g dicampurkan ke dalam air 1 liter, kocok hingga homogen.
- b. Aplikasi cendawan entomopatogen yang berasal dari biakan murni adalah ambil 250 g untuk dicampur ke dalam air 5 liter kemudian diremas-remas hingga hancur. Jumlah biakan tersebut jika dicampur dengan air diperkirakan akan diperoleh kerapatan konidia $10^7/\text{ml}$ air.
- c. Tambahkan bahan perekat atau perata jika yang diaplikasikan adalah cendawan *B. bassiana* karena bersifat hidrofobik, dosis perekat sebanyak 2 ml/l, kocok hingga homogen. Bahan perekat dapat menggunakan tween 80.
- d. Aplikasi dilakukan pada pagi hari atau sore hari setelah pukul 15.00 WIB untuk menghindari pengaruh negatif dari sinar ultra violet.
- e. Hindari aplikasi saat turun hujan agar suspensi konidia tidak hilang tercuci.
- f. Aplikasi harus mengenai serangga/hama sasaran agar efektif. Jika yang dikendalikan adalah hama pengisap/penggerek polong maka aplikasi harus menjangkau ke bagian-bagian batang atau sekitar polong kedelai. Aplikasi untuk hama daun sebaiknya difokuskan pada permukaan daun bagian atas

maupun bawah sehingga hama atau kelompok nimfa atau telur yang menempel di permukaan bawah daun dapat terkena suspensi konidia cendawan.

- g. Aplikasi sebaiknya diulangi lagi setelah 2-3 hari untuk menghindari terjadinya tumpang tindih stadia populasi hama di lapangan, artinya ditemukan berbagai jenis stadia hama sehingga dimungkinkan banyak serangga hama yang melakukan pergantian kulit (*moulting*). *Moulting* mengakibatkan suspensi konidia yang menempel pada kulit serangga ikut terlepas.

Cendawan antagonis

- a. Ambil formulasi/biakan cendawan antagonis yang sudah disiapkan, jika cendawan berasal dari biakan maka yang sudah berumur 21 hari setelah inokulasi, kemudian campur dengan benih/stek (*seed treatment*) yang akan ditanam sehingga formulasi/biakan cendawan yang sudah mengandung konidia tercampur dengan benih.
- b. Aplikasi lanjutan dapat disemprotkan pada pangkal batang jika masih ditemukan ada tanaman yang layu di lapangan.
- c. Aplikasi harus mengenai organ tanaman yang menunjukkan gejala penyakit.

Virus entomopatogen

- a. Ambil partikel virus yang sudah diperbanyak pada larva *S. litura* atau *H. armigera* yang sudah mati membusuk terinfeksi virus. Serangga mati dimasukkan ke dalam mortar kemudian tambahkan air dan langsung dihancurkan hingga halus.
- b. Encerkan partikel virus hingga memperoleh konsentrasi $1,5 \times 10^{11}$ PIB/ml (Bedjo 2005), atau tergantung stadia larva hama yang akan dikendalikan. Semakin muda stadia larva yang akan dikendalikan maka pengendalian yang dilakukan semakin efektif. Menurut Arifin (2012) bahwa konsentrasi SINPV 5×10^3 PIB/ml sangat efektif membunuh larva *S. litura* instar II. PIB (*polyhedral inclusion bodies*).
- c. Aplikasi NPV harus mengenai organ tanaman (daun/polong) yang akan termakan oleh serangga hama.

Nematoda entomopatogen (NEP)

- a. Aplikasi NEP dapat dilakukan menggunakan metode umpan, yaitu meletakkan suspensi yang mengandung *juvenile infective* (JI) sebanyak 1,5 juta pada kertas tissue dan kayu randu (Sucipto 2008). Metode aplikasi ini sangat cocok untuk membunuh serangga yang sebagian hidupnya berada di dalam tanah, yaitu serangga yang pada stadia tertentu harus melangsungkan hidupnya membentuk kepompong. *S. litura* sebelum membentuk imago akan melangsungkan hidupnya dalam bentuk kepompong di dalam tanah.

- b. NEP dapat juga diaplikasikan dengan cara disemprotkan ke permukaan kelompok serangga (Sucipto 2008; Sila 2012). Hama kedelai *S. litura* (ulat grayat), *N. viridula*, dan *P. hybneri* pada stadia muda masih menggerombol di suatu tempat, dan saat itulah NEP sangat cocok diaplikasikan.
- c. Dianjurkan pada waktu aplikasi dalam kondisi kelembaban tinggi atau banyak air, karena kehidupan dan mobilitas nematoda sangat tergantung air.

KEUNGGULAN DAN KELEMAHAN BIOPESTISIDA DARI MIKROORGANISME

Keunggulan

1. Mudah diperoleh di sekitar lingkungann kita karena populasinya melimpah (Meyling dan Eilenberg 2007).
2. Mudah dikembangkan pada media alami dan buatan dengan harga yang relatif murah.
3. Aman terhadap lingkungan karena tidak mencemari sumber air, ternak maupun manusia.
4. Tidak menimbulkan resistensi terhadap hama sasaran.
5. Produk pertanian yang dihasilkan lebih sehat.
6. Dapat mempertahankan kelangsungan hidup beberapa jenis musuh alami.

Kelemahan

1. Daya kerja relatif lamban karena tidak langsung dapat membunuh serangga hama sasaran sehingga perlu waktu agak lama.
2. Tidak tahan terhadap sinar matahari (*ultra violet*).
3. Perlu aplikasi berulang kali, terutama untuk mengendalikan hama yang memiliki stadia tumpang tindih di lapangan (Hemiptera dan Homoptera) akibat pergantian kulit (*moulting*).
4. Efikasi kurang konsisten akibat sering ditumbuhkan berulang kali. Transfer sebanyak 10 kali harus dilakukan *passing culture* sehingga perlu direinfeksi ke serangga inang.

PENUTUP

1. Cendawan entomopatogen *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *L. lecanii*, *P. fumosoroseus*, dan *N. rileyi* efektif sebagai agens pengendalian hama utama kedelai.
2. Cendawan antagonis *Giocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. efektif sebagai agens pengendalian penyakit tular tanah (*R. solani*, *S. rolfsii*, *Fusarium* sp.).

3. Virus entomopatogen *S. litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (SNPV) efektif sebagai agens pengendalian hama perusak daun dan polong.
4. Bakteri *Pseudomonas* sp. efektif sebagai agens pengendalian penyakit tular tanah.
5. Nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. efektif sebagai agens mengendalikan hama dari ordo Lepidoptera.
6. Keuntungan penggunaan biopestisida adalah: mudah diperoleh dari lingkungan, mudah dikembangkan atau diperbanyak pada media alami/buatan, tidak menimbulkan residu karena mudah terurai di alam sehingga aman terhadap lingkungan, tidak menimbulkan kekebalan pada hama sasaran, produk pertanian yang dihasilkan lebih sehat karena tidak meninggalkan residu/racun, dan lebih aman terhadap kelangsungan hidup musuh alami.
7. Kelemahan penggunaan biopestisida adalah daya kerja dalam membunuh serangga sasaran agak lamban sehingga membutuhkan waktu lebih lama, tidak tahan terhadap lingkungan khususnya sinar matahari (*ultra violet*), tidak tahan disimpan lama, kurang praktis karena perlu aplikasi berulang kali terutama jika hama sasaran sering berganti kulit (*moulting*), perlu pembiakan dalam jumlah banyak jika digunakan dalam skala luas, dan efektivitas sering tidak konsisten sehingga diperlukan infeksi ulang ke serangga inang (*passing culture*).

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, J. 2002. Fermentasi senyawa bioaktif dari jamur *Trichoderma konigii* untuk mendapatkan bahan baku fungisida alamiah baru. J. Sains dan Tek. Farmasi 7(1):7-12.
- Arifin, M. 2012. Bioinsektisida SNPV untuk mengendalikan ulat grayak mendukung swasembada kedelai. Pengem. Inovasi Pert. 5(1):19-31.
- Arutselvi, R., T. Balusaravanan, P. Ponmurugan, and A.A. Joel. 2012. Effect of various biopesticides and biocides on the leaf pest *Udaspes folus* of turmeric plants. J. Biopest 5(1):51-56.
- Asensio, L., T. Carbonell, J.A. Lopez-Jimenez, and L.V. Lopez-Llorca. 2003. Entomopathogenic fungi in soils from Alicante province. Spanish J. Agric. Res. 1(3):37-45.
- Bajwa, A.A., and A. Ahmad. 2012. Potential applications of neem based products as biopesticides. The Health 3(4):116-120.
- Bedjo. 2005. Pemanfaatan Biopestisida SNPV dan HaNPV untuk Pengendalian *Spodoptera litura* dan *Helicoverpa armigera* Pada Tanaman Kedelai. J. Suara Perlantan 1(3):1-6.
- Bedjo. 2011. Keefektifan beberapa isolat SNPV untuk pengendalian hama daun dan penggerek polong pada tanaman kedelai. Pros. Sem. Nas., Balitkabi.
- Bedjo. 2012a. Evaluasi beberapa isolat *Helicoverpa armigera* Nuclear Ployhedrosis Virus (HaNPV) untuk pengendalian hama pemakan polong kacang hijau. J. Suara Perlantan 2(1):1-5.

- Bedjo. 2012b. Pemanfaatan biopestisida *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (SINPV) dan *Helicoverpa armigera* Nuclear Polyhedrosis Virus (HaNPV) untuk pengendalian *S. litura* dan *H. armigera* pada tanaman kedelai. J. Suara Perlitan. 2(1):7-12.
- Behzad. H., T. Mousa, R.M. Mohammad, and D. Mahdi. 2008. Biological potential of some Iranian *Trichoderma* isolates in the control of soilborne plant pathogenic fungi. Afr. J. Biotechnol. 7:967-972.
- Boemare, N. 2002. "Taxonomy and Systematics" in Entomopathogenic Nematology. Gaugler, R. (Ed) CABI, New York. pp. 35-56.
- Bruck, D.J. 2004. Natural occurrence of entomopathogens in Pacific Northwest nursery soil and their virulence to the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). Envir. Ent. 33: 1335 –1343.
- Brunner, K., S. Zeclinger, R. Ciliento, S.L. Woo, M. Lorito, C.P. Kubicek, and R.L. Mach. 2005. Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance bath antagonism and induction of plant systemic disease resistance. Appl. Environ. Microbiol. 71(7):3959-3965.
- Chandler, D., A.S. Balley, G.M. Tatchell, G. Davidson, J. Greaves, and W.P. Grant. 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. Philos. Trans. R Soc. Lond Biol. Sci. 12(366):1987-1998.
- Chenarki-Leffer, A.M, D.R. Sosa-Gomez, and L.M. Almeida. 2007. Selection for entomopathogenic fungi and LD50 of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. For the Lesser Mealworm *Alphitobus diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). Brazilian J. of Poultry Sci. 9(3):187-191.
- del Pino, F.G. 2005. Natural occurrence of entomopathogenic nematodes in Spain. MC-Meeting and Working Group 4th Meeting: Natural occurrence and evolution of entomopathogenic nematodes and Management Committee Meeting, Ceske Budejovice, The Czech Republic, 14 –17 January.
- Ehlers, R.U. 2001. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protein. Appl. Microbiol. And Biotechnol. 56(5):623633.
- Goes, L.S., A.B.L. Costa, L.L.G. Freire, and N.T. Olivena. 2002. Randomly amplified polymorphic DNA of *Trichoderma* isolates and antagonism against *Rhizoctonia solani*. Brazilian Arch. Biol. Technol. 45:151-160.
- Hazir, S., N. Keskin, S.P. Stock, H. Kaya, and S. O'zcan. 2003. Diversity and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in Turkey. Biodiv. and Conserv. 12, 375– 386.
- Indrayani, I.G.A.A., T. Hadiastono, dan G. Mudjiono. 2003. Dosis Sublethal SINPV dan Pengaruhnya terhadap Transmisi Vertikal pada Larva *Spodoptera litura* F. J. Pen. dan Pengemb. Tan. Industri 9(2):55-62.
- Joseph, B., Sowmya, and S. Sujatha. 2012. Insight of botanical based biopesticides against economically. Inter. J. of Pharmacy and Life Sci. 3(11):2138-2148.
- Kalia, V., G. Sharma, D.I. Shapiro-Ilan, and S. Ganguly. 2014. Biocontrol potential of *Steinernema thermophilum* and its symbiont *Xenorhabdus indica* against Lepidopteran pests: Virulence to egg and larval stages. J. Nematol. 46(1):18-26.
- Klingen, I. and S. Haukeland. 2006. The soil as a reservoir for natural enemies of pest insects and mites with emphasis on fungi and nematodes. In: Eilenberg J,

- Hokkanen HMT. (Eds.), An Ecological and Societal Approach to Biological Control. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp.145–211.
- Klingen, I., J. Eilenberg, and R. Meadow. 2002. Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils. *Agr. Ecosyst. Environ.* 91, 191–198.
- Lewis, J.A. and G.C. Papavizas. 2007. Application of *Trichoderma* and *Gliocladium* in alginate pellets for control of control of *Rhizoctonia* damping off. *Plant Path.* 36(4):436–446.
- Mcquillen, M.P., J. Gemmell, and M.L. Lahdenpera. 2001. *Gliocladium catenulatum* as a potential biological control agent of damping-off in bedding plants. *J. of Phyt.* 149:171–178.
- Meyling, N.V. and J. Eilenberg. 2006a. Isolation and characterisation of *Beauveria bassiana* isolates from phylloplanes of hedgerow vegetation. *Mycol. Res.* 110:188–195.
- Meyling, N.V. and J. Eilenberg. 2006b. Occurrence and distribution of soil borne entomopathogenic fungi within a single organic agroecosystem. *Agr. Ecosyst. Environ.* 113:336–341.
- Meyling, N.V., J.K. Pell, and J. Eilenberg. 2006c. Dispersal of *Beauveria bassiana* by the activity of nettle insects. *J. Invertebr. Pathol.* 93:121–126.
- Meyling, N.V. and J. Eilenberg. 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* agroecosystems: potential for conservation biological control. *Biol. Control* 43:145–155.
- Nugrohorini. 2010. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada beberapa wilayah di Jawa Timur. *J. Pert. MAPETA XII* (2):72–144.
- Pereira, A., P. Casals, A.M. Salazar, and M. Gerding. 2011. Virulence and pre-lethal reproductive effects of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* on *Pseudococcus viburni* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Chilean J. of Agric. Res.* 71(4):554–559.
- Prasad, A. and N. Yogita. 2011. Field compatibility of microbial pesticide *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus synthetic pesticide roket (cypermethrin + Profenofus) against tobacco caterpillar *Spodoptera litura*. *Research J. of Pharm. Biol. and Chem.* 2(4):767–776.
- Prayogo, Y. 2009. Kajian cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Viegas) Zare and Gams untuk menekan perkembangan telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (F.) (Hemiptera: Alydidae). Disertasi, Dep. Proteksi Tan. Sekolah Pasca Sarjana. IPB, Bogor.
- Putri, D.F., M. Martosudiro, A. Afandhi, dan Bedjo. 2015. Virulensi beberapa isolate *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (HaNPV) terhadap *H. armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *J. HPT* 3(2):60–68.
- Shairra, S.A. and G.M. Noah. 2014. Efficacy of entomopathogenic nematode and fungi as biological control agents against the cotton leaf worm *Spodoptera litoralis* (Bolsd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian J. of Biol. Pest Control* 24(1):247–253.
- Shapiro, D.I. and R. Gaugler. 2002. Production technology for entomopathogenic nematodes and their bacterial symbionts. *J. of Industrial Microbiol. and Biotech.* 28:137–146.

- Shentu, X., X. Zhan, Z. Ma, X. Yu, and C. Zhang. 2014. Antifungal activity of metabolites of the endophytic fungus *Trichoderma brevicompactum* from garlic. *Braz J. Microbiol* 45(1):248-254.
- Shoukamy, M.A., G.M. Guebitz, M.H.A. El-Katany, and H.M.A. Abdelzaher. 2006. Antagonism of *Trichoderma* or *Gliocladium* species on *Fusarium*. *J. of Natur Fibers* 3(2):1-17.
- Siameto, E.N., S. Okoth, N.O. Amugune, and N.C. Chege. 2010. Antagonism of *Trichoderma harzianum* isolates on soil borne plant pathogenic fungi from Embu District, Kenya. *J. of Yeast and Fungal Res.* 1(3):47-54.
- Sila, M.K.F. 2012. Efikasi nematoda *Steinernema* spp. terhadap *Spodoptera* spp. Skripsi. Fak. Pert., Jurusan Agrotek., Univ. Veteran Surabaya.
- Singh, H.B. 2013. *Trichoderma harzianum* elicit induced resistance in sunflower challenged by *Rhizoctonia solani*. *J. of Appl. Microbiol* 116:654-666.
- Stafford, K.C. and S.A. Allan. 2010. Field applications of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* F52 (Hypocreales: Clavicipitaceae) for the control of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *J. Med. Entomol.* 47(6):1107-1115.
- Sucipto. 2008. Nematoda entomopatogen *Heterorhabditis* isolat lokal Madura sebagai pengendalian hayati hama penting tanaman hortikultura yang ramah pada lingkungan. *Agrivigor* 2(1):47-53.
- Suganthi, M. and P. Sakthivel. 2013. Field evaluation of biopesticides against tobacco caterpillar *Spodoptera litura* Fab. infesting *Gloriosa superba* (Linn.). *J. Biopest* 6(2):90-95.
- Tarus, P.K., C.C. L. at-Thoruwa, A.W. Wanyonyi, and S.C. Chhabra. 2003. Bioactive metabolites from *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum*. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* 17(2):185-190.
- Tailliez, P., C. Laroui, N. Ginibre, A. Paule, S. Page, and N. Boemare. 2010. Phylogeny of *Photorhabdus* and *Xenorhabdus* based on universally conserved protein coding sequences and implications for the taxonomy of these two genera. *Syst. Evol. Microbiol.* 60:1921-1937.
- Uzlan, A.N., O.A. Gunyar, A. Yoltas, and N. Keskin. 2016. Isolation and identification of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* from Turkey. *J. of Entomol. Sci. Microbiol.* 25(12):5180-5185.
- Valadas, V., M. Laranjo, M. Mota, and S. Oliveira. 2013. A Survey of entomopathogenic nematode species in continental Portugal. *J. of Helminthology*:1-15.
- Wagiman, F.X., B. Triman, dan R.S. Astuti. 2003. Keefektivan *Steinernema* spp. terhadap *Spodoptera exigua*. *J. Perlantan. Ind.* 9:22-27.
- Warin, I., S. Chaiyawat, C. Chiradej, I. Montree, Sorwaporn, and C. Kan. 2009. Bioactive compound of antifungal metabolite from *Trichoderma harzianum* mutant strain for the control antracnose of chili (*Capsicum anum* L.). *The Philipne Agric. Sci.* 92(4):329-397.
- Wilson, P.S., E.O. Keula, P.M. Ahvenniemi, M.J. Lehtonen, and J.P.T. Valkonen. 2008. Dynamics of soilborne *Rhizoctonia solani* in the presence of *Trichoderma*

harzianum effects on stem canker, black scurf and progeny tubers of potato. Plant Pathol. 57:152-161.