



Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Sirkuler

TEKNOLOGI TANAMAN HEMPAN DAN INDUSTRI

Pemanfaatan Beberapa

MIKROBA

sebagai Biopestisida

Balai Penelitian Tanaman Hempah dan Aneka Tanaman Industri



Unit Penerbitan dan Publikasi

Balittri 2011

Pemanfaatan beberapa Mikroba sebagai Biopestisida

Penyunting

Ir. Bambang Eka Tjahjana

Ir. Edi Wardiana

Dani, SP., MSc

Ayi Ruslan

©Hak cipta dilindungi undang-undang, dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya dalam bentuk dan dengan cara apapun juga, baik secara mekanis maupun elektronis termasuk fotocopy rekaman dan lain-lain tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN : 978-602-98088-6-5

Unit Penerbitan & Publikasi

Balitri 2011

Alamat Redaksi :

Jln. Raya Pakuwon Km.2 Parungkuda-Sukabumi 43357,

e-mail : uppublikasi@gmail.com

Desain Sampul : Amrizal M Rivai

Setting : Dermawan P. dan Arifa N. Chan

ISBN : 978-602-98088-6-5

Sirkuler

Teknologi Tanaman Rempah dan Industri

PEMANFAATAN BEBERAPA MIKROBA SEBAGAI BIOPESTISIDA

Tanggal Terima : 11-7-2011

No. Induk : 1157/D/2011

Sumber : Beli Hadiah Tukar

**Khaerati
Gusti Indriati**



Unit Penerbitan dan Publikasi

Balitri 2011

KATA PENGANTAR

Pengendalian penyakit tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme telah dimulai sejak lebih dari 70 tahun yang lalu, ketika pertama kali diperkenalkan antibiotik yang dihasilkan mikroorganisme tanah. Sekarang ini sudah menjadi satu pilihan bahwa pengendalian hayati akan memainkan peranan penting dalam pertanian pada masa akan datang. Beberapa Mikroba yang potensial sebagai pengendali hama diantaranya adalah kelompok jamur: *Beuvaria bassiana*, *Verticillium lecani*, *Metharizium anisopliae*, dan kelompok nematoda, pengendali hayati yaitu: famili *Heterohabditis sp*, *Steinemematidae* dan *Mermithidae*. virus: *Nuclear Polyhedrosis Virus* (NPV). Sedangkan yang potensial digunakan dalam pengendalian penyakit dari kelompok jamur: *Trichoderma sp*, *Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)*, *Gliocladium sp*, kelompok bakteri : *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, *Streptomyces sp*, *Pasteuria penetrans*.

Buku ini menjelaskan proses pengendalian dari mikroba tersebut terhadap hama dan penyakit tanaman sebagai informasi untuk para peneliti, penyuluh, penentu kebijakan dan atau pengusaha pestisida hayati.

Kami mengucapkan terima kasih kepada penyusun yang telah bekerja keras, semoga buku ini menjadi pedoman untuk petani, penyuluh dan penentu kebijakan dalam pembangunan pertanian kedepan, diharapkan kritik dan saran membangun untuk kesempurnaan buku ini.

Balai Penelitian Tanaman Rempah
dan Aneka Tanaman Industri
Kepala,



Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
PENDAHULUAN.....	1
MIKROBA PENGENDALI HAMA	2
<i>Beuveria bassiana</i>	2
<i>Verticillium lecanii</i>	4
<i>Metharizium anisopliae</i>	7
<i>Heterorhabditis</i> sp.	7
Nematoda <i>Steinernema carpocapsae</i> (All)	8
Mermithidae	9
Nuclear Polyhedrosis Virus	10
MIKROBA PENGENDALI PENYAKIT	11
<i>Trichoderma harzianum</i>	11
<i>Pseudomonas</i> sp	13
<i>Bacillus</i> sp	15
FMA (<i>Fungi Mikoriza Arbuskulal</i>)	16
<i>Gliocladium</i> sp.	17
<i>Streptomyces</i> spp.	18
<i>Pasteuria penetrans</i>	19
KEPUSTAKAAN	20

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Inokulum <i>Beuveria bassiana</i> pada media Jagung(<i>Zea Mays</i>)	3
Gambar 2. Foto mikroskopis <i>Beuveria bassiana penetrans</i>	3
Gambar 3. <i>Verticillium lecanii</i>	6
Gambar 4. Foto Mikroskopis <i>Verticillium lecanii</i>	6
Gambar 5. Lalat yang terinfeksi <i>M. anisopliae</i>	7
Gambar 6. Infektif juvenil <i>Heterorhabditis</i> sp	8
Gambar 7. Infektif juvenil <i>Steinernema carpocapsae</i>	9
Gambar 8. <i>Mermithidae</i>	10
Gambar 9. NPV Polyhedra	11
Gambar 10. Jamur <i>Trichoderma</i> sp	12
Gambar 11. <i>Pseudomonas fluorescens</i>	14
Gambar 12. <i>Bacillus</i> sp	15
Gambar 13. Foto Mikroskopis <i>Bacillus subtilis</i>	16
Gambar 14. Cendawan Mikoriza arbuskula (FMA)	16
Gambar 15. <i>Glioc</i>	17
Gambar 16. Conidiophore dan konidia <i>Gliocladium</i> sp	18
Gambar 17. Koloni <i>Streptomyces</i> spp	18
Gambar 18. Foto Mikroskopis <i>Streptomyces</i> spp	19
Gambar 19. <i>Meloidogyne</i> parasitized by <i>Pasteuria penetrans</i>	20

PENDAHULUAN

Hama dan penyakit pada tanaman perkebunan, merupakan salah satu masalah yang memerlukan perhatian, karena keberadaannya berpengaruh terhadap hasil produksi. Dalam rangka mewujudkan pertanian sehat, maka upaya pengendalian hama dan penyakit dapat dilakukan menggunakan biopestisida dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri patogen, virus dan jamur. Biopestisida merupakan formulasi yang mengandung mikroba tertentu baik berupa jamur, bakteri, maupun virus yang bersifat antagonis terhadap mikroba lainnya (penyebab penyakit tanaman) atau menghasilkan senyawa tertentu yang bersifat racun baik bagi serangga (hama) maupun nematoda (penyebab penyakit tanaman).

Pengendalian khususnya pada penyakit tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme telah dimulai sejak lebih dari 70 tahun yang lalu, tepatnya pada tahun 1920 sampai dengan 1930 ketika pertama kali diperkenalkan antibiotik yang dihasilkan mikroorganisme tanah, tetapi beberapa percobaan belum berhasil sampai penelitian mengenai pengendalian hayati terhenti selama kurang lebih 20 tahun. Perhatian pakar penyakit tumbuhan terhadap metoda pengendalian hayati bangkit kembali ketika diadakan simposium internasional pengendalian hayati di Barkley pada tahun 1963. Sekarang ini sudah menjadi satu pilihan bahwa pengendalian hayati akan memainkan peranan penting dalam pertanian pada masa akan datang (Hasanudin, 2003).

Tanah merupakan tempat kehidupan mikroorganisme yang secara makro menguntungkan bagi makhluk hidup lainnya, termasuk manusia. Pencemaran lingkungan oleh pestisida merupakan salah satu masalah lingkungan yang menyebabkan gangguan terhadap mikroorganisme tanah. Penggunaan pestisida (insektisida, fungisida, dan herbisida) dalam pengendalian hama, penyakit dan gulma, yang menyerang tanaman merupakan bagian integral dari kegiatan budidaya tanaman modern yang intensif. Tanah dapat mengalami berbagai gangguan dengan adanya kegiatan aplikasi pestisida. Pestisida yang begitu banyak digunakan, baik dari segi jumlah maupun jenisnya telah menyebabkan habitat di permukaan bumi tercemar dan mengalami kerusakan. Organisme tanah yang mendapat pengaruh nyata akibat pencemaran pestisida antara lain: populasi cacing, fungi, bakteri, dan serangga tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan aplikasi jenis pestisida yang sesuai dengan hama dan penyakit yang menyerang tanaman, dan pemakaian sesuai petunjuk penggunaan seperti memperhatikan dosis, waktu, dan frekuensi aplikasi.

Mekanisme pengendalian biopestisida itu bersifat spesifik target, sehingga tidak menimbulkan hilangnya organisme nontarget. Kelebihan lain mampu mengoloni Rhizosfer (daerah perakaran tanaman) dengan cepat dan melindungi tanaman dari serangan jamur penyakit,

mempercepat pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan hasil produksi tanaman.

Beberapa mikroba yang potensial sebagai pengendali hama dari kelompok jamur: *Beuveria bassiana*, *Verticillium lecani*, *Metharizium anisoplia*. Dari kelompok nematode terdapat tiga famili yang dapat digunakan sebagai pengendali hayati yaitu: famili *Heterohabditis*, *Steinemematidae* dan *Mermithidae*. Sedangkan dari kelompok virus dapat digunakan *Nuclear Polyhedrosis Virus* (NPV).

Mikroba yang potensial digunakan dalam pengendalian penyakit adalah dari kelompok jamur: *Trichoderma sp*, *Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)*, *Gliocladium sp*, dan dari kelompok bakteri : *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, *Streptomyces sp*, *Pasteuria penetrans*.

MIKROBA PENGENDALI HAMA

Beuveria bassiana

Beuveria bassiana termasuk dalam filum *Ascomycota*, Ordo *Hypocrales*, Famili *Corycypiteceae*. (Bals.-Criv.) Vuill, 1912). Fungi ini merupakan agen pengendalian berbagai spesies serangga hama, baik yang hidup pada kanopi tanaman maupun yang di dalam tanah. *B. bassiana* menginfeksi tubuh serangga dimulai dengan kontak inang, masuk ke dalam tubuh inang, reproduksi di dalam satu atau lebih jaringan inang, kemudian kontak dan menginfeksi inang baru. *B. bassiana* masuk ke tubuh serangga inang melalui kulit, saluran pencernaan, spirakel dan lubang lainnya. Inokulum Fungi yang menempel pada tubuh serangga inang akan berkecambah dan berkembang membentuk tabung kecambah, kemudian masuk menembus kulit tubuh. Penembusan dilakukan secara mekanis dan atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim atau toksin. Pada proses selanjutnya, fungi akan bereproduksi di dalam tubuh inang dan akan berkembang menyerang seluruh jaringan tubuh, sehingga serangga mati. Miselia jamur menembus ke luar tubuh inang, tumbuh menutupi tubuh inang dan memproduksi konidia (Purnomo, H. 2005).

Serangga yang terserang jamur *B. bassiana* akan mati dalam hitungan hari dengan tubuh mengeras dan fungi tampak menutupi tubuh inang dengan warna putih. proses infeksi mula-mula terlihat jamur keluar dari tubuh serangga terinfeksi pada bagian alat tambahan (apendages) seperti antara segmen-segmen antena, antara segmen kepala dengan toraks, antara segmen toraks dengan abdomen dan antara segmen abdomen dengan cauda (ekor) (Purnomo, H. 2005).

Serangga yang telah terinfeksi *B.bassiana* selanjutnya akan mengkontaminasi lingkungan, baik dengan cara mengeluarkan spora menembus kutikula keluar tubuh inang, maupun melalui

fesesnya yang terkontaminasi. Serangga sehat kemudian akan terinfeksi. (Purnomo, H. 2005) Jalur ini dinamakan transmisi horizontal patogen (inter/intra generasi). (Purnomo, 2005; Hasyim 2005; Anonim, 2010)

Telah diketahui lebih dari 175 jenis serangga hama yang menjadi inang jamur *B. Bassiana* (Anonim 2006). Jamur ini efektif mengendalikan hama walang sangit (*Leptocorisa oratorius*) dan wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) pada tanaman padi serta hama kutu (*Aphis* sp.) pada tanaman sayuran (Purnomo, H. 2005; Anonim 2006). Menurut Gusti Indriati (2009) *B. bassiana* dapat mengendalikan penggerek batang lada sampai 40,67%. Patogenisitas terhadap hama sasaran cukup tinggi, sehingga pemanfaatan dalam pengendalian serangga hama perkebunan, seperti kapas, kelapa sawit, lada, kelapa dan teh memiliki prospek sangat baik.

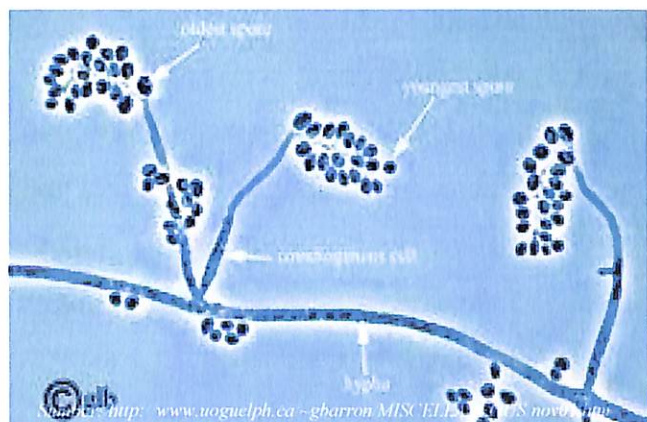
Karena *B.bassiana* dapat menyerang hampir semua jenis serangga, cendawan ini digolongkan ke dalam non-selektif pestisida sehingga dianjurkan tidak digunakan pada tanaman yang pembuahannya dibantu oleh serangga (Purnomo, H. 2005). Jenis-jenis serangga yang telah diketahui dapat dikendalikan dengan jamur ini, misalnya serangga pelubang batang kapas (*Plectodera scalator*) dan spesies dari *Populus*.

Hasil penelitian menunjukkan, *Beauveria bassiana* efektif untuk mengendalikan semut api, aphid, dan ulat grayak (*Spodoptera exigua*).

Penggunaan jamur ini sebagai produk komersial dilakukan dengan cara mengemas spora atau konidia dalam berbagai formula. Pelapisan spora menggunakan partikel liat akan memperpanjang masa hidup konidia. Pemakaian kapsul alginate untuk miselia juga dapat melindungi jamur ini



Gambar 1. Inokulum *Beuveria bassiana* pada media Jagung(*Zea Mays*)



Gambar 2. Foto mikroskopis *Beuveria bassiana*

dari sinar matahari dan dapat meningkatkan periode penyimpanannya. Penggunaan fungi ini untuk membasmi hama dapat dilakukan dengan beberapa metode Yaitu *B. bassiana* dipakai untuk jebakan hama. Adapun cara penggunaanya yaitu dengan memasukkan *B. bassiana* beserta alat pemikat berupa aroma yang diminati serangga (feromon) ke dalam botol mineral. Serangga akan masuk ke dalam

botol dan terkena spora. Akhirnya menyebabkan serangga tersebut terinfeksi. Cara aplikasi lain yaitu dengan metode penyemprotan. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian, ternyata *B. bassiana* bukan parasit bagi manusia dan invertebrata lain. Tapi, bila terjadi kontak dengan spora yang terbuka bisa menyebabkan alergi kulit bagi individu yang peka (Dinata, A. 2004; Anonim, 2010).

Verticillium lecanii

Verticillium lecanii (Zimmerman) Viegas atau *Cephalosporium lecanii* Zimmermann sebelumnya dikenal dengan nama *Cephalosporium lecanii* Zimmermann dan *lecanii Verticillium* (Zimmerman) Viegas. (Zare, R. Zare, R. and Gams, W; 2001. dan Gams, W; 2001) Spesies jamur ini pertama kali dijelaskan pada tahun 1861. Ia memiliki distribusi di seluruh dunia ditemukan di serangga (Anonim 2010). *V. lecanii* termasuk dalam divisi Deuteromycotina: Hyphomycetes. dapat digunakan untuk mengendalikan serangga hama terutama dari ordo Homoptera (Hoddle, 1999; Cloyd 2003) dan Hemiptera (Charnley 2003; Prayogo 2004).

Cendawan *V. lecanii* tumbuh baik pada suhu 18–30 °C dan kelembapan minimal 80%. Pada kelembapan lebih dari 90% cendawan tumbuh sangat baik (Cloyd 2003). Cendawan *V. lecanii* bersifat parasit, namun akan berubah menjadi saprofit bila kondisi tidak menguntungkan, misalnya dengan hidup pada serasah atau sisa-sisa hasil pertanian. Cendawan *V. lecanii* mampu hidup pada bahan organik yang mati dalam rentang waktu yang sangat panjang (Tanada dan Kaya, 1993).

Mekanisme Infeksi *V. lecanii* pada Serangga, Terdapat empat tahap etiologi penyakit serangga yang disebabkan oleh cendawan (Ferron, 1985). Tahap pertama adalah inokulasi, yaitu kontak antara propagul cendawan dengan tubuh serangga inang, Propagul cendawan *V. lecanii* berupa konidia. *V. lecanii* berkembang biak secara tidak sempurna (*imperfect fungi*) (Ferron, 1985). Selain konidia, organ lain seperti hifa juga berfungsi sebagai alat infeksi pada serangga inang. Pada proses tersebut senyawa mukopolisakarida memegang peranan sangat penting.

Tahap kedua yaitu proses penempelan dan perkecambahan propagul cendawan pada integumen serangga (Ferron, 1985; Butts, 2003; Kanga, *et al.* 2003). Kelembapan yang tinggi dan bahkan kadang-kadang air sangat diperlukan untuk perkecambahan propagul cendawan (Silva dan Messias, 1985; Chamdler, *et al.* 1993; Glare, *et al.* 1995). Pada tahap ini, konidia cendawan akan memanfaatkan senyawa-senyawa yang terdapat pada lapisan integumen serangga.

Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi pada tubuh serangga. Pada waktu melakukan penetrasi dan menembus integumen, cendawan membentuk tabung kecambah (*appresorium*) (Tyrrell dan MacLeod, 1975; Perry, *et al.* 1982; Bidochka, *et al.* 2000). Pada tahap ini, proses

tersebut sangat dipengaruhi oleh konfigurasi morfologi integumen dengan titik penetrasi kecambah cendawan (Santoso, 1993). Penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim dan toksin.

Keempat adalah destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya (Tanada dan Kaya, 1993; Lee dan Hou, 2003; Strack, 2003). Sekitar 48 jam setelah infeksi, serangga sudah mengalami kematian sebelum proliferasi blastospora (Tanada dan Kaya 1993).

Beberapa jenis cendawan entomopatogen mempunyai kurang lebih lima jenis enzim, yaitu khitinase, amilase, proteinase (Lee dan Hou, 2003), pospatase, dan esterase (Freimoser, *et al.* 2003). Namun, cendawan *V. lecanii* memproduksi dua senyawa metabolit, yaitu *dipicolonic acid* dan *cyclodepsipeptide* (Cloyd, 2003). Serangga juga mengembangkan system pertahanan diri dengan cara fagositosis atau enkapsulasi dengan membentuk granuloma (Gillespie dan Claydon, 1989; Huxham. *et al.* 1989; Gillespie *et al.* 1997; Charnley, 2003).

Pada waktu serangga mati, fase perkembangan saprofit cendawan dimulai dengan cara menyerang jaringan dan berakhir dengan pembentukan organ reproduksi baru kemudian menyebar ke seluruh tubuh serangga. Pada umumnya semua jaringan dalam tubuh serangga dan cairan tubuh habis digunakan oleh cendawan, sehingga serangga mati dengan tubuh yang mengeras seperti mumi. Pertumbuhan cendawan diikuti dengan pengeluaran pigmen atau toksin yang dapat melindungi serangga dari serangan mikroorganisme lain, terutama bakteri. Pertumbuhan cendawan tidak selalu menembus ke luar jaringan integumen serangga. Apabila keadaan kurang mendukung perkembangan saprofit maka pertumbuhan hanya berlangsung di dalam tubuh serangga. Oleh karena itu, cendawan membentuk struktur khusus yang dapat bertahan yaitu arthrospora (Ferron 1985).

Waktu aplikasi perlu diperhatikan karena cendawan entomopatogen sangat rentan terhadap sinar matahari khususnya sinar ultra violet (Altre dan Vandenberg, 2001; Cloyd, 2003). Bila terkena sinar matahari dalam waktu 4 jam, cendawan *V. lecanii* akan kehilangan viabilitas sebesar 16% (Suharsono dan Prayogo, 2005), dan bila terkena sinar matahari 8 jam, viabilitas berkurang hingga di atas 50%. Oleh karena itu, bila cendawan diaplikasikan pada musim kemarau perlu dihindarkan dari sinar matahari langsung dan sebaiknya aplikasi dilakukan pada saat kelembapan udara tinggi (sore hari). Aplikasi *V. lecanii* pada sore hari (setelah pukul 16.00) mampu menyebabkan kematian hama pengisap polong kedelai *R. linearis* hingga 80%.

Cendawan *V. lecanii* mudah tumbuh pada berbagai media, terutama pada medium *potato*

dextrose agar (PDA) dan beras. Di dalam cawan petri, diameter koloni dapat mencapai 4–5,50 cm pada 3 hari setelah inokulasi. Koloni cendawan berwarna putih pucat. Dua hari setelah inokulasi, cendawan sudah mampu memproduksi konidia. Kumpulan konidia ditopang oleh tangkai konidiofor yang membentuk pialid (*whorls*) seperti huruf V. Setiap konidiofor menopang 5–10 konidia yang terbungkus dalam kantong lendir. Konidia berbentuk silinder hingga elip, terdiri atas satu sel tidak berwarna (hialin).

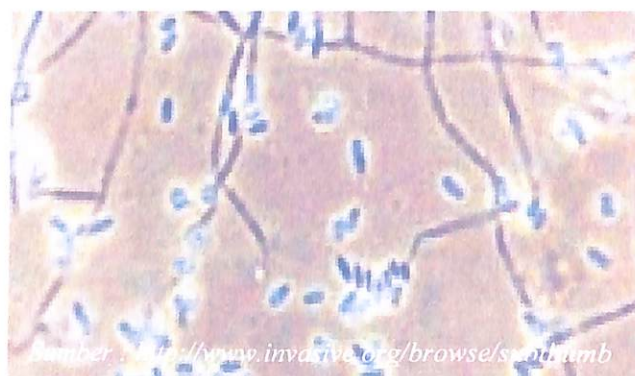
Teknik perbanyakan cendawan pada media beras adalah beras dimasukkan dalam kantong plastik kemudian disterilisasi dengan autoclave. Selanjutnya isolat cendawan *V. lecanii* diinokulasikan pada medium tersebut. Koloni cendawan akan tumbuh pada dua minggu setelah inokulasi. Biakan cendawan lalu diencerkan dengan air lalu disaring dengan kain kassa. Suspensi konidia cendawan dihitung dengan menggunakan haemocytometer hingga kerapatan konidia 10

pangkat 7, atau setara dengan 200 gram biakan cendawan umur dua minggu setelah inokulasi dalam 5 liter air (Prayogo 2003). Sebelum diaplikasikan, kedalam suspensi cendawan ditambahkan bahan perekat untuk melindungi konidia dari air hujan atau angin dan molase atau gula pasir sebagai cadangan energi bagi cendawan *Verticillium lecanii*. Aplikasi pada sore hari lebih efektif daripada pagi maupun siang hari (Nugroho, C. A. 2010).



Gambar 3. *Verticillium lecanii*

Keberhasilan pengendalian hama dengan cendawan entomopatogen juga ditentukan oleh konsentrasi cendawan yang diaplikasikan (Hall, 1980), yaitu kerapatan konidia dalam setiap mililiter air. Jumlah konidia berkaitan dengan banyaknya biakan cendawan yang dibutuhkan setiap hektar. Kerapatan konidia yang dibutuhkan untuk mengendalikan hama bergantung pada jenis dan populasi hama yang akan dikendalikan (Tohidin, *et al.* 1993; Wikardi 1993). Pada tanaman pangan, kerapatan konidia yang dibutuhkan lebih tinggi dibandingkan dengan pada tanaman perkebunan (Nugroho, C. A. 2010). Jamur *V. lecanii* pada dosis 4 g/ l air memberikan hasil yang optimum untuk pengelolaan kutu putih pada tanaman lada (*F. virgata*, *P. citri* dan *Nipaecoccus viridis*) (Kulkarni, *et al.*, 2003; Balfas, R., 2009).



Gambar 4. Foto Mikroskopis *Verticillium lecanii*
<http://www.invasive.org/browse/subthumb>

Metharizium anisopliae

Metharizium anisopliae termasuk dalam *phylum Ascomycota*, *Class Sordariomycetes*. *Family Clavicipitaceae* (Metchnikoff) Sorokin. Fungi ini tumbuh secara alami di tanah dan dapat digunakan sebagai pengendali hayati, bersifat parasit terhadap serangga. Spora berwarna hijau sehingga disebut muscardine hijau. Ketika terjadi mitosis (aseksual) spora (disebut konidia) dari jamur bersentuhan dengan tubuh serangga inang, fungi ini berkecambah membentuk hyfa, menembus kutikula. Jamur kemudian berkembang di dalam tubuh akhirnya membunuh serangga setelah beberapa hari. Efek yang mematikan ini karena adanya produksi peptida (*destruxins*). Kutikula kadang-kadang menjadi merah. Jika kelembaban cukup tinggi fungi akan menghasilkan spora yang awalnya berwarna putih kemudian berubah menjadi hijau.

Jamur entomopatogen diketahui menginfeksi lebih dari 200 jenis hama serangga, termasuk rayap (Cloyd, R. A. 1999). saat ini sedang digunakan sebagai biologis insektisida untuk



Sumber : <http://www.invasive.org/browse/subthumb>
Gambar 5. Lalat yang terinfeksi *M. anisopliae*

mengendalikan beberapa hama seperti rayap dan thrips, *Scapteriscus sp.*, semut api, *Selenopsis invicta*, larva kumbang seperti *Cetina nitida*, *Phyllophaga sp.*, dan *Rhizotrogus majalis*. *M. anisopliae* tidak menginfeksi manusia atau hewan lain dan dianggap aman sebagai insektisida yang aman.

M. anisopliae telah mengendalikan kumbang kelapa. Penggunaannya dilakukan dengan cara menebarkan spora jamur ke daerah perkawinan kumbang. Jamur yang telah ditebarkan kemudian akan menginfeksi larva dari hasil perkawinan tersebut. Dengan cara ini, ternyata dapat menghasilkan tingkat infeksi yang tinggi.

Keberadaan spora *M. anisopliae* ini dapat bertahan pada populasi kumbang kelapa sekira 2 tahun.

Keberadaan jamur *M. anisopliae* ini tidak dapat hidup sebagai saprofit di dalam tanah. Spora hanya tumbuh dalam tubuh serangga yang terinfeksi. Pertumbuhan optimal jamur ini terjadi pada suhu 27-28 derajat celcius dan akan menurun pada suhu yang rendah.

Heterorhabditis sp.

Heterorhabditis sp. merupakan salah satu jenis nematoda pathogen serangga yang dapat dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Nematoda ini memiliki panjang tubuh 260-715

μm dengan lebar tubuh 16-27 μm . Nematoda dewasa memiliki sistem reproduksi hermaphrodit. Serangga yang terserang *Heterorhabditis*, warna kutikulanya akan menjadi merah, merah bata atau oranye. Lubang ekskretori dan *nerve ring* larva infeksiif berada dibagian posterior (Bahari, 2000). Siklus hidup nematoda adalah dari telur, juvenile dan dewasa. Fase juvenile umumnya mengalami empat kali pergantian kulit sebelum mencapai dewasa. Nematoda memiliki sistem syaraf, sistem pencernaan dan sistem reproduksi. Sistem pencernaan terdiri dari stoma, esofagus yang terdiri atas corpus (*procorpus* dan *metacorporus*), *isthmus* dan *basal bulbs*, usus, rektum dan anus. Nematoda entomopatogen umumnya tidak memiliki stilet (Tanada & Kaya, 1993).

Hasil uji lapang menunjukkan rata-rata persentase mortalitas rayap tanah *C. curvignathus* dalam satu koloni akibat serangan nematoda *Heterorhabditis* sp. sebesar 94,40 % (Erningtyas, 2006). Mekanisme infeksi adalah Juvenil infeksiif *Heterorhabditis* sp. melakukan penetrasi pada integument inang. Setelah berhasil mepenetrasi, nematoda tersebut akan melepaskan bakteri simbiannya ke dalam hemolimf, selanjutnya bakteri berkembang dan akan membunuh inang setelah 24-48 jam (Ehlers dan Peters, 1995).

Gejala umum dan tanda serangga yang terinfeksi nematoda adalah serangga akan berhenti bergerak dan makan, lalu terjadi perubahan warna. Kematian serangga akan terjadi secara septisemia (keracunan darah) dalam waktu beberapa jam sampai tiga hari tergantung temperatur dan spesies nematoda (Burman 1982 dalam Perez & Lewis 2003). Serangga inang yang mati diakibatkan oleh *Heterorhabditis* dapat dikenali dengan adanya perubahan warna menjadi orange atau merah, dikarenakan pigmen yang dihasilkan oleh bakteri dan serangga inang yang mati (*cadaver*) dapat mependarkan cahaya (*luminesce*) pada waktu yang pendek.



Gambar 6. Infektif juvenil *Heterorhabditis* sp

Untuk hidup, nematoda memakan sel-sel bakteri simbiannya dan jaringan tubuh inang lalu akan menghasilkan 2-3 generasi yang akan keluar dari tubuh inang sebagai larva (*juvenil*) infeksiif yang selanjutnya akan menginfeksi inang baru. Semua juvenil *Heterorhabditis* akan menjadi hermaphrodit, sehingga hanya diperlukan satu individual untuk menginfeksi serangga inang agar dapat bereproduksi.

Nematoda *Steinernema carpocapsae* (All)

Steinernema carpocapsae yang hidup bebas dalam tanah berusaha menemukan inang ser-

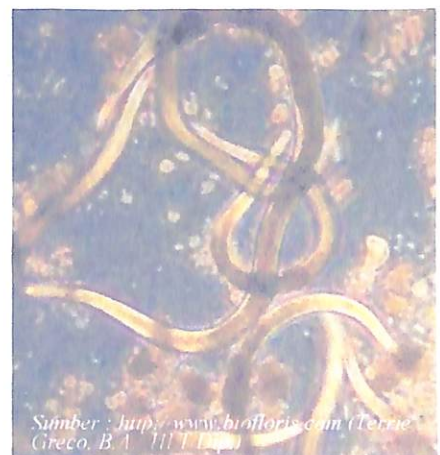
angga yang cocok. Nematoda masuk ke dalam tubuh inang dapat secara aktif maupun pasif. Apabila di alam menemukan inang yang cocok, nematoda akan berusaha masuk melalui anus, spirakel atau menembus daerah membran inter segmen. Kadang-kadang nematoda masuk ke dalam tubuh serangga melalui mulut secara tidak sengaja, yaitu karena serangga makan daun yang mengandung nematoda. Di dalam tubuh serangga nematoda berkembang biak dan menghasilkan instar infektif. Kematian serangga terjadi setelah 24 jam terinfeksi nematoda, bahkan setelah 48 jam tubuh serangga menjadi hancur selanjutnya nematoda berpencair keluar, ada yang jatuh ke tanah namun ada pula yang menempel pada daun. Kematian serangga tersebut disamping akibat kerusakan organ tubuh serangga akibat dimakan nematoda, juga akibat bakteri *X. nematophilus* yang bersimbiosis dengan nematoda.

Nematoda *Steinernema carpocapsae* ini memiliki gaya duduk dan menunggu. Mereka tinggal di dekat permukaan tanah dan menyergap hama seperti webworms, cutworms, armyworms (larva ulat), kumbang dan billbugs dan beberapa hama lainnya. Paling efektif pada suhu antara 22C-28C (Greco, T. 2010)

Beberapa penelitian melaporkan bahwa *S. carpocapsae* cukup efektif untuk mengendalikan hama. Menurut Kard, *et al.* (1988) menyatakan bahwa ulat *Phyllophaga* spp. (Scarabaeidae) dapat dikendalikan oleh *Steinernema feltiae* Filifjev dan *Heterorhabditis heliothidis*. Efektifitas pengendalian dengan nematoda ini sebesar 60-80 %. *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar dan *S. carpocapsae* juga bersifat patogenik terhadap ulat dan kepompong *Cylas formicarius elegantulus* (Jansson *et al.*, 1990). Mannion dan Jansson (1992) mencatat bahwa di laboratorium *S. carpocapsae* mampu menekan populasi *C. formicarius* hingga 25-60 %, bahkan penurunan populasi *C. formicarius* jantan mencapai 96 - 100 %. Sementara itu Raulstom *et al.* (1992) menyatakan bahwa *Steinernema* sp. mampu memparatisasi prakepompong *Helicoverpa zea* Boddie dan kepompong *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. Parasitisasi nematoda ini di lapangan mencapai 34 % terhadap prakepompong *H. zea* dan 24,2 % terhadap kepompong *S. frugiperda*. Nematoda tersebut dapat pula digunakan untuk mengendalikan ulat *Agrotis ipsilon* Hufnagel (Buhler dan Gibb, 1994).

Mermithidae

Mermithidae adalah merupakan nematoda yang endoparasit yang ditemukan di arthropoda. Pada awal 1877, *Mermithidae* tercatat sebagai salah



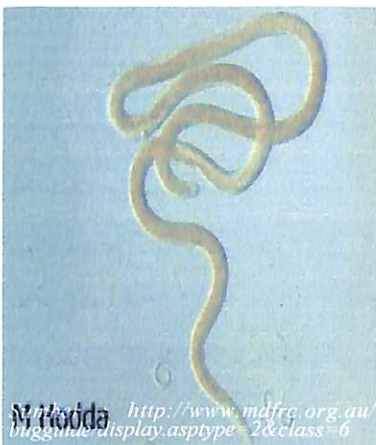
Gambar 7. Infektif juvenil *Steinernema carpocapsae*

satu dari sembilan subdivisi dari *Nematoidea* Lankester (1877). *Mermithidae* adalah confusable dengan cacing bulu kuda dari filum *Nematomorpha*.

Mermithidae merupakan parasit, terutama dari arthropoda. Sebagian besar parasit serangga, tapi ada pula yang ditemukan dari laba-laba, kalajengking dan Crustasea. Beberapa diketahui parasitize cacing, lintah dan moluska (Poinar, 1985), sebanyak 25 jenis yang diketahui parasitize larva nyamuk, sehingga *Mermithidae* cukup besar potensinya sebagai pengendali biologis (Platzer, (1981).

Mermithidae adalah seperti kawat halus dan memiliki kutikula dengan lapisan serat spiral. Pembukaan genital wanita di midbody, sedangkan laki-laki membuka pada ujung dan terlihat sebagai satu atau dua spikula. Telur yang diletakkan baik di air atau di darat, dan larva yang baru menetas bebas-hidup (Rubzov, 1972).

Nematoda obligat ini dapat dilihat dengan mata biasa, dimana betina dewasanya berukuran panjang 5-20 cm atau lebih, meskipun masih ramping. Satu *Mermithidae* membunuh serangga hama, menyelesaikan siklus hidupnya pada satu serangga itu, kemudian meninggalkan inangnya dan masuk ke lingkungan. Beberapa serangga hama yang diserang adalah nyamuk, lalat, wereng daun, dan belalang. *Romanomermis culicivorax*, juvenilnya hidup dalam larva nyamuk dalam beberapa minggu, kemudian keluar dari tubuh inangnya sekaligus membunuh inangnya. Mereka akan berada di sediment bawah dari habitat perairan, berkembang menjadi jantan dan betina, kemudian kawin, memproduksi juvenil infeksi pada musim selanjutnya. *Phasmorhabditis hermaphrodita* telah dikembangkan untuk membunuh moluska hama di Inggris (Rimansyah, E. A., 2010).



Gambar 8. *Mermithidae*

Nuclear Polyhedrosis Virus

Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV) termasuk famili *Baculoviridae* dari genus *Baculovirus*. Sebagai parasit obligat, NPV hanya dapat berkembang pada sel-sel hidup. Menurut Tanada dan Kaya (1993), NPV memiliki beberapa keunggulan antara lain: inangnya spesifik, efektif, persisten di alam (tanah, air, tanaman), persisten dalam populasi inang rendah, dan kompatibel dengan cara pengendalian yang lain termasuk insektisida botani dan kimia (Mandal, *et al.*, 2003; Binay dan Devendra, 2002; Indrayani, *et al.*, 2006). Namun demikian, kelemahan utama NPV adalah mudah dirusak oleh sinar ultraviolet yang menyebabkan efektivitasnya terhadap inang menurun. Oleh karena itu, menghindarkan NPV dari pengaruh ultraviolet merupakan cara untuk mempertahankan efektivitasnya.

tasnya.

NPV banyak menginfeksi serangga dan setiap spesies mempunyai spesifik spesies. NPV menginfeksi lebih dari 500 spesies, Lepidoptera adalah inang yang penting dari NPV. Partikel infeksi dari virus atau virion ini dapat terbungkus oleh single SNPV atau multiple MNPV. Polyhedra dari NPV mengandung beberapa sampai banyak virion.

Sesudah tertelan oleh inang dan akan bereproduksi di dalam sel midgut, atau jaringan lain dan organ serangga menjadi terinfeksi terutama tubuh lemak, epidermis dan sel darah. Serangga yang terinfeksi umumnya akan mati setelah 5-12 hari sesudah infeksi tergantung pada dosis virus, temperatur dan stadia larva instar ketika terjadi infeksi. Seperti pada serangan cendawan, perilaku seperti *summit diseases* terjadi pada serangga yang terserang NPV. Serangga yang akan mati akan naik ke atas tanaman dimana mereka mati dan. Jutaan polyhedra yang terkandung pada cairan tubuh serangga yang mati dan pecah akan jatuh ke bawah dalam feeding zone (daun, sisa-sisa daun) yang mungkin akan termakan oleh ulat sehat yang lain.

NPV juga kompatibel dengan komponen pengendalian yang lain, misalnya *Bacillus thuringiensis* (Indrayani, 2005), serbuk biji mimba, karena insektisida botani ini merupakan salah satu faktor pemacu peningkatan infeksi NPV terhadap hama sasaran (Shapiro *et al.*, 1994; Rabin-dra *et al.*, 1998; Murugan *et al.*, 1999). Sebagai pemacu infeksi NPV disebabkan serbuk biji



Gambar 9. NPV Polyhedra

mimba mengandung senyawa azadirachtin yang aktif mengganggu pertumbuhan dan perkembangan ulat, yaitu sebagai penolak makan (*antifeedant*) dan penghambat pertumbuhan (*growth inhibitor*). Di samping itu secara individu maupun kombinasi, NPV dan SBM aman bagi perkembangan musuh alami (parasitoid maupun predator) (Ma-Deling, *et al.*, 2000; Mann dan Dhaliwal, 2001). Beberapa insektisida kimia, seperti endosulfan

dan fenvalerat dilaporkan kompatibel dengan NPV, sehingga kombinasi tersebut potensial sebagai komponen pengendalian hama secara terpadu (PHT) (Jaques dan Morris, 1981).

MIKROBA PENGENDALI PENYAKIT

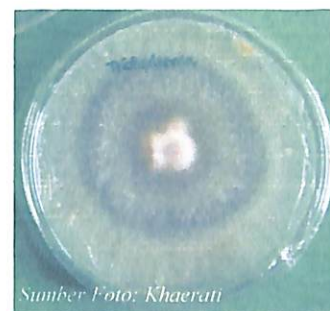
Trichoderma harzianum

Trichoderma harzianum adalah jamur saprofit tanah yang secara alami merupakan parasit

yang menyerang banyak jenis jamur penyebab penyakit tanaman (spektrum pengendalian luas). Dapat menjadi hiperparasit pada beberapa jenis jamur penyebab penyakit tanaman, pertumbuhannya sangat cepat dan tidak menjadi penyakit untuk tanaman tingkat tinggi.

Miselium *T. Harzianum* mempunyai hifa bersepta, bercabang dan mempunyai dinding licin, tidak berwarna, berdiameter 1,5 μm – 12 μm . Percabangan hifa membentuk sudut siku-siku pada cabang utama. Cabang-cabang utama konodiofor berdiameter 4 μm – 5 μm dan menghasilkan banyak cabang-cabang sisi yang dapat tumbuh satu-satu tetapi sebagian besar berbentuk dalam kelompok yang agak longgar dan kemudian berkembang menjadi daerah-daerah seperti cincin. Pada ujung koniofor terbentuk konidiospora berjumlah 1 – 5, berbentuk pendek, dengan kedua ujungnya meruncing dibandingkan dengan bagian tengah, berukuran 5-7 μm x 3 – 3,5 μm , di ujung konidiospora terdapat konidia berbentuk bulat, berdinding rata dengan warna hijau suram, hijaunkeputihan, hijau terang atau agak kehijauan (Rifai, 1964 dalam Tindaon, 2008)

T. harzianum merupakan jamur antagonis yang sangat penting untuk pengendalian hayati Mekanisme pengendalian *T. harzianum*. yang bersifat spesifik target, mengoloni rhizosfer dengan cepat dan melindungi akar dari serangan jamur patogen, mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil produksi tanaman, menjadi keunggulan lain sebagai agen pengendali hayati. Aplikasi dapat dilakukan melalui tanah secara langsung, melalui perlakuan



Sumber Foto: Khaerati
Gambar 10. Jamur *Trichoderma* sp

benih maupun melalui kompos. Selain itu *T. harzianum* sebagai jasad antagonis mudah dibiakkan secara massal, mudah disimpan dalam waktu lama dan dapat diaplikasikan sebagai *seed furrow* dalam bentuk tepung atau granular /butiran, mudah dimonitor dan dapat berkembang biak, sehingga keberadaannya di lingkungan dapat bertahan lama serta aman bagi lingkungan, hewan dan manusia lantaran tidak menimbulkan residu kimia berbahaya yang persisten di dalam tanah.

Jamur *T. harzianum* dalam menekan pertumbuhan pathogen mampu memproduksi senyawa racun (antibiotic) berupa trichodermin, trichodermol dan chrysophanol yang dapat menyebabkan lisis pada hifa jamur lain. Hasil penelitian Susanna, 2000 dalam Trianto dan Gunawan. S., 2003, menunjukkan bahwa *T. harzianum* isolat Lampung mampu menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada tanaman pisang. Nurjannani, 2001 dalam Trianto dan Gunawan. S., 2003, bahwa pemakaian *T. harzianum*. dapat mengendalikan penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*. Aplikasi pupuk kandang dapat dilakukan bersama-sama dengan aplikasi alang-alang dan agen hayati (*T. harzianum*) untuk menekan terjadinya serangan *P. capsici* .

Trichoderma sp dapat mengendalikan *Phytophthora capsici* dalam waktu 3 hari setelah aplikasi (di laboratorium).

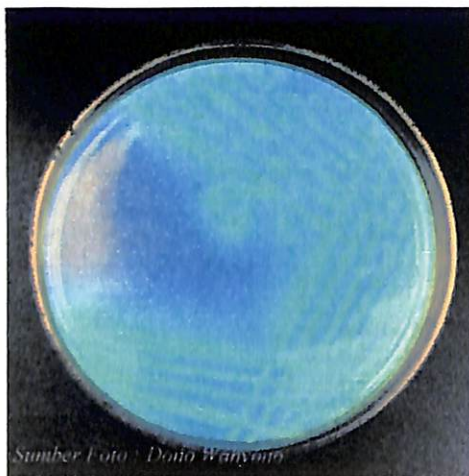
Langkah-langkah memperbanyak *Trichoderma* adalah menggunakan media Campuran (sekam dan bekatul) dengan perbandingan 1:3 dalam bak plastik atau menggunakan pupuk kandang. Berikan air kedalam media tersebut kemudian aduk sampai rata. Tambahkan air sampai kelembaban media mencapai 70 % (dapat di cek dengan meremas media tersebut, tidak ada air yang menetes namun media menggumpal), media dimasukkan kedalam kantong plastik, media disterilisasi menggunakan dandang yang diisi air sebanyak 1/3 volume dandang selama 1 (satu) jam. Sterilisasi diulang 2 (dua) kali, setelah media dingin sterilkan kembali media selama 1 jam. Sterilisasi bertingkat ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisme yang masih dapat bertahan pada proses sterilisasi pertama. Media ditiriskan di dalam ruangan yang lantainya telah beralas plastik yang sebelumnya digunakan semprot alas plastik menggunakan Alkohol 96%. Ratakan permukaan media dengan ketebalan 1-5 cm. media di semprot dengan suspensi jamur *Trichoderma* (isolat jamur *Trichoderma* yang telah dilarutkan kedalam air, 1 (satu) isolat dilarutkan dengan 500 ml air). Tutup dengan plastik lalu inkubasikan selama 7 (tujuh) hari. Ruangan inkubasi diusahakan minim cahaya, dengan suhu ruangan berkisar 25-27 °C. Diamati pertumbuhan jamur *Trichoderma*, jamur sudah dapat dipanen setelah seluruh permukaan media telah ditumbuhi jamur *Trichoderma*, (koloni jamur berwarna hijau).

***Pseudomonas* sp**

Diseluruh dunia perhatian kepada golongan bakteri *Pseudomonas* sp. ini dimulai dari penelitian yang dilakukan di University of California, Barkeley pada tahun 70-an. *Pseudomonas* merupakan salah satu genus dari Famili *Pseudomonadaceae*. Bakteri ini berbentuk batang lurus atau lengkung, ukuran tiap sel bakteri 0.5-0.1 μm x 1.5-4.0 μm , tidak membentuk spora dan bereaksi negatif terhadap pewarnaan Gram. *Pseudomonas* terbagi atas grup, diantaranya adalah subgrup berpendarfluor (*Fluorescent*) yang dapat mengeluarkan pigmen *phenazine*.

Kebolehan menghasilkan pigmen *phenazine* juga dijumpai pada kelompok tak berpendarfluor yang disebut sebagai spesies *Pseudomonas multivorans*. Sehubungan itu maka ada empat spesies dalam kelompok *Fluorescent* yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescent*, *P. putida*, dan *P. Multivorans* telah diteliti sebagai agen pengendalian hayati penyakit tumbuhan (Hebbbar, et al. 1992; Weller, 1983).

Pseudomonas sp dapat berfungsi sebagai rizobakteri perangsang per tumbuhan tanaman (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*, PGPR). sehubungan dengan kemampuannya meng-



Gambar 11. *Pseudomonas fluorescens*

telah menimbulkan ketahanan terhadap serangan penyakit hawar disebabkan *P. syringe* pv. *phaseolicola*. Maurhofer, et al. (1994) mengatakan *P. fluorescens* strain CHAO menyebabkan ketahanan pada tumbuhan tembakau terhadap serangan virus nekrotik tembakau. *Pseudomonas* spp. dapat menstimulir timbulnya ketahanan tanaman terhadap infeksi jamur patogen akar, bakteri dan virus.

Leeman et al. (1995) menyatakan bahwa ekstrak lipopolisakarida (LPSs) dari membran luar *P. fluorescens* WCS417 menyebabkan ketahanan sistemik terhadap infeksi *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* pada tumbuhan bunga *carnation*. Voisard, et al (1989) mendapati bahwa sianida yang dihasilkan *P. fluorescens* stroin CHAO merangsang pembentukan akar rambut pada tumbuhan tembakau dan menekan pertumbuhan *Thielaviopsis basicola* penyebab penyakit busuk akar, diduga bahwa sianida mungkin penyebab timbulnya ketahanan sistemik (ISR). Maurhofer, et al (1994) mengatakan bahwa siderofor pyoverdine dari *P. fluorescens* strain CHAO adalah sebab timbulnya ketahanan sistemik pada tumbuhan tembakau terhadap infeksi virus nekrosis tembakau.

Howell dan Stipanovic (1979) dalam Aguskrismo (2011) telah mengidentifikasi antibiotik pyrrolnitrin dari kultur *P. fluorescens*. Pada penetiannya, antibiotik ini sangat efektif menekan pertumbuhan *Rhizoctonia solani*, patogen penyebab penyakit rebah kecambah pada anak tanaman kapas. Antibiotik ini juga menekan pertumbuhan jamur lain yang berinteraksi dengan penyakit rebah kecambah diantaranya *Thielaviopsis basicola*, *Alternaria* sp., *Verticillium dahliae*, dan beberapa jenis *Fusarium*, bagaimanapun dikatakan bahwa antibiotik ini tidak berpengaruh terhadap *Pythium ultimum*. Selanjutnya Howell dan Stipanovic (1979) dalam Aguskrismo (2011) mengatakan bahwa perlakuan bakteri *P. fluorescens* pada tanah yang terkontaminasi *R. solani* telah menambah ketahanan anak tanaman kapas terhadap patogen tersebut 30-79 persen, sedangkan perlakuan antibiotik pyrrolnitrin menambah ketahanan 13-70 persen. Ini berarti bakteri

P. fluorescens berpotensi sebagai agen pengendalian hayati penyakit tumbuhan.

Howell dan Stipanovic (1980) telah mengidentifikasi dalam Aguskrino (2011) *P. fluorecens* strain Pf-5 yang antagonis terhadap *Pythium ultimum*. Dari kultur *P. fluorescens* Pf-5 diisolasi antibiotik pyolutcorin (4,5-dichloro-1 H-pyrrol-2-yl-2,6-dihydrokxy-phenyl ketone). Antibiotik ini menekan pertumbuhan *P. ultimum* tapi tidak berpengaruh terhadap *R. solani*. Perlakuan benih kapas langsung dengan kultur bakteri *P. fluorecens* Pf-5 telah menambah ketahanan benih terhadap serangan *P.ultimum* 28-71 persen, sedangkan perlakuan benih dengan antibiotik pyoluteorin meningkatkan ketahanan benih 33-65 persen. Kedua percobaan di atas menunjukkan bahwa penggunaan langsung kultur bakteri *P. fluorescen* lebih efektif mengendalikan penyakit dibandingkan penggunaan antibiotiknya.

***Bacillus* sp**

Genus *Bacillus*, seperti *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium* dan *Bacillus pumilus* dapat berperan sebagai agen biokontrol untuk mengendalikan penyakit tanaman diantaranya pertumbuhan jamur *Fusarium* sp. Bakteri dari genus *Bacillus* dilaporkan dapat menghasilkan beberapa peptida yang berperan sebagai antibiotik dan antifungi, seperti: *subtilin*, *subtilisin*, *mycobacillin*, *subsporin*, *iturin*, *Cerexin*, *surfactin*, *bacillomycin*, *bacilysin*, asam 10 sianida, *fengycin* dan *bacilysocin* (Katz and Demain, 1977; Tamehiro, *et al.*, 2002; Schaechter, 2004; Berkeley *et al.*, 2002).

Sintesis antibiotik pada *Bacillus* dikontrol oleh beberapa gen yang ekspresinya dikontrol sesuai dengan kondisi lingkungan tempat bakteri hidup (Schaechter, 2004). Bakteri ini mampu menghasilkan enzim degradatif makromolekul yang bisa menghancurkan dinding sel jamur, seperti protease (intraseluler) dan beberapa enzim yang disekresikan pada medium seperti levansukrase, glukonase, amilase, xilanase, kitinase dan protease (Kunst and Rapoport, 1995; Schaechter, 2004).

Dinding sel *Fusarium* sp tersusun atas 39% kitin, 29% glukon, 7% protein dan 6% lemak (Webster and Weber, 2007). Kandungan kitin pada dinding sel jamur *Fusa-*

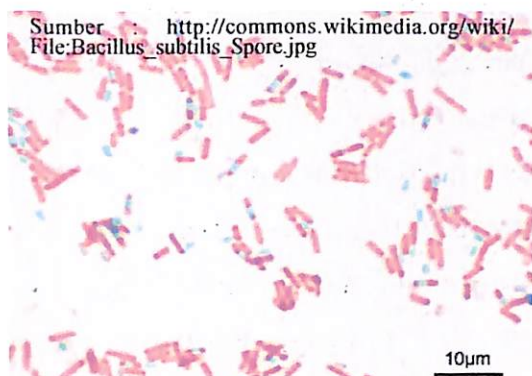
rium sp ini akan memicu pembentukan enzim degradatif oleh *Bacillus*. Keuntungan penggunaan *Bacillus* sp adalah karena bakteri ini membentuk spora yang mudah disimpan dan mempunyai daya hidup lebih lama, dan relatif mudah diinokulasikan kedalam tanah.



Sumber : <http://www.asmvlab.org>

ASM MicrobeLibrary.org © Hedetniemi and Liao

Gambar 12. *Bacillus* sp



Gambar 13. Foto Mikroskopis *Bacillus subtilis*

Menurut Tombe, M (2009) kombinasi penggunaan fungisida nabati (cengkeh dan nimba) disertai pemberian pupuk organik yang telah diperkaya dengan agensia hayati (*Bacillus* sp., *Trichoderma* sp. dan *Cytopaga* sp.) dapat menekan serangan penyakit busuk jamur akar putih pada jambu mete antara 47 - 80%. Bahkan telah dihasilkan produk Bio-FOB menggunakan 3 jenis mikroorganisme yaitu *Fusarium oxysporum* non patogenik *Bacillus pantotkenticus* dan *Trichoderma lactae*

serta ekstrak tanaman cengkeh dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, terutama pada Busuk Batang Vanili.

FMA (*Fungi Mikoriza Arbuskula*)

FMA termasuk ke dalam kelas Zygomycetes, ordo Glomales dan genus Gigaspora, Scutellospora, Acaulospora, Entrophospora, Glomus, dan Sclerocystis. Terdapat sekitar 150 jenis (spesies) spora cendawan MVA yang telah dideskripsi (Morton dan Benny, 1990). FMA juga merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan sebagai agensia pengendali hayati yang potensial sebagai biokontrol patogen disekitar perakaran tanaman perkebunan.

Beberapa mekanisme biokontrol FMA terhadap patogen disekitar perakaran tanaman lada adalah Perbaikan Nutrisi tanaman yaitu meningkatkan penyerapan unsur hara terutama unsur P, terjadinya peningkatan serapan hara menghasilkan tanaman yang lebih baik sehingga dapat bersifat toleran terhadap patogen.

Kompetisi hara dan infeksi akar pada tanaman inang, adanya jaringan hifa eksternal FMA membungkus permukaan akar, menyebabkan akar tanaman terhindar dari serangan patogen. Terbungkusnya permukaan akar oleh mikroba ini menyebabkan infeksi patogen akar terhambat. FMA menggunakan semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok bagi patogen.

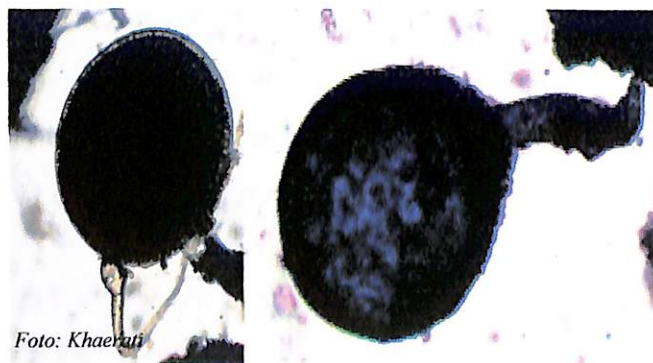


Foto: Khaerati

Gambar 14. Cendawan Mikoriza arbuskula (FMA)

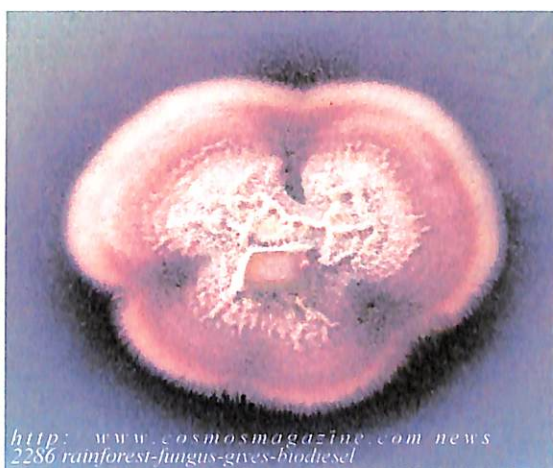
Perubahan morfologi dan jaringan akar yaitu adanya peningkatan lignifikasi pada sel-sel endodermis pada tanaman yang terkolonisasi FMA, dan berspekulasi bahwa respons semacam itu merupakan penyebab berkurangnya penyakit layu *Fusarium*

Melalui produksi antibiotik, FMA yang dapat melepaskan antibiotik sehingga mematikan patogen Sehingga dapat mengurangi perkembangan penyakit busuk akar yang disebabkan oleh *Phytophthora*, mengurangi serangan nematode (Octavitani Nocie, 2009). Perubahan fisiologis dapat juga terlibat pada pengaruh lokal terhadap patogen akar. (Dehne *et al.*, 1978 dalam Simanungkalit, R.D.M., 1996) menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi kitinase anti cendawan pada akar FMA dan mengusulkan bahwa peningkatan akumulasi arginin pada akar FMA menekan sporulasi *Thielaviopsis*. Pada umumnya tanaman bermikoriza mengalami kerusakan lebih sedikit daripada tanaman tidak bermikoriza dan serangan penyakit berkurang atau perkembangan patogen dihambat (Dehne, 1982).

Gliocladium sp.

Gliocladium sp. dapat mematikan, menghambat dan menghancurkan pertumbuhan cendawan patogen dalam tanah yang dapat menyerang tanaman (fungisidal dan fungistatik), bekerja dengan cara menjadi parasit pada cendawan patogen atau dengan bersaing mendapatkan hara maupun ruang, atau membunuhnya dengan antibiotik. *Gliocladium sp.* Mengeluarkan zat antibiotik *gliovirin* dan *Viridin*. *Gliovirin* adalah merupakan senyawa yang menghambat pertumbuhan beberapa cendawan dan bakteri dan *viridin* dapat menghambat pertumbuhan cendawan.

Gliocladium sp mampu mengendalikan patogen tular tanah yang disebabkan oleh *Fusarium sp*, *Phythium sp*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium sp*, *Pseudomonas solanacearum* dan

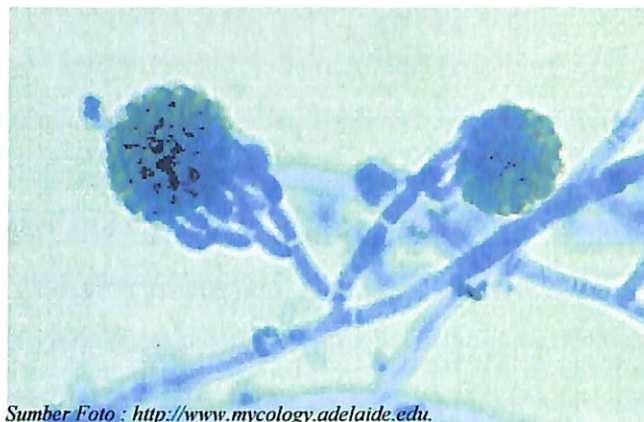


Gambar 15. *Gliocladium roseum*

Ganoderma boninense. Rata2 persentase pengendalian *Gliocladium* pada patogen berkisar antara 35,5% dan 91,6%. *Gliocladium* tumbuh baik pada tanah yang agak masam dengan pH 4-6 dan kelembaban 20-30%. Beberapa spesies *Gliocladium* yang telah digunakan sebagai bahan untuk mengendalikan cendawan patogen antara lain adalah *G. roseum*, *G. fimbriatum*, *G. virens*, dan *G. deliquescens*.

Genus *Gliocladium* mirip *Penicillium* dengan konidia berlendir. Koloni tumbuh cepat, berbulu

halus di tekstur, awalnya berwarna putih kadang-kadang merah muda , menjadi hijau tua setelah terbentuk sporulasi.. Ciri khas genus *Gliocladium* tampak padat dengan penicillate conidiophores dengan phialides yang beruang berlendir, hialin bersel satu untuk hijau, konidia berdinding halus di kepala atau kolom. Selain conidiophores penicillate spesies *Gliocladium* juga dapat menghasilkan verticillate conidiophores percabangan yang mirip dengan *Verticillium* atau *Trichoderma*.



Sumber Foto : <http://www.mycology.adelaide.edu>.

Gambar 16. Conidiophore dan konidia *Gliocladium* sp.

Streptomyces spp.

Streptomyces merupakan bakteri Gram positif, Bakteri ini nonmotil dan berfilamen. Familia *Streptomycetaceae* yang memiliki kemampuan membentuk spora dan banyak ditemukan pada tanah yang alami (Paustian, 1999), bakteri ini juga dapat ditemukan pada tumbuhan yang membusuk (Madigan, MT dan Martinko, JM. 2006; Dharmawan, dkk. 2009). *Streptomyces* dikelompokkan ke dalam kelompok bakteri karena struktur sel yang tidak memiliki membran inti dan mitokondria (Di Salvo, 2002), serta struktur dinding selnya yang mengandung peptidoglikan (Paustian, 1999; Dharmawan, *et al.* 2009).

Streptomyces dikenal juga karena memproduksi senyawa volatil yaitu *Geosmin* yang memiliki bau khas pada tanah (Madigan, MT dan Martinko, JM. 2006). *Streptomyces* termasuk ke dalam golongan *Actinomyces* yaitu bakteri yang memiliki struktur hifa bercabang menyerupai fungi dan dapat menghasilkan spora (Srivibool R dan Sukchotiratana M. 2006).

Karakteristik *Streptomyces* yang lain adalah koloni mereka yang keras, berbulu dan tidak/



Sumber : <http://www.childrensauthor.co.uk/science.htm>

Gambar 17. Koloni *Streptomyces* spp.

jarang berpigmen. *Streptomyces* adalah organisme kemoheteroorganotrof yaitu organisme yang mampu menggunakan materi organik yang kompleks sebagai sumber karbon dan energi. Materi yang mereka dapatkan berasal dari degradasi molekul ini di dalam tanah. Karena sifat ini bakteri ini penting untuk menjaga tekstur dan kesuburan tanah. Bakteri ini memiliki suhu optimal untuk pertumbuhan pada 25°C

dan pH 8-9 (Paustian, T. 2008).

Streptomyces jarang bersifat patogen, tetapi beberapa spesies seperti *S. somaliensis* dan *S. sudanensis* dapat menyebabkan mycetoma serta dapat menyebabkan penyakit scabies pada tanaman disebabkan oleh *S. caviscabies* dan *S. Scabies* (Paredes, MGP et al. (2007) dan Hahn, D et al (1992). Borodina *et al.* (2005) dan Lestari (2001) menyatakan bahwa, *Streptomyces* sangat menarik perhatian para ahli bakteriologi karena kemampuannya dalam mensintesis metabolit sekunder berupa bahan antimikroba atau antibiotik.



Gambar 18. Foto Mikroskopis *Streptomyces* spp

Manfaat *Streptomyces* spp. adalah sumber utama senyawa antibiotik .Saat ini, *Streptomyces* memproduksi lebih dari dua pertiga antibiotik alami yang berguna secara klinis. Streptomycin adalah salah satu contoh antibiotik terkenal yang berasal dari *Streptomyces*. Antibiotik primer tersebut dapat diaplikasikan pada manusia (sebagai obat antikanker, immunoregulator) atau digunakan sebagai herbisida, agen anti-parasit, dan penghasil beberapa enzim penting untuk industri makanan dan industri lainnya (Okami Y, Hotta K. 1988). *Streptomyces* dikenal karena kemampuannya untuk mensintesis senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain, antara lain *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, dan *Shigella dysenteriae* (Dhanasekaran, D *et al.* 2005)

Antibiotik yang dihasilkan oleh *Streptomyces* sangat banyak, antara lain neomisin dan kloramfenikol (Kieser, T., 2000). Selain itu antibiotik streptomisin juga dinamakan berdasarkan bakteri penghasilnya, yaitu *Streptomyces griseus* (Waksman, SA., 1969). Antibiotik yang dihasilkan oleh genus ini antara lain nystatin dari *S. noursei*, amphotericin B dari *S. nodosus*, natamycin dari *S. natalensis*, erythromycin dari *S. erythreus*, neomycin dari *S. fradiae*, streptomycin dari *S. griseus*, tetrasiklin dari *S. rimosus*, vancomycin dari *S. orientalis*, rifamycin dari *S. mediterranei*, chloramphenicol dari *S. venezuelae*, puromycin dari *S. alboniger* dan lincomycin dari *S. Lincolnensis* (Watve, et al., 2001).

Pasteuria penetrans

Pasteuria penetrans termasuk parasit obligat, perkembangbiakannya hanya dapat terjadi dalam inang hidup yaitu nematoda. *P. penetrans* menghasilkan spora yang menempel pada

kutikula nematoda. Jika pada tanah kepadatan spora *P. penetrans* tinggi maka tingkat infeksi nematoda pada akar menjadi sangat berkurang. Spora bakteri ini akan melekat pada nematoda yang terdapat pada sistem perakaran, sehingga terparasit dan akan mencegah terjadi produksi telur.

Sampai saat ini *P. penetrans* belum dapat dibiakkan secara in vitro dengan menggunakan media buatan. Bakteri ini tersebar luas di berbagai daerah serta dapat bertahan hidup lama di dalam tanah karena mampu membentuk spora yang tahan terhadap kekeringan dan input pertanian. Dilaporkan bahwa *P. penetrans* mampu menekan populasi *Meloidogyne Incognita* pada tanaman tembakau, kacang tanah, dan tomat. Menurut Sunarto, T dkk (2009) *Paecilomyces fumosoroseus* dan *P. penetrans* yang diaplikasikan bersama mampu menurunkan jumlah telur, dan jumlah larva II *Meloidogyne* spp. di dalam tanah, dan hasil buncis lebih tinggi dari pada jika diaplikasikan sendiri-sendiri.



Gambar 19. *Meloidogyne* parasitized by *Pasteuria penetrans*

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat telah membuat tiga macam formula *P. penetrans* yaitu formula kapsul, pelet, dan kompos. Ketiga formula tersebut telah diuji di laboratorium, rumah kaca maupun di lapang. Hasil penelitian di lapang selama 2 tahun pada kebun lada petani di Bangka membuktikan bahwa bakteri tersebut mampu menekan populasi nematoda dan perkembangan penyakit kuning serta meningkatkan produktivitas tanaman lada yang terserang nematoda. Kombinasi penggunaan *P. penetrans* dengan kapur pertanian memberikan hasil yang terbaik.

KEPUSTAKAAN

- Anonim . 2006. Balai Penelitian Tanaman Hias. *Beauveria bassiana* pengendali hama tanaman. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Indonesia* 28(1): 11-12.
- Anonim.2010.*beuveriabassiana*.<http://www.eol.org/pages/160292>http://id.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana. Akses 23 Agustus 2010
- Bals. -Criv. Vuill. *Beauveria bassiana*.1912. <http://www.eol.org/pages/160292>http://id.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana. Akses 23 Agustus 2010.
- Balfas, R. 2009. Status Penelitian Serangga Vektor Penyakit Kerdil Pada Tanaman Lada. Balai Penelitian Tanaman Obat Dan Aromatik. Diterima Tanggal 11 Januari 2009. Disetujui Tanggal 11 Mei 2009. Perspektif Vol. 8 No. 1 / Juni 2009. Hlm 42 – 51. Issn: 1412-8004
- Bahari R. 2000. Inventarisasi Nematoda Entomopatogen *Steinernema spp* dan *Heterorhabditis spp* pada Tanaman Hortikultura di Jawa Timur. Karya Tulis Ilmiah Universitas Jember. Jember.
- Bidochka, M.J., A.M. Kamp, and J.N.A. Decroos. 2000. Insect pathogenic fungi: from genes to populations. *Fungal. Pathol.* 171-193.
- Bio Fob: Teknologi Aplikasi Mikroba Pada Tanaman. [Http://Biofob.Blogspot.Com/2008_05_01_Archive.Html](http://Biofob.Blogspot.Com/2008_05_01_Archive.Html).Akses 31 Agustus 2010
- Borodina, I., P. Krabben and J. Nielsen. 2005. Genome-scale Analysis of *Streptomyces coelicolor* A3(2) Metabolism.
- Butts, E. 2003. *Metarhizium anisopliae* strain F52 biopesticide fact sheet. US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides.htm> dalam <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010.
- Buhler, W.G.; T.J. Gibb. 1994. Persistence of *Steinernema carpocapsae* and *S. glaseri* (Rhabditida: Steinernematidae) as Measured by Their Control of Black Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Bentgrass. *J-econ-entomol.* Lanham, Md. : Entomological Society of America, 87 (3) . 638-642.
- Chandler, D., J.B. Heale, and A.T. Gillespie. 1993. Germination of entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* on scales of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Biol. Sci. Tech.* (3): 161-164.
- Charnley, K. 2003. Fungal pathogens of insects from mechanisms of pathogenicity to host defense. Department of Biology and Biochemistry, University of Bath. http://www.bath.ac.uk/expertise/showperson.php?employee_number=573 dalam <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010.
- Cloyd, R. A. (1999). "The Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*". *Midwest Biological Control News* VI (7). <http://www.entomology.wisc.edu/mbcn/kyf607.html>. Dalam http://en.wikipedia.org/wiki/Metarhizium_anisopliae. Akses 24 agustus 2010
- Cloyd, R. 2003. The entomopathogen *Verticillium lecanii*. *Midwest Biological Control News*. University of Illinois. <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/DG7373.html> [22 Maret 2005]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010.
- Dharmawan, I E, Dkk., 2009. Isolasi *Streptomyces Spp*. Pada Kawasan Hutan Provinsi Bali Serta Uji Daya Hambatnya Terhadap Lima Strain Diarrheagenic *Escherichia Coli*. *Aboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi F.Mipa Unud Bukit Jimbaran – Bali dan Laboratorium Biokimia, Jurusan Biologi F.Mipa Unud Bukit Jimbaran – Bali*. Jurnal Biologi

- Xiii (1) : 1 – 6. Issn : 1410 5292. *Ejournal.Unud.Ac.Id/Abstrak/Artikel-1.Pdf*. Akses 3 Agustus 2010
- Dhanasekaran D et al. 2005. Screening of salt pans Actinomycetes for antibacterial agents. *The Internet J Microbiol* 1:2.
- Dinata A. 2004. Jamur: insektisida biologis yang ramah lingkungan. [terhubung berkala <http://www.pikiranrakyat.com/cetak/0404/15/cakrawala/penelitian.htm>. [12 September 2007]. dalam [dhttp://www.eol.org/pages/160292http://id.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana](http://www.eol.org/pages/160292http://id.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana). Akses 23 Agustus 2010.
- Di Salvo, A. 2002. Actinomycetes. Available at : *ejournal.unud.ac.id/abstrak/artikel-1.pdf*. akses 3 agustus 2010.
- Erningtyas, T. 2006. Efikasi Nematoda Entomopatogen *Heterorhabditis* sp. Dan *Steinernema* sp. Isolat Bogor Sebagai Bioinsektisida Terhadap Rayap Tanah *Captothermes curvignathus* Holmgren (Isoptera:Rhinotermitidae). Tesis Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Ferron, P. 1985. Fungal control. *Comprehensive Insect Physiology. Bioch. Pharmacol.* (12):313–346
- Freimoser, F.M., S. Screen, S. Bagga, G. Hu, and R.J. St. Leger. 2003. Expressed sequence tag (EST) analysis of two subspecies of *Metarhizium anisopliae* reveals a plethora of secreted proteins with potential activity in insect hosts. <http://mic.sgmjournals.org/cgi/content/abstract/149/1/239.htm> Microbiology (149): 239–247. Dalam <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010
- Greg Dwyer, Ph.D.2010. Host-pathogen, spatial ecology, mathematical modelling, mathematical biology, population ecology, population dynamics, disease ecology, disease resistance, gypsy moth, polyhedrosis virus, baculovirus. Associate Professor Department of Ecology & Evolution. Committee on Evolutionary Biology.Biological Sciences Collegiate Division <http://pondside.uchicago.edu/ecolevol/people/dwyer.html>. akses 30 agustus 2010.
- Gliocompost Berpeluang Menggantikan Fungisida Sintetis. Balithi. Cainjur. [Www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/wr25103j.pdf](http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/wr25103j.pdf). Akses 24 Agustus 2010.
- Glikodium*. [http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_\(hyaline\)/Gliocladium](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/Gliocladium). Akses 25 agustus 2010
- Glare, T.R., R.J. Townsend, and S.D. Young. 1995. Temperature limitations on field effectiveness of *Metarhizium anisopliae* against *Costelytra zealandica* (White) (Coleoptera: Scarabidae) in Canterbury. The New Zealand Plat Protection Society Incorporated. http://www.horner.co.nz/publications/nzpps/proceeding/94/94_266.htm. dalam <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010.
- Gillespie, A.T. and N. Claydon. 1989. The use of entomogenous fungi for pest control and the role of toxin in pathogenesis. *PesticideSci.* (27): 203–215.
- Gillespie, J.P., M.R. Kanost, and R. Trenczek. 1997. Biological mediators of insect immunity. *Ann. Rev. Entomol.* (42): 611–643.
- Gusti Indriati. 2009. Pengendalian Hama Penggerek Batang Lada dengan Memanfaatkan Pestisida Nabati dan Musuh Alami. Laporan Tahunan Balittri.
- Hahn D, Amann RI, Ludwig W, Akkermans AD, Schleifer KH. 1992. Detection of micro-organisms in soil after in situ hybridization with rRNA-targeted, fluorescently labelled oligonucleotides. *J Gen Microbiol* 138:879-887.
- Hasyim A, Azwana, Mu'minin K. 2005. Cara mudah mendapatkan jamur entomopatogen, *Beauveria bassiana*, dari tanah dengan teknik umpan serangga. <http://www.balitbu.go.id/infotek1.htm>. dalam http://www.eol.org/pages/160292http://id.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana. Akses 23 Agustus 2010

- Hasanudin. (2003). *Peningkatan Peranan Mikroorganisme dalam Sistem Pengendalian Penyakit Tumbuhan Secara Terpadu*. (Online). Tersedia : <http://library.usu.ac.id/download/fp/fp-hasanuddin.pdf> [Diakses tanggal 23 Juni2009].
- Huxham, I.M., A.M. Lackie, and N.J. McCorkindale. 1989. Inhibitory effects of cyclodepsipeptides, destruxins, from the fungus *Metarhizium anisopliae*, on cellular immunity in insects. *J. Insects Physiol.* (35): 97-107.
- Hoddle, M.S. 1999. The biology and management of silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown ornamentals. <http://www.biocontrol.ucr.edu/bemisia.html#verticillium> [5 April 2004]. Dalam . <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010.
- Jansson, R.K.; S.H. Lecrone; R.R. Gaugler & G.C. Smart, Jr. 1990. Potential of Entomopathogenic Nematodes as Biological Control Agents of Sweetpotato Weevil (Coleoptera: Curculionidae). *J. Econ. Entomol.* 83(5): 1818-1826.
- Kard, B.M.R.; F.P. Hain & W.M. Brooks. 1988. Field Supression of Three White Grub Species (Coleoptera : Scarabaeidae) by the Entomogenous Nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. *J. Econ. Entomol.* 81(4):1033-1039.
- Kanga, L.B.B., W.A. Jones, and R.R. James. 2003. Field trials using fungal pathogen, *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes: Hyphomycetes) to control the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* (Acari:Varroidae) in honey bee, *Apis mellifera* (Hymenoptera:Apidae) colonies. *J. Entomol.* (96): 1.091-1.099. <http://www.bioone.org/bioone/> dalam <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010
- Kunst, F and Rapoport, G.(1995).” Salt Stress Is an Environmental Signal Affecting Degradative Enzyme Synthesis in *Bacillus subtilis*”. *Journal of Bacteriology*.177,(9), 2403-2407.
- Katz, E. and Demain,A.L.(1977). ”The Peptide Antibiotics of *Bacillus*: Chemistry,Biogenesis, and Possible Functions”. *ASM Bacteriological Review*,41,(2),449-474.
- Kieser T, Bibb MJ, Buttner MJ, Chater KF, Hopwood DA. 2000. Practical Streptomyces Genetics. Norwich: John Innes Foundation. Hal. 15-23.
- Kulkarni, R., J.R. Kadam and U.N. Mote. 2003. Efficacy of *Verticillium lecanii* against mealy bug on pomegranate. *Journal of Applied Zoological Researches* 14 (1): 59- 60.
- Lankester, Professor (1877). "Subdivisions of the Nematoidea" . *Quarterly Journal of Microscopical Science* (Clarendon Press) 17 : 449 . <http://books.google.com/?id=EbEVAAYAAJ&pg=PA449&dq=Mermithidae+date:1600-1880> .
- Lee, P.C. and R.F. Hou. 2003. Pathogenesis of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* in the smaller brown planthopper *Laodelphax striatellus*. *Chinese J. Entomol.* (9): 13-19. <http://www.entsoc.org.tw/english/journal/9vol/nol/2.htm> dalam Strack, B.H. 2003. Biological control of termites by the fungal entomopathogen *Metarhizium anisopliae*. http://www.utoronto.ca/forest/termite/metani_1.htm. dalam <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010
- Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare & W. Gams. <http://www.invasive.org/browse/subthumb.cfm?sub=12317&aut=21946>. Akses 24 agustus 2010. Invasive. Org. Center For Invasive Spesies And Ecosystem Health
- Lestari, Y. 2001. Ekologi dan Keragaman Hayati Bakteri Penghasilnya. Dalam Pelatihan Mikrobiologi Dosen – Dosen. Perguruan Tinggi Negeri Se-Jawa dan Bali. Jurusan Biologi FMIPA-IPB Dirjen Perguruan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- Mannion, C.M. & R.K. Jansson. 1992. Comparison of ten entomopathogenic nematodes for control of sweetpotato weevil (Coleoptera: Apionidae). *J. Econ. Entomol.* Lanhan, Md.:

- Entomological Society of America*. 85(5): 1642-1650.
- Madigan MT, Martinko JM. 2006. Brock Biology of Microorganisms. Ed ke-11. New Jersey: Pearson Education. Hal. 88-95. Mermithidae. <http://en.wikipedia.org/wiki/Mermithidae>. akses 30 agustus 2010.
- Mycology online. Gliocladium sp. Http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_%28hyaline%29/Gliocladium. The University of Adelaide. Australia. Akses 24 Agustus 2010.
- Nematoda (round worms). <http://www.mdfr.org.au/bugguide/display.asp?type=2&class=6>. Akses 30 agustus 2010
- Nugroho, C. A., 2010. Pengenalan dan Karakteristiknya *Verticillium lecanii*. Petani Pengembang Agensi Pengendali Hayati (P2aph). Jombang – Jawa Timur. <http://p2aph.wordpress.com/2010/01/20/36/>. Posted 20 Januari 2010. Akses 30 agustus 2010.
- Perry, D.F., D. Tyrrell, and A.J. Delyzer. 1982. The mode of germination of *Zoophthora radicans* zygospores. *Mycologia* (74): 549– 554.
- Petersen, JJ (1985) "Nematodes as biological control agents: Part 1. Mermithidae", pp 307–344. Petersen, JJ (1985) "Nematodes sebagai agen kontrol biologis: Bagian 1". Mermithidae, hal 307-344. In: Baker, JR & Muller, R. (eds). *Advances in Parasitology*. Dalam: Baker, JR & Muller, R. (eds) *Parasitologi. Kemajuan*. Academic Press, London. Academic Press, London.
- Paustian T. 2008. Microbiology and bacteriology: The world of microbes. [terhubung berkala]. http://www.bact.wisc.edu/microtextbook/index.php?module=Book&func=displayarticle&art_id=93 [25 Apr 2009].
- Paredes MGP et al. 2007. Catheter-related bacteremia due to *Streptomyces*: Clinical significance of *Streptomyces* isolation in cultures. *Rev Clin Esp* 1:21-23.
- Paustian, T. 1999. Microbiology and Bacteriologi. The World of Microbes Streptomyces. Available at : <http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/index.php> in ejournal.unud.ac.id/abstrak/artikel-1.pdf. akses 3 agustus 2010.
- Platzer, EG (1981) "Biological control of mosquitoes with mermithids." *Journal of Nematology* 13 :257–262. Platzer, EG (1981) "kontrol biologi nyamuk dengan mermithids *Nematology*." *Jurnal* 13 :257-262.
- Purnomo H. 2005. Patogen serangga. http://www.eol.org/pages/160292http://id.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana. Akses 23 Agustus 2010.
- Prayogo, Y. 2004. Keefektifan lima jenis cendawan entomopatogen terhadap hamapengisap polong kedelai *Riptortus linearis* L. (Hemiptera: Alydidae) dan dampaknya terhadap predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae). Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 51 hlm.
- Poinar, GO 1985. "Mermithid (Nematoda) parasites of spiders and harvestmen." *Journal of Arachnology*, 13 : 121–128 "Mermithid (Nematoda) parasit laba-laba dan harvestmen 13." *Jurnal Araknologi*, : 121-128 .
- Rimansyah, E.A. 2010. Nematoda Entomopatogen. <http://erlanardianarismansyah.wordpress.com/2010/01/02/nematoda-entomopatogen/>. Posted 2 Januari 2010. Akses 6 September 2010
- Rainforest fungus gives off biodiesel. 2008. <Http://www.cosmosmagazine.com/news/2286/rainforest-fungus-gives-biodiesel> News. Agence France-Presse. Wednesday, 5 November 2008. Akses 30 Agustus 2010.
- Rubzov, A. (1972). "Aquatic Mermithidae of the Fauna of the USSR", Vol. "Perairan Mermithidae dari Fauna dari" Uni Soviet, Vol. 1. 1. (Zoological Institute, Academy of Science USSR). (Zoological Institut, Akademi Sains Uni Soviet).

- Raulston, J.R. ; S.D. Pair; J. Loera & H.E. Cabanillas. 1992. Prepupal and Pupal Parasitism of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Steinernema* sp. in Cornfield in the Lower Rio Grande Valley. *J. Econ. Entomol.* 85(5): 1666-1670.
- Santoso, T. 1993. Dasar-dasar patologi serangga. Dalam E. Martono, E. Mahrub, N.S. Putra, dan Y. Trisetyawati (Ed.). Risalah Simposium Patologi Serangga I, Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Institut Pertanian Bogor.
- Schaechter, M.(2004). *The Desk Encyclopedia of Microbiology*. California U.S.A : Elsevier Academic Press. Webster, J. and Weber, R.W.S.(2007). *Introduction of Fungi*. New York: Cambridge University Press.
- Silva, J.C. and C.L. Messias. 1985. Virulence of *Metarhizium anisopliae* to *Rhodnius prolixus*. *Cienc. Cult.* (7): 37-40.
- Srivibool R, Sukchotiratana M. 2006. Bioprospective of actinomycetes isolates from coastal soils: A new source of antimicrobial producers. *Songklanakarin J Sci Technol* 28(3):493-499.
- Streptomyces. <http://id.wikipedia.org/wiki/Streptomyces>. akses 24 Agustus 2010.
- Sunarto, T., Luciana Djaja, Rika Meliansyah. 2009. Pengendalian Biologi Nematoda *Meloidogyne* Spp. Dengan Jamur *Paecilomyces Fumosoroseus* Dan Bakteri *Pasteuria Penetrans* Serta Pengaruhnya Terhadap Tanaman Buncis (*Phaseolus Vulgaris* L.) Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jatinangor, Bandung (40600). *Bionatura. Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik* Vo. 11, No.1, Maret 2009
- Tanada, Y. and H.K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, Inc., California.
- Terrie Greco, B.A.; HLT Dip. http://www.biofloris.com/blog_en/?p=349. What do nematodes look like? 2010. Akses 25 agustus 2010
- Tamehiro, N. et al.(2002). "Bacilysocin, a Novel Phospholipid Antibiotic Produced by *Bacillus subtilis* 168". *Journal of Antimicrobial Agents And Chemotherapy*. 46,(2), 315-320
- Tombe, M. 2009. Pemanfaatan Pestisida Nabati Dan Agensi Hayati Untuk Pengendalian Penyakit Busuk Jamur Akar Putih Pada Jambu Mete. Balai Penelitian Tanaman Obat Dan Aromatik. http://Balittro.Litbang.Deptan.Go.Id/Eng/Index.Php?Option=Com_Content&View=Section&Layout=Blog&Id=0&Limitstart=45. Friday, 21 August 2009 14:09. Akses 30 Agustus 2010.
- Tyrrell, D. and D.M. MacLeod. 1975. *In vitro* germination of entomophthora aphidis resting spores. *Can. J. Bot.* (53): 1.188-1.191.
- Verticillium*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Verticillium>. akses 30 agustus 2010.
- Virus dan Protozoa Entomopatogenik. 2 Januari 2010 pada 9:28 pm (artikel, entomopatogen) . <http://erlanardianarismansyah.wordpress.com/2010/01/02/virus-dan-protozoa-entomopatogenik/>. sumber :<http://aiyushirota.com/?p=151>.
- Waksman SA. 1969. Success and failure in the search for antibiotics. *J Appl Microbiol* 2:54-58.
- Watve MG, Tickoo R, Jog MM, Bhole BD. 2001. How many antibiotics are produced by the genus *Streptomyces*? *Arch Microbiol* 176(5):386-390.
- Wei G., Kloepper J.W., Tuzun S., 1991. Induction of systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum orbiculare* by select strains of plant growth-promoting rhizobacteria. *Phytopathology* 81: 1508-1512.
- Yusmani Prayogo Dan Suharsono. 2005. Optimalisasi Pengendalian Hama Pengisap Polong Kedelai (*Riptortus Linearis*) Dengan Cendawan Entomopatogen *Verticillium Lecanii*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan Dan Umbi-Umbian, Kotak Pos 66, Malang 65101. Akses 24 Agustus 2010. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(4), 2005
- Zare, R. Zare, R. and Gams, W. (2001). dan Gams, W. (2001). A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. Revisi sekte *Verticillium*. *Prostrata*. III. III. Generic classification. Generik klasifikasi. *Nova Hedwigia*. Nova Hedwigia. 72. 72. 329-337. 329-337.

PEDOMAN PENULISAN

1. Sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Industri merupakan publikasi semi ilmiah yang memuat hasil penelitian komoditas tanaman rempah dan tanaman industri yang belum pernah diterbitkan.
2. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 1,5 spasi, dalam format MS Word, font New Times Roman 12, 25 halaman.
3. Judul ringkas, padat, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan serta tidak lebih dari 15 kata.
4. Penyusun ditulis tanpa gelar.
5. Kata pengantar ditulis secara ringkas menghantarkan informasi dan tujuan penerbitan sirkuler ini.
6. Struktur naskah terdiri dari pendahuluan, informasi teknologi dan analisa usahatani.
7. Ucapan terima kasih bila dipandang perlu dapat dikemukakan diakhir naskah.
8. Bahan bacaan, memuat nama pengarang, tahun penerbit, judul tulisan, terbitan, volume, nomor seri dan kota terbitan, disusun secara alfabetis, mengacu pada model standar.
9. Naskah dikirim kepada Unit Penerbitan & Publikasi Balittri sebanyak satu eksemplar disertai file elektronik atau melalui e-mail: uppublikasi@gmail.com.

