

Pengendalian Terpadu Busuk Pangkal Batang Lada

DONO WAHYUNO

Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika
Indonesian Medicinal and Aromatic Crops Research Institute
Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111

Diterima 23 Januari 2009. Disetujui 11 Mei 2009

ABSTRAK

Lada (*Piper nigrum* L) merupakan komoditi rempah yang penting untuk meningkatkan pendapatan petani di Indonesia. Daerah pusat pengembangan lada, banyak terdapat di Lampung, Bangka dan akhir-akhir ini berkembang di Kalimantan. Penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora capsici* merupakan kendala dalam budidaya lada di Indonesia. Penyakit ini telah tersebar luas hampir di semua pertanaman lada di Indonesia. Naskah ini menguraikan kemajuan penelitian dan pengalaman di lapang terhadap usaha pengendalian BPB. Pengendalian yang lazim dilakukan oleh petani adalah menggunakan fungisida sintetik. Pengendalian dengan cara kimia sering dilakukan saat harga lada tinggi, dan sebaliknya petani tidak memelihara kebunnya dengan baik saat harga lada turun. Akibatnya, BPB menjadi masalah yang serius pada banyak pertanaman lada untuk saat ini. *P. capsici* mempunyai spora yang dapat bergerak dan berenang secara aktif pada lapisan air yang terdapat pada tanah. Hal tersebut membuat *Phytophthora* mudah tersebar melalui tanah yang terkontaminasi, bagian tanaman yang terserang atau terbawa oleh aliran air yang ada dipermukaan tanah. *Phytophthora* asal lada mempunyai dua tipe kawin, yaitu A1 dan A2 yang memungkinkan mereka untuk melakukan reproduksi secara seksual di daerah-daerah dimana kedua tipe kawin tersebut ada. Hasil perkawinan seksual memungkinkan *Phytophthora* lada menghasilkan turunan yang lebih ganas daripada induknya yang sudah ada. Usaha untuk mengembangkan komponen teknologi pengendalian telah dilakukan dengan mengedepankan pengendalian BPB yang ramah lingkungan, murah dan dapat dilakukan oleh petani lada. Komponen teknologi yang telah dikembangkan meliputi kultur teknis, aplikasi agen hayati dan kimia apabila terjadi ledakan serangan, serta usaha untuk menciptakan tanaman tahan. Memadukan komponen teknologi tersebut tidak dapat memusnahkan semua *P. capsici* yang ada di dalam tanah, tetapi mampu menekan perkembangan dan penyebarannya apabila dilakukan secara baik dan benar, sehingga kehilangan hasil dapat ditekan dan penggunaan fungisida dapat diminimalkan. Saran

implementasi IPM meliputi peningkatan keragaan vigor tanaman dengan menerapkan budidaya anjuran, menekan perkembangan populasi *P. capsici* melalui aplikasi agen hayati, seperti *Trichoderma*; sedangkan pemakaian fungisida hanya dilakukan sebagai pilihan terakhir kalau perkembangan penyakit semakin serius, serta peningkatan pengetahuan petani melalui berbagai pelatihan teknis. Untuk memaksimalkan implementasi IPM memerlukan keterlibatan secara aktif semua pihak terkait, termasuk petani, departemen terkait, dan peneliti.

Kata kunci: Busuk pangkal batang, lada, IPM, *Phytophthora*, *Piper nigrum*

ABSTRACT

Integrated Control of Foot Rot Disease of Black Pepper

Black pepper (*Piper nigrum*) is important crop for increasing farmer income in Indonesia. Traditional pepper planting areas are Lampung and Bangka-Belitung provinces, as well as new planting areas in Kalimantan provinces. Foot rot disease caused by *Phytophthora capsici* is the main constraint in pepper cultivations in these areas. The disease is widely distributed in almost all pepper cultivations. This paper describes information on the research progresses on foot rot disease control methods and field experiences on controlling the disease on black pepper. Control method of the foot rot disease by farmers is commonly using synthetic fungicides. This practice was only applied when the price of pepper is high. Otherwise, farmers only applied minimal cultivation practices. As the result, the foot rot disease becomes more serious problem on pepper plantations throughout Indonesia. Spores of *P. capsici* is actively swimming on water film, therefore, the fungus is easily disseminates through contaminated soil, diseased planting materials or running water of soil surface. The fungus has two mating types, A1 and A2 that makes sexual reproduction possible in some areas where both mating types exist. The sexual reproduction may produce progenies that are more virulent than their parents. Therefore, it is important to minimize distribution of planting materials

contaminated with the different matting types into a certain location to prevent new strain of *P. capsici*. Attempts to control the disease have been conducted with focusing on technologies that is eco-friendly, cheap and simple (easy to be handled and adopted by farmers). The eco-friendly technologies included improving cultural practices, application of biological control agents, and fungicide is applied when necessary. An initial effort to find resistant or tolerant black pepper varieties had also been studied. Integrated pest management (IPM) by combining those available technologies will not eradicate *P. capsici* totally, but it will reduce the population of the fungus to a certain level that lessens the damage or yield lost. Implementation of the IPM includes increasing plants vigor through conducting proper planting activities followed by suppressing of fungal population through incorporating of biological control agent, such as *Trichoderma*; while fungicide application is the last resort, as well as improving farmers knowledge various technical trainings. To maximize the IPM implementation by farmers, it requires active participation from all involved stakeholders, government official services and researchers.

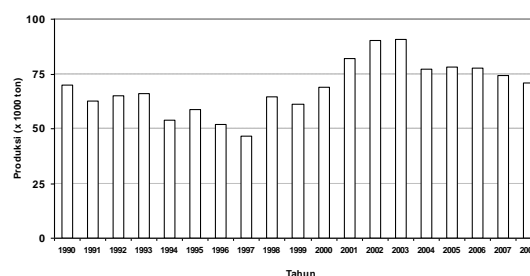
Keywords: Foot rot disease, black pepper, *Phytophthora*, *Piper nigrum*, IPM

PENDAHULUAN

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan salah satu di antara komoditas tanaman rempah yang mempunyai nilai ekonomi paling tinggi. Nilai devisa yang dihasilkan dari ekspor lada pada tahun 2004 sebesar US \$ 73.845 (IPC-FAO, 2005), yang berasal dari ekspor lada hitam 32.000 ton dan lada putih 13.760 ton. Di Indonesia, tanaman lada sebagian besar diusahakan oleh petani dalam bentuk perkebunan rakyat yang menyerap banyak tenaga kerja (Manohara *et al.*, 2006). Secara tidak langsung, usahatani lada telah menghidupi ribuan petani di Indonesia, khususnya di daerah pengembangan tanaman lada dimana tanaman pangan tidak dapat tumbuh dengan baik.

Daerah pengembangan lada adalah Lampung yang terkenal dengan lada hitamnya (*Lampung Black Pepper*), dan Bangka yang lebih dikenal dengan lada putihnya (*Muntok White Pepper*). Selain itu, banyak pengembangan pertanian lada baru di Kalimantan Barat, Kalimantan

Tengah dan Kalimantan Timur, serta Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara (Manohara *et al.*, 2006). Namun demikian, produksi total lada Indonesia, akhir-akhir ini cenderung menurun (Gambar 1). Salah satu penyebabnya adalah gangguan berbagai macam penyakit, khususnya penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) disebabkan oleh cendawan *Phytophthora capsici* Leonian. Penyakit ini sangat ditakuti petani karena dapat menyebar dengan cepat dan mematikan tanaman dalam waktu singkat (Manohara *et al.*, 2005).

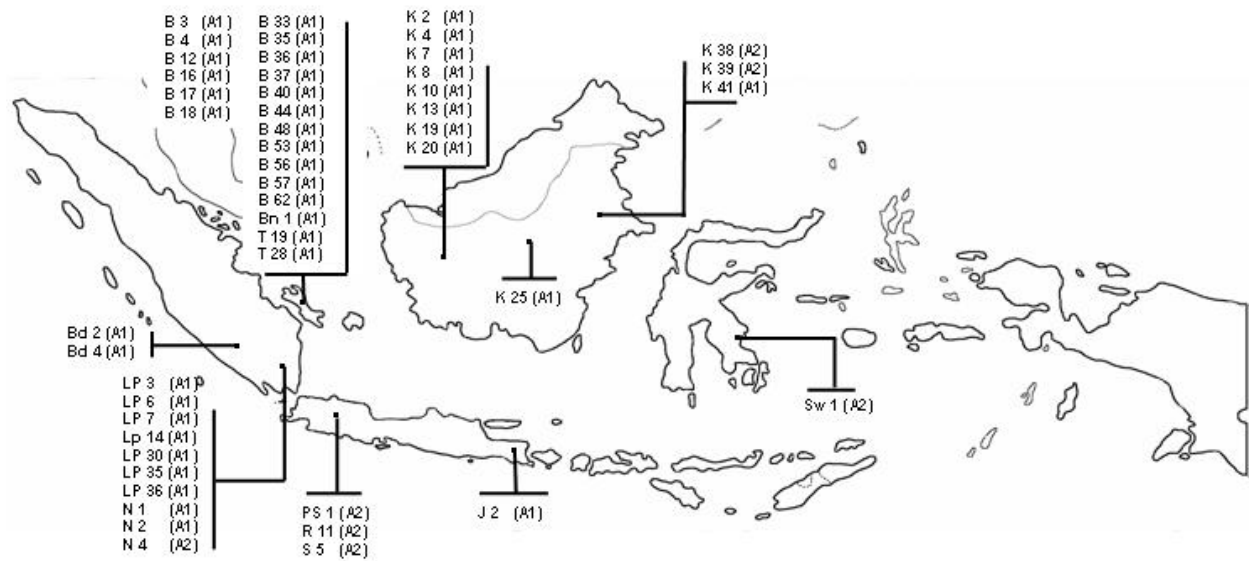


Sumber <http://database.deptan.go.id>

Gambar 1. Total jumlah produksi lada (ton) Indonesia, pada tahun 1990-2008.

Kerusakan akibat penyakit BPB pada pertanaman lada berkisar antara 10 - 15% per tahun (Kasim, 1990). Penyakit ini mudah terbawa oleh air, tanah atau bagian tanaman yang terserang, sehingga sebaran penyakit sudah sangat meluas di hampir seluruh pertanaman lada di Indonesia (Gambar 2).

Harga lada yang berfluktuasi, menyebabkan banyak petani tidak dapat memelihara tanamannya dengan baik, terutama memberikan pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman dan menanam tanaman penegak hidup. Akibatnya, pertanaman lada yang kurang pemeliharaan dan tumbuh lebih terbuka karena tanpa penegak hidup cenderung lebih mudah terserang *P.capsici* dibanding tanaman yang tumbuh dengan tiang penegak hidup. Hal ini disebabkan karena lada merupakan tanaman yang membutuhkan cahaya dengan intensitas 50-70%. Penanaman lada di lahan yang terbuka akan menyebabkan tanaman menjadi lemah apabila tidak dirawat dengan baik, sehingga mudah terserang *P. capsici*.



Sumber : Wahyuno *et al.* (2007a).

Gambar 2. Variasi tipe-tipe kawin isolat *Phytophthora capsici* lada yang pernah ditemukan pada pertanaman lada di Indonesia. Kode di dalam kurung menunjukkan tipe kawin setiap isolat.

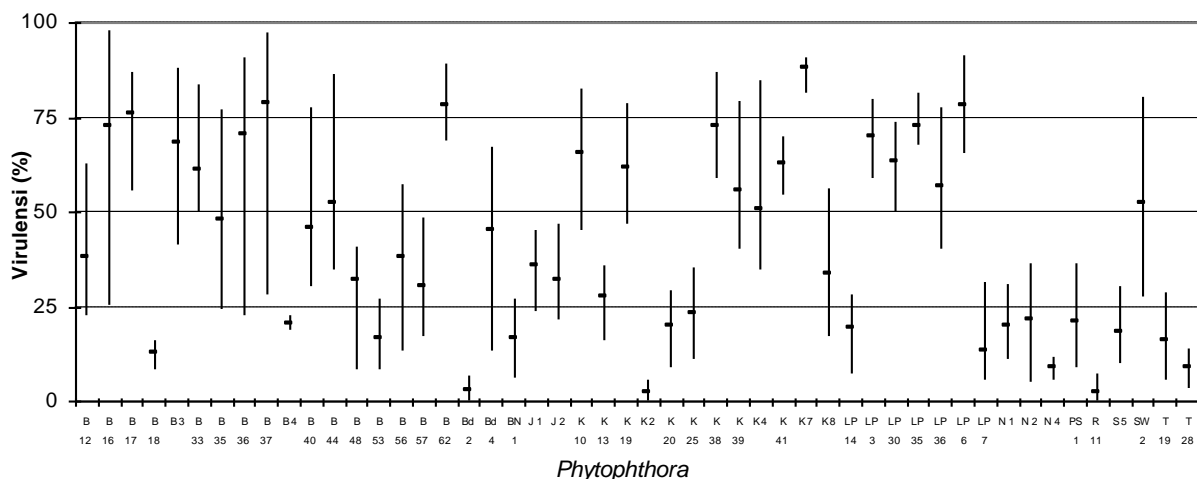
Petani lada umumnya mempunyai keterbatasan modal atau akses ke sumber dana, sehingga sering terkendala untuk pengendalian *P. capsici*, terutama kalau harus menerapkan teknologi pengendalian yang dianjurkan (Drenth dan Guest, 2004a). Akibatnya, walaupun sudah ada paket teknologi anjuran untuk pengendalian *P. capsici*, namun tidak diaplikasikan lengkap sesuai anjuran. Upaya pengendalian terhadap patogen, seperti *P. capsici* yang banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan yang sangat kompleks, penerapan satu atau dua komponen pengendalian anjuran saja tidaklah akan memberikan hasil yang optimal, bahkan sebaliknya akan memperparah kondisi penyakit di suatu pertanaman. Untuk itu, upaya pengembangan komponen pengendalian penyakit BPB, terutama varietas lada yang tahan penyakit, masih perlu lebih diintensifkan.

Makalah ini bertujuan untuk menguraikan secara ringkas perkembangan informasi hasil-hasil penelitian dan penerapannya di lapangan dari berbagai aspek berkaitan dengan ekobiologi penyakit dan komponen pengendalian penyakit BPB.

EKOLOGI PENYAKIT BPB

Phytophthora capsici mempunyai karakteristik yang membuat ia efektif sebagai parasit tanaman, yaitu: a) mempunyai beberapa bentuk dalam siklus hidupnya (zoospora, chlamidospora dan oospora), b) membentuk struktur reproduksi (zoospora) dalam waktu 3-5 hari, sehingga mendorong terjadinya multisiklus, c) zoospora bergerak aktif menuju perakaran tanaman, e) mudah terbawa percikan air hujan, irigasi dan udara, yang memungkinkan tersebar jauh, d) mampu bertahan di luar jaringan sebagai chlamidospora atau oospora, f) mempunyai siklus biokimia yang berbeda dengan cendawan lainnya, menyebabkan tidak banyak jenis fungisida sesuai untuk mengendalikan *P. capsici* dan g) tumbuh subur selama musim hujan, yang membuat fungisida kontak tidak efektif (Drenth dan Guest, 2004b).

Phytophthora capsici diyakini sebagai penyebab utama penyakit BPB (Tsao dan Alizadeh, 1988), meskipun melihat asal usul sejarah penamaannya yang panjang dan variasi morfologi dan patogenisitasnya yang beragam, bukan tidak mustahil di dalam "populasi" *P.*



Sumber : Wahyuno *et al.*, (2007^a)

Gambar 3. Variasi virulensi *P. capsici* asal lada di Indonesia pada daun lada jenis Lampung Daun Lebar (LDL).

capsici yang menyerang lada di Indonesia ada juga jenis atau varisasinya yang lain. Di Indonesia, gejala BPB pertama kali dilaporkan pada tahun 1885, dan diidentifikasi sebagai *P. palmivora* var *piperis* (Muller, 1936), kemudian namanya diubah menjadi *P. palmivora* MF 4 karena mempunyai karakteristik morfologi yang sedikit berbeda dengan jenis yang menyerang kakao (Tsao *et al.*, 1985), terakhir diidentifikasi secara resmi sebagai *P. capsici sensu lato* (Tsao dan Alizadeh, 1988). Sejarah perkembangan nama *P. capsici* yang cukup panjang tersebut dikarenakan *Phytophthora* merupakan kelompok cendawan yang sulit untuk diidentifikasi sampai spesies, karena sedikitnya karakteristik yang bisa digunakan untuk membedakan, dan adanya kesamaan karakteristik morfologi yang tinggi di antara mereka (Erwin dan Ribeiro, 1997).

Manohara dan Sato (1992) mendapatkan adanya variasi bentuk sporangium di dalam *Phytophthora* yang menyerang lada, yang diduga bukan dari jenis *P. capsici*. Mereka juga menyatakan adanya dua tipe kawin diantara isolat-isolat *P. capsici*, yaitu tipe kawin A1 dan A2. Adanya dua tipe kawin tersebut memungkinkan terjadinya plasmogami dan membentuk turunan *P. capsici* yang virulensinya lebih ganas atau lebih lemah daripada induknya. Wahyuno dan Manohara (1995a) telah

membuktikan bahwa oospora *P. capsici* dapat terbentuk di dalam jaringan daun, batang atau akar lada yang telah terinfeksi oleh dua tipe kawin A1 dan A2. Adanya oospora hasil perkawinan *P. capsici* tipe A 1 dan A2 juga memungkinkan *P. capsici* dapat bertahan lebih lama di lapangan karena oospora juga berfungsi sebagai struktur bertahan (Gambar 2). Hasil penelitian Flier *et al.* (2003) menunjukkan bahwa adanya oospora *P. infestant* pada kentang mendorong meningkatnya variasi di dalam populasi *P. infestant* yang memungkinkan patogen dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan-perubahan lingkungan, seperti menjadi lebih tahan terhadap fungisida dan memecahkan atau memperlemah ketahanan varietas kentang yang baru.

Hasil uji inokulasi 50 isolat *P. capsici* pada lada menunjukkan adanya variasi virulensi di antara mereka. Virulensi tersebut tidak berkaitan dengan tipe kawin, asal isolat maupun bagian tanaman dimana isolat *Phytophthora* tersebut diisolasi (Gambar 3) (Wahyuno *et al.*, 2007a).

Perkembangan hasil penelitian tentang adanya sebaran tipe kawin *P. capsici* di sentra-sentra pertanaman lada (Gambar 2), adanya bukti bahwa oospora dapat terbentuk pada tanaman lada, dan peningkatan virulensi isolat-isolat *P. capsici* (Gambar 3) menunjukkan fenomena yang

sangat menghawatirkan. Hal ini berkaitan dengan kemungkinan terbawanya *P. capsici* yang mempunyai tipe kawin A1 dan A2 dalam bibit setek lada atau medium tumbuh bibit lada dalam distribusi sumber-sumber bibit setek lada di daerah-daerah pertanaman baru di Indonesia. Untuk itu, perlu dilakukan pengawasan atau peraturan terhadap distribusi benih lada, terutama untuk meminimalkan penyebaran strain-strain *P. capsici* yang lebih ganas.

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN PENYAKIT BPB

Pengendalian Secara Kimia

Pengendalian BPB secara kimia merupakan usaha pengendalian yang sudah dilakukan sejak lama di era usaha perbaikan budidaya lada, dibanding usaha pengendalian lainnya. Beberapa senyawa kimia sintesis telah dicoba dan diketahui efektif untuk menekan BPB baik *in vitro* maupun di lapang. Fungisida dengan bahan aktif bersifat sistemik cenderung lebih efektif dan banyak digunakan oleh petani, khususnya saat harga lada tinggi (Manohara *et al.*, 2005). Gejala busuk pangkal batang ataupun tanaman menunjukkan gejala layu, sebenarnya merupakan perkembangan lebih lanjut dari perkembangan penyakit yang tidak terdeteksi karena prosesnya ada di dalam tanah. Pestisida menjadi satu-satunya cara untuk mengendalikan *P. capsici* apabila ia telah ada di dalam jaringan tanaman (Schwinn, 1983). Fosetyl-Al dan fosfonat merupakan bahan aktif yang bersifat sistemik dan banyak digunakan untuk mengendalikan jamur kelompok Oomycetes. Fosetyl-Al dan Fosfonat diketahui efektif mematikan zoospora di laboratorium (Wahyuno dan Manohara, 1995b). Di Malaysia, untuk meningkatkan kandungan fosfonat di dalam tanaman, dilakukan perendaman akar primer lada dalam larutan fosfonat, sehingga tanaman menjadi lebih tahan dan fungsinya relatif efisien karena tidak segera terurai oleh mikroorganisme tanah (Wong, 2004). *P. capsici* pada cabe (*Capsicum annum* L.) menyerang daun dan akar serta batang cabe, dan tidak semua varietas tahan disukai oleh petani, sehingga apabila yang ditanam varietas bell pepper yang

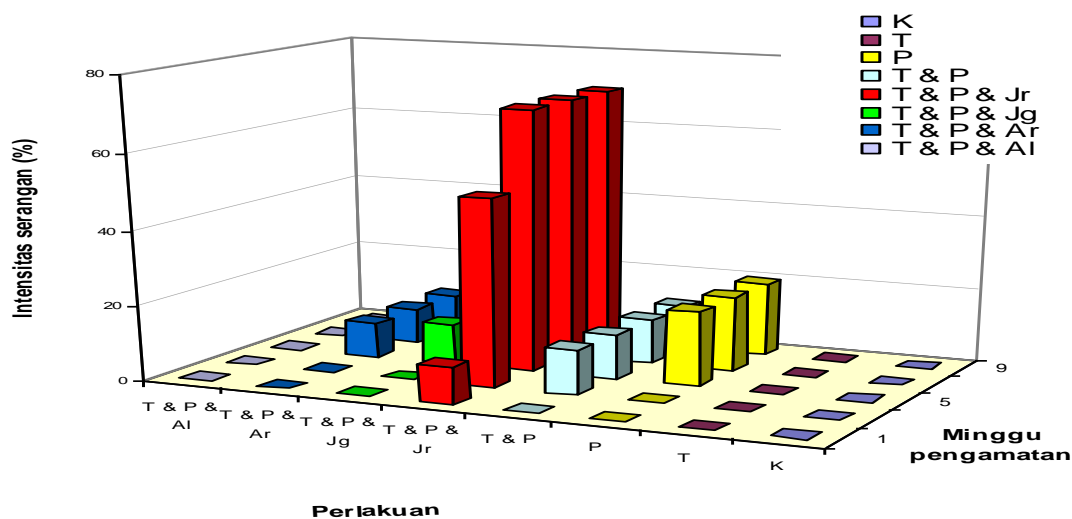
daunnya peka, tetapi batangnya tahan terhadap serangan *Phytophthora*, penyemprotan dengan fungisida perlu dilakukan secara teratur selama musim hujan (Ristaino dan Johnston, 1999).

Akhir-akhir ini pemakaian fungisida cenderung menurun, selain permintaan konsumen akan produk yang bebas residu juga harga lada yang relatif tidak stabil, sehingga fungisida menjadi input yang mahal bagi petani. Sisi positif dari fenomena tersebut adalah cemaran fungisida pada hasil panen dan lingkungan dapat dikurangi. Sisi negatifnya, pada daerah yang sulit untuk mendapatkan bubuk bordo (*bordeaux powder*), sulit dilakukan pengendalian apabila terjadi ledakan tanaman sakit. Oleh karena itu, pemakaian fungisida dilakukan secara bijaksana dengan mempertimbangkan banyak hal di atas, dan teknologi pengendalian lainnya perlu dikembangkan untuk mengatasi hal yang berkaitan dengan fungisida.

Pengendalian Secara Kultur Teknis

Kultur teknis yang telah dianjurkan antara lain mulai dari penggunaan bibit yang sehat dengan melakukan pembibitan terlebih dahulu, sehingga mencegah terbawanya *Phytophthora* pada lahan penanaman baru, dan mendeteksi apabila bahan tanaman tersebut terkontaminasi *Phytophthora*. Untuk mencegah penyebaran dari satu tanaman ke tanaman lainnya, penanaman tanaman penutup tanah perlu dilakukan, selain berfungsi mengurangi penguapan selama musim kemarau, sehingga tanaman tidak mudah mengalami cekaman lingkungan (Manohara *et al.* 2006). Kebun lada yang disiang bersih akan mengalami kerusakan 50-80% lebih parah daripada kebun yang ditanami *Arachis* (Manohara *et al.*, 2004a).

Penggunaan tiang panjat hidup juga akan mengurangi cekaman lingkungan, karena lada sebenarnya hanya membutuhkan intensitas cahaya \pm 50-70% (Manohara *et al.*, 2007). Penanaman di tempat terbuka dengan input terbatas akan membuat tanaman lemah, sehingga peka terhadap serangan *P. capsici* saat musim hujan. Pemupukan yang berimbang, tepat dosis dan waktu juga akan mempertahankan vigor tanaman. Pemberian pupuk yang diikuti dengan perbaikan kultur teknis yang meliputi



Sumber : Wahyuno *et al.* (2003)

Gambar 4. Serangan *P. capsici* pada berbagai kombinasi perlakuan bahan organik dan *Trichoderma*.

pembuatan drainase dan parit keliling, pemangkasan tajam, pembuangan sulur cacing dan sulur gantung, penyiangan terbatas, serta pemangkasan cabang lada yang ada di bagian bawah, dapat menekan laju infeksi *P. capsici* sebesar 50% (Manohara dan Kasim, 1996). Penanaman tanaman kelompok Liliaceae, misalnya *Allium cepa* L., (bawang putih), *Allium fistulosum* L., *Allium sativum* L. dan *Allium schoerapsium* L. akan menekan terjadinya gejala BPB karena eksudat dari akar tanaman tersebut menghambat perkecambahannya zoospora *P. capsici* (Manohara *et al.*, 1994).

Pengendalian secara kultur teknis pada dasarnya adalah menciptakan kondisi lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan lada, dan kondisi yang diciptakan tersebut dapat dimodifikasi agar kondisi tersebut tidak sesuai bagi perkembangan *Phytophthora*. Meskipun perlakuan secara kultur teknis dapat dianggap dasar dalam budidaya lada, banyak petani lada yang beranggapan bahwa perlakuan tersebut tidaklah penting, dengan alasan teknis atau yang lain, sehingga pengembangan teknologi lainnya perlu disertakan dalam pengendalian BPB.

Pengendalian Secara Hayati

Penggunaan agensia hayati untuk menciptakan kondisi tanah yang tidak menguntungkan secara biologi bagi perkembangan populasi

Phytophthora dilakukan antara lain dengan menambahkan bahan organik yang telah diinfestasi *Trichoderma* (Wahyuno *et al.*, 2003). Pengujian penggunaan bahan organik yang disertai infestasi *Trichoderma* menunjukkan, serangan terendah terdapat pada perlakuan *Trichoderma* dengan penambahan bahan organik berupa alang-alang, jagung atau *Arachis* (Gambar 4).

Penggunaan mikoriza arbuskula dengan pupuk pada lada perdu dapat meningkatkan berat basah dan kering bagian atas maupun perakaran tanaman lada (Trisilawati dan Rochmat, 2005). *Trichoderma* dan *Glomus* (Mikoriza) pada pembibitan lada dapat menekan serangan *P. capsici* berturut-turut hingga 80 dan 52% (Noveriza *et al.*, 2005). Kombinasi perlakuan bahan organik, pemupukan dan pemberian agen hayati (*Trichoderma*) yang dicobakan di Bangka, kurang memberi hasil yang memuaskan diduga aplikasi dilakukan saat serangan *P. capsici* sudah terjadi di lapang (Wahyuno *et al.*, 2007b). Waktu, cara, dan jumlah serta jenis mikroorganisme yang diaplikasikan menentukan keberhasilan penggunaan agen hayati untuk mengendalikan *Phytophthora*.

Kondisi tanah yang beraneka ragam membuat efektivitas agen hayati yang digunakan perlu dipelajari lebih dalam sebelum diaplikasikan di suatu daerah. Seleksi dan uji

pendahuluan dalam usaha menggunakan agens hayati akan memerlukan waktu. Agen hayati akan dapat berada di dalam tanah untuk waktu yang lama apabila disertai dengan pengelolaan budidaya lada yang baik.

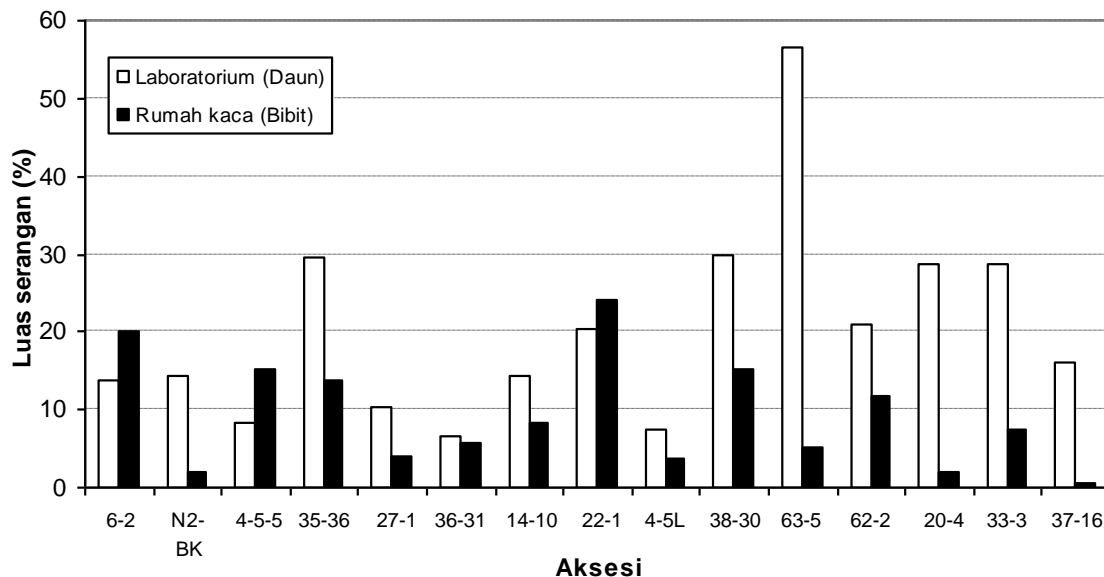
Pengendalian Menggunakan Varietas Tahan

Kasim dan Prayitno (1980) menguji ketahanan 6 varietas lada menggunakan satu isolat *P. capsici* asal lada. Hasil penelitian Kasim dan Prayitno (1980) menunjukkan varietas Bangka mempunyai tingkat kematian rata-rata terendah, yaitu 50,8% dengan panjang nekrosa di batang 2,7 cm; sedang Jambi mempunyai tingkat kematian tertinggi, yaitu 90,0% dan panjang nekrosa 5,3 cm. Sampai saat ini ada 7 varietas lada yang telah dilepas di Indonesia, hanya Lampung Daun Kecil (LDK) dan Chunuk merupakan dua varietas yang toleran terhadap BPB, dan sampai saat ini belum ada varietas yang tahan BPB (Manohara *et al.*, 2006).

Usaha untuk mendapatkan lada yang tahan BPB dan berproduksi tinggi juga dilakukan melalui perbaikan genetik, dengan cara persilangan secara konvensional antara jenis-jenis dan aksesori lada yang dikoleksi oleh Balitro. Persilangan yang telah dilakukan menghasilkan

ratusan individu-individu F1 baru (Setiyono, 2005). Hasil persilangan yang telah dilakukan menunjukkan, dari 400 turunan individu F1, hanya 3 aksesori yang menunjukkan luas serangan kurang dari 10% saat diuji di laboratorium dan rumah kaca (Gambar 5). Hal ini berarti, meskipun ada peluang mendapatkan lada yang mempunyai ketahanan lebih baik dari jenis yang sudah ada, tetapi persentasenya sangat rendah (0,75%). Grünwald *et al.* (2002) beranggapan untuk mengendalikan *Phytophthora palmivora* pada tanaman kentang, mengembangkan varietas tahan dan pemakaian fungisida yang murah dan tepat waktu adalah cara pengendalian yang sesuai untuk petani bermodal kecil. Umumnya perlu kombinasi beberapa komponen untuk mengendalikan *Phytophthora*, antara lain pemupukan, bibit bebas penyakit, tanaman tahan, dan fungisida dalam sistem yang terintegrasi agar mendapatkan hasil yang nyata (Drenth dan Guest, 2004a).

Menekankan pengendalian pada pengembangan tanaman tahan, juga harus mempertimbangkan peluang keberhasilan yang dikaitkan dengan sempitnya keragaman genetik *P. nigrum*, luasnya virulensi *Phytophthora* dan waktu serta biaya yang diperlukan. Hal tersebut



Sumber : Wahyuno *et al.* (2009).

Gambar 5. Luas serangan pada daun dan batang lada hasil persilangan (F1) terhadap 3 isolat *Phytophthora capsici* asal lada.

akan menentukan efisiensi varietas yang dihasilkan, apabila dikaitkan dengan daya tahan suatu varietas terhadap satu penyakit, dalam hal ini *P. capsici*.

Penggunaan jenis-jenis lada liar dapat didekati melalui dua sisi yaitu, kombinasi genetika melalui persilangan atau melalui penggunaan jenis liar yang tahan sebagai batang bawah, dalam budidaya dengan cara penyambungan.

Di Indonesia diyakini terdapat ratusan galur atau sejenisnya yang karakteristik produksinya belum dikenal sehingga tidak banyak digunakan dalam budidaya oleh petani, yang sebenarnya dapat menjadi sumber keragaman. Crowder (1990), sumber keaneka ragaman gen dapat berasal dari 1) varietas lokal, asli atau komersial, 2) varietas introduksi dari hasil seleksi dari negara lain, 3) sisa bahan pemuliaan yang tidak terpilih, 4) kerabat liar dan 5) mutasi buatan.

Beberapa *Piper* spp. dilaporkan telah diuji ketahanannya terhadap *P. capsici* asal lada. Kasim (1981) dengan menggunakan 1 isolat *P. capsici* melakukan inokulasi daun dan batang tujuh *Piper* spp., yang telah dilukai. Semua jenis lada yang diuji dapat terserang *P. capsici*, baik daun, batang maupun akarnya. Hasil penelitian Kasim (1981) menunjukkan, *Piper miniatum* Bl. (Syn. *Piper auriculatum* Bl), *P. hispidum* Swartz (Syn. *P. hirsutum* Swartz) dan *P. cubeba* L.f. merupakan jenis yang tahan, sedang *P. collubrinum*, *P. betle* var *cilendek* masuk jenis yang peka, sedangkan *Piper sarmentosum* dan *P. nigrum* (LDL) tergolong sangat peka. Secara alami, *Phytophthora* dapat masuk tanaman tanpa melalui luka, dengan mempenetrasi secara langsung ke jaringan tanaman. Hasil analisis kelompok menggunakan 50 isolat *P. capsici* yang dinokulasikan pada permukaan daun dan tanpa pelukaan terhadap *Piper* spp., menunjukkan *Piper retrofractum*, *Piper cubeba*, *P. betle* cenderung memiliki sifat ketahanan yang sama dengan *P. nigrum*, dibanding *P. hispidum* ataupun *P. colubrinum*. Hasil analisis kelompok menunjukkan bahwa tidak semua lada liar berpotensi untuk digunakan sebagai sumber genetik karena kedekatannya dengan *P. nigrum* (Susilowati *et al.*, 2006). Dua *Piper* spp. yaitu, *P.*

colubrinum dan *P. hispidum* cenderung mempunyai sifat ketahanan terhadap *P. capsici* asal lada yang lebih baik daripada *P. nigrum* maupun *P. retrofractum*, *P. cubeba*, dan *P. betle*. (Susilowati *et al.* 2006). Di India, diantara *Piper* spp., *Piper colubrinum* yang berasal dari Amerika Selatan merupakan jenis yang tahan terhadap *P. capsici* (Anandaraj, 2000).

Secara teori jenis lada liar yang mempunyai ketahanan pada BPB dapat digunakan sebagai batang bawah, dalam penyambungan. Nuryani (1981) mencoba menggunakan *Piper chaba* Hunt, sebagai batang bawah dan menemukan ketidaksesuaian dari sisi fisiologi, biokimia, struktur dan bentuk jaringan, serta kecepatan tumbuh dari masing-masing tanaman, sehingga suplai nutrisi tidak berjalan sempurna. Tanaman hasil penyambungan menghasilkan buah lebih sedikit, pertumbuhan batang bawah lambat dan setelah lebih dari dua tahun banyak bagian sambungan yang patah. (Trisilawati *et al.* 2005) dengan menggunakan *P. cubeba* sebagai batang bawah, disertai dengan pengaturan iklim mikro, pemberian anti oksidan dan melakukan penyambungan dengan sistem celah pada bagian *intercalary*, memberi persentase keberhasilan yang lebih baik di rumah kaca. Di India, *Piper nigrum* dapat digrafting dengan spesies lainnya, yaitu *P. aduncum*, *P. scabrum* dan *P. treleaseanum*, tetapi semuanya tidak tahan terhadap BPB (Gaskins dan Almeida, 1961 dalam Ravindran *et al.*, 2000). Grafting menggunakan *P. colubrinum* sebagai batang bawah juga pernah dilakukan di India, Brazil dan Malaysia, tetapi setelah empat tahun ketidaksesuaian penyambungan terjadi, dan produksi lada hasil grafting sangat rendah (Ravindran *et al.*, 2000).

STRATEGI PENGENDALIAN

Penyakit yang terjadi dan berkembang pada suatu tanaman merupakan akibat dari kombinasi tiga komponen yaitu: lingkungan, patogen dan inang (tanaman) (Lucas, 2004). Pengetahuan mengenai karakteristik tanaman, patogen, maupun kondisi lingkungan tempat tanaman itu berada atau lokasi tanaman akan dikembangkan, menentukan jenis komponen pengendalian yang

sebaiknya dikembangkan; selain pertimbangan aspek sosial budaya dan ekonomi masyarakat petani pelaku.

Pada kasus tanaman lada, pengetahuan mengenai aspek tanaman, sistem budidaya anjuran dan ekobiologi dari patogennya (*Phytophthora*) telah banyak diketahui, tetapi dalam aspek pelaksanaannya tidak semua pengetahuan dan budidaya anjuran dapat dilaksanakan dengan baik meskipun, petani tahu apa semestinya yang harus dilakukan terhadap lada mereka. Ada kecenderungan, petani akan memelihara tanamannya, memupuk dengan dosis dan waktu yang sesuai, dan melakukan teknik budidaya anjuran lainnya dengan baik hanya saat harga lada tinggi. Akibatnya, pada saat harga rendah, kebun lada menjadi tidak terawat, dan menyebabkan tanaman peka terhadap cekaman lingkungan dan serangan *Phytophthora*. Di kebun lada yang tidak terawat, *Phytophthora* akan mudah berkembang dan tersebar pada saat musim hujan. Pada musim kemarau, tanaman menjadi lemah dan peka terhadap kekeringan akibat tidak adanya penutup tanah atau melaksanakan budidaya menggunakan tiang penegak mati.

Usaha mengembangkan varietas tahan, dengan harapan dapat mengurangi penggunaan fungisida, juga sedang dilakukan pada tanaman lada. Penggunaan tanaman yang tahan tetapi rendah produktivitasnya, karena tidak terawat juga tidak akan memberi hasil yang nyata. Selain pertimbangan lamanya waktu yang diperlukan untuk mendapatkan lada yang tahan, sifat *Phytophthora* yang mampu menyerang *Piper* spp. menjadi pertimbangan tersendiri untuk memperkirakan daya tahan lada yang akan dikembangkan terhadap *Phytophthora* (Wahyuno *et al.*, 2009). Beberapa kultivar kentang yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap hawar daun kentang (*P. infestans*), menjadi sangat peka setelah dilepas selama 10 tahun (Stewart *et al.*, 2003). Memasukkan gen-gen yang tahan pada kultivar kentang menjadi usaha yang perlu dilakukan, tetapi memasukkan semua gen-gen tersebut agar tahan terhadap semua ras *P. infestans* bukan hal yang mudah untuk dilakukan dan sampai saat ini belum ada cultivar seperti itu (Stewart *et al.*, 2003). Di daerah tropis,

Phytophthora sulit untuk dikendalikan, karena banyak jenis tanaman yang menjadi inangnya dan semua relatif peka terhadap *Phytophthora*, selain itu kondisi iklim yang ada mendukung terjadinya siklus hidup sepanjang tahun, meskipun siklus ini turun aktivitasnya selama kemarau (Drenth dan Guest, 2004a).

Dengan pertimbangan tersebut di atas, pengendalian dengan memanfaatkan apa yang tersedia di lokasi lada dikembangkan, disertai perbaikan cara budidaya merupakan salah satu usaha untuk menekan kerugian hasil akibat serangan *Phytophthora* Manohara *et al.* (2006b) menganjurkan mengintegrasikan komponen pengendalian lainnya untuk menekan serangan BPB. Dari aspek tanaman adalah dengan memanfaatkan varietas lada toleran BPB yang telah dilepas, antara lain Natar 1, Petaling 2, Chunuk dan Lampung Daun Kecil (Nuryani *et al.*, 1993; Wahid *et al.*, 2005). Aspek kultur teknis, yang dapat dilakukan adalah menggunakan tiang penegak hidup (tajar) untuk budidaya lada, dengan tujuan mengurangi tekanan akibat intensitas cahaya yang berlebih, dan akan membuat tanaman berumur lebih panjang karena tanaman tidak didorong berproduksi yang berlebihan sementara input yang diberikan terbatas. Penanaman tanaman penutup tanah akan mengurangi cekaman kekeringan akibat kemarau dan menghambat penyebaran *Phytophthora* selama musim hujan. Memperbanyak penggunaan pupuk organik untuk mengatasi kelangkaan dan harga pupuk yang mahal. Membuat drainase yang cukup untuk menghindari genangan air selama musim hujan serta terasiring yang disesuaikan dengan kondisi lahan. Pemantauan untuk melihat ada tidaknya tanaman sakit atau terserang yang selanjutnya dilakukan eradikasi. Tindakan penanganan yang lebih awal efektif menekan penyebaran inokulum, dan menekan penggunaan fungisida yang berlebihan. Wahyuno *et al.* (2003) menambahkan bahan organik dan *Trichoderma* untuk menekan perkembangan populasi *Phytophthora*. Pemberian *Trichoderma* bersifat pencegahan, dan kurang efektif apabila BPB telah berkembang suatu kebun (Wahyuno *et al.*, 2007b). Di India, isolat bakteri *Pseudomonas fluorescent* diinfestasikan pada tanah efektif

menekan serangan *P. capsici* di pembibitan lada (Anith *et al.*, 2002). Untuk menekan BPB, Manohara *et al.* (2004c) secara detail juga menyarankan melakukan penyiangan terbatas (hanya pada sekeliling lada), memangkas secara teratur tanaman penegak, memangkas sulur cacing, menanam *Allium odorum* di sekeliling lada dan menggunakan fungisida di awal musim hujan apabila diperlukan.

Hal tersebut di atas bukan hal yang sulit dikerjakan oleh petani, relatif tidak memerlukan biaya yang besar, dan efektif menekan perkembangan dan penyebaran inokulum *Phytophthora*, dengan melakukan pengelolaan lingkungan yang benar. Inti dari tindakan di atas adalah dasar dari pengendalian OPT yang memadukan semua potensi yang ada di suatu lokasi, atau PHT. Kogan (1998) menurut tim pakar FAO, Pengendalian Terpadu diartikan sebagai sistem pengelolaan OPT secara terpadu, yang dikaitkan dengan lingkungan dan dinamika populasi dari OPT, mempergunakan semua teknik pengendalian yang tersedia dan sesuai untuk menekan populasi OPT pada taraf yang tidak merugikan secara ekonomi. PHT pada dasarnya untuk pengendalian serangga, sehingga penjelasan PHT di atas tidak selalu sesuai dengan pengendalian OPT untuk penyakit dan gulma (Kogan, 1998). Masih menurut Kogan (1998), PHT pada dasarnya meliputi pertimbangan dalam (a) menentukan teknik pengendalian yang sesuai, baik tunggal maupun kombinasi, (b) manfaat secara ekonomi bagi petani maupun masyarakat, (c) manfaat bagi lingkungan, (d) sistem pengambilan keputusan untuk menentukan tindakan pengendalian, dan (e) pengaruhnya pada OPT-OPT lainnya. Menurut D'Ongia (2009), tujuan lain PHT selain menekan populasi hama-hama penting dengan cara yang aman bagi lingkungan pada tanaman buah-buah di Mediterrinia; juga pengendalian tersebut dapat berlangsung terus menerus. Alston (1996) secara umum PHT, meliputi: (a) monitoring guna menentukan perlu tidaknya suatu tindakan pengendalian dilakukan, (b) menekan perkembangan populasi OPT baik dengan kultur teknis, biologi, kimia dan sebagainya, tergantung ketersediaan teknologi dan permasalahan di lapang, (c) mengatur lingkungan yang sesuai

untuk tanaman, tetapi tidak untuk OPT, dan (d) melakukan kombinasi terhadap komponen teknologi yang tersedia, guna meminimalkan permasalahan OPT yang ada. Di Colombia, dilakukan perendaman bahan tanaman dalam air 49° C, menggunakan varietas yang tahan dan diberi perlakuan *Trichoderma*, dapat menekan serangan *Phytophthora* spp. pada cassava (Alvares *et al.* 2002). Sedang pada kasus bell peper (*Capsicum annum*) di Amerikan, untuk menekan kerugian akibat serangan *P. capsici* dilakukan penyemprotan fungisida secara teratur hingga musim hujan berlalu, apabila yang ditanam varietas yang batangnya tahan tetapi daunnya peka; membuat saluran drainase apabila tanahnya terlalu basah; menggunakan plastik sebagai mulsa untuk mengurangi percikan dari tanah; rotasi tanaman, solarisasi atau penambahan bahan organik untuk mematkan struktur bertahan *Phytophthora* yang ada di dalam tanah, dan menggunakan fungisida yang bermacam-macam untuk menghindari munculnya ketahanan pada *Phytophthora* (Ristaino dan Johnston, 1999). Untuk mengendalikan hawar daun kentang akibat *P. palmivora*, Babadoost (1990) menyarankan untuk menghancurkan sisa-sisa tanaman setelah panen, menggunakan bibit yang bersertifikat, varietas tahan bila tersedia, mengatur irigasi untuk mengurangi kelembaban, dan penyemprotan fungisida dengan pertimbangan umur tanaman, kemungkinan meningkatnya kerugian akibat serangan *Phytophthora*, kelembaban dan seringnya hujan yang terjadi. Sedang saran pengendalian untuk busuk batang kedelai akibat *P. megasperma* adalah dengan: 1) mengenali adanya *Patogen* melalui pengenalan gejala yang ada, 2) menggunakan varietas tahan, 3) menghindari penanaman yang terlalu dalam, dan 4) menanam pada tanah yang subur dengan drainase yang baik (Malvick, 2000).

KESIMPULAN

Usaha mengendalikan BPB lada dengan pendekatan pengendalian terpadu telah dilakukan, dengan mempertimbangan kemudahan untuk dilaksanakan oleh petani lada dan aman bagi lingkungan. Di lapang, varietas lada

tahan BPB dan fungisida yang efektif dan murah tidak selalu tersedia. Di sisi lain, banyak tahapan dalam siklus hidup *P. capsici*, dan beberapa diantaranya peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga dapat dijadikan pertimbangan kapan dan jenis pengendalian yang sesuai untuk dilakukan.

- Strategi yang dikembangkan diarahkan untuk memanfaatkan berbagai potensi yang ada di suatu daerah, dengan tujuan menekan populasi dan mencegah penyebaran *Phytophthora*. Dengan banyaknya potensi yang dapat digunakan, peran aktif dari petani menjadi sangat penting dalam keberhasilan pengendalian melalui pendekatan PHT.
- Teknologi yang ada sampai saat ini, perlu didukung dengan sosialisasi yang lebih intensif. Keberhasilan pengendalian dengan PHT selain tergantung pada ketersediaan teknologi, juga pada kemauan petani untuk mengelola kebunnya, dan menambah pengetahuan agar dapat mengambil keputusan terhadap permasalahan yang ada. Perbaikan kemampuan melalui pendampingan oleh staf atau dinas terkait di masing-masing daerah harus dilakukan secara terus menerus.
- Di masa mendatang, pengembangan teknologi pengendalian sebaiknya tetap diarahkan untuk mendapatkan teknologi yang ramah lingkungan, murah, dan tidak banyak tergantung pada input dari luar. Sementara itu, pencarian varietas lada yang produktivitasnya tinggi dan tahan penyakit perlu dilanjutkan, selain eksplorasi untuk mendapatkan musuh alami yang lebih efisien, mudah dikembangkan dan sesuai untuk berbagai agroekosistem lada.

DAFTAR PUSTAKA

- Alston D.G. 1996. The Integrated Pest Management (IPM) Concept. Utah State University, Cooperative extension, April 1996. extension.usu.edu.
- Anandaraj, M. 2000. Diseases of black pepper. (Ed) P.N. Ravindran. Black Pepper. Harwood Academic Publishers. Amsterdam, The Netherlands. 239-267 pp.
- Anith, K.N., N.V. Radhakrishnan, and T.P. Manomohandas. 2002. Management of nursery wilt of black pepper (*Piper nigrum* L) with antagonistic bacteria. Current Science. 83: 451-562.
- Alvares, E., G. Liano dan J. Loke. 2002. Development of ecological practices to manage *Phytophthora* root rot of cassava (*Manihot esculenta*). CIAT Annual Report Integrated Pest and Disease Management. <http://www.ciat.cgiar.org>.
- Babadoost, M. 1990. Late blight of potato. Report on Plant Disease. Univ. Illinois, Urbana, U.S. No. 936.
- Crowder. L.V. 1990. Genetika Tumbuhan. (Terjemahan) Kusdiarti, L. Dan Soetarso. Gadjah Mada University Press. 499 p.
- D'Onghia, A.M. 2009. Integrated Pest Management of Mediterranean fruit tree crops. Mediterranean Agronomic Institute of Bari. <http://www.iamb.it>. September 2009.
- Drenth, A. and D. Guest. 2004a. Conclusions and vision for future research priorities. (Eds.) André, dan Guest. Diversity and management of *Phytophthora* in South East Asia. ACIAR, Australia. 227-231 pp.
- Drenth, A and D. Guest. 2004b. *Phytophthora* in the tropics. (Eds.) André, dan Guest. Diversity and management of *Phytophthora* in South East Asia. ACIAR, Australia. 30-41 pp.
- Erwin, D.C. and O.K. Ribeiro. 1997. Phytophthora Disease Worldwide. APS Press. St Paul Minnesota 562 p.
- FAO-IPC. 2005. Pepper production guide for Asia and the Pacific. (Eds) C.K. Geroge, A. Abdullah, and K. Chapman. Industrial Crop Officer-FAO. Reg Officer for Asia and the Pacific. Bangkok-Thailand. IPC-FAO.
- Flier, W.G., G.B.M. van den Bosch and L.J. Turkensteen. 2003. Stability of partial resistance in potato cultivars exposed to aggressive strains of *Phytophthora infestans*. Plant Pathology. 52: 326-327.
- Grünwald, N.J., G.R. Montes, H.L. Saldana, O.A.R. Covarrubias, W.E.Fry and W.G.

- Flier. 2002. Potato late blight management in the Toluca Valley: Field Validation of Simcast modified for cultivars with high field resistance. *Plant Disease* 86:1163-1168.
- Kasim, R. 1981. Resistance of seven pepper species to *Phytophthora*. *Pemberitaan, Penelitian Tanaman Industri Indonesia* 7:34-38.
- Kasim, R. 1990. Pengendalian penyakit busuk pangkal batang secara terpadu. *Bul. Littri*. 1:16-20.
- Kasim, R. dan Prayitno. 1980. Reaksi 6 varietas lada asal biji terhadap *Phytophthora*. *Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri*. 36:29-33.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: Historical Perspective and Contemporary Developments. *Ann. Rev. Entomol.* 43:243-270.
- Lucas, J.A. 2004. Survival, surfaces and susceptibility the sensory biology of pathogens. *Plant Pathology*. 53:679-691.
- Malvick, D.K. 2000. Management of *Phytophthora* root and stem rot of Soybeans. Report on Plant Disease (RPD). Dept. of Crop Sciences. Univ. of Illionis. Urbana. RPD No.510. 4 pp.
- Manohara, D. dan Sato. 1992. Physiological observation on *Phytophthora* isolates from black pepper. *Industrial Crops J.* 42:14-19.
- Manohara, D., H. Nuriani and K, Mulya. 1994. The influence of exudates and extract of Liliaceae roots on the zoospore germination of *Phytophthora capsici*. *J. Spice and Medicinal Crops*. 2:6-10
- Manohara, D. dan R. Kasim. 1996. Teknik pengendalian penyakit busuk pangkal batang tanaman lada. *Pros. Seminar Pengendalian Penyakit Utama Tanaman Industri secara terpadu*. Bogor 13-14 Maret.
- Manohara, D., D. Wahyuno, K. Mulya dan Sutrasman. 2004a. Pengendalian patogen penyakit busuk pangkal batang lada dengan cara pengelolaan tanaman. Laporan Hasil Penelitian Proyek PHT Perkebunan Rakyat. Balitro.
- Manohara, D., K. Mulya and D. Wahyuno. 2004b. *Phytophthora* disease on black pepper and the control measures. *Focus on Pepper* 1:37-49.
- Manohara, D., K. Mulya, A. Purwantara and D. Wahyuno. 2004c. *Phytophthora capsici* on Black pepper in Indonesia. (Eds.) André, dan Guest. Diversity and management of *Phytophthora* in South East Asia. ACIAR, Australia. 132-135.
- Manohara, D., D. Wahyuno dan R. Noveriza. 2005. Penyakit busuk pangkal batang lada dan strategi pengendaliannya. *Perkembangan Teknologi Tanaman Rempah dan Obat*. 17:41-51.
- Manohara, D., P. Wahid, D. Wahyuno, Y. Nuryani, I. Mustika, I.W. Laba, Yuhono, A.M. Rivai dan Saefudin. 2006. Status teknologi tanaman lada. *Prosiding Status Teknologi Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri, Parungkuda-Sukabumi*, 26 September 2006. 1-57 pp.
- Manohara, D., E. Hadipoentiyanti, N, Bermawie, M. Hadad E.A., dan M. Herman. 2007. Status teknologi tanaman rempah. *Prosiding Seminar Nasional Rempah*. Bogor, 21 Agustus 2007. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. 40-49 pp.
- Muller, H.R.A. 1936. Het *Phytophthora*-voetrot van pepper (*Piper nigrum* L.) in Netherlandsch-Indie. *Mededeelingen van het Instituut voor Plantziekten*. No 88: 79 p.
- Noveriza, R., S. Elvianti and D. Manohara. 2005. Induction of systemic resistance by non pathogenic fungi against foot rot disease of black pepper seedling under green house condition. *The 1st International Conference Crop Security*, 20-22 September 2005, Brawijaya University, Malang.
- Nuryani, Y., P. Wahid, dan A. Hamid. 1993. Usulan pelepasan varietas lada. *Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*.
- Nuryani, Y. 1981. Ketidak sesuaian jaringan dalam penyambungan tanaman lada dengan *Piper chaba* Hunt. *Pemberitaan. Penelitian Tanaman Industri* 7:27-33.
- Ravindran, P.N., K.N. Babu, B. Sasikumar and K.S. Krishnamurthy. 2000. *Botany and Crop Improvement of Black Pepper*. (Ed) P.N. Ravindran. Black Pepper. Harwood

- Academic Publishers. Amsterdam, The Netherlands. 23-144 pp.
- Ristaino, J.B. dan S.A. Johnston. 1999. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* blight of bell pepper. *Plant Disease*. 83:1080-1089.
- Setiyono, R.T. 2005. Peningkatan ketahanan lada terhadap BPB. Laporan Teknis Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Buku 1:1-58.
- Schwinn, F.J. 1983. New development in chemical control of *Phytophthora*. In J.A. Lucas, R.C. Shattock, D.S. Shaw dan L.R. Cooke (Eds). *Phytophthora*. Cambridge Univ. Press. 327-334 p.
- Stewart, H.E., J.E. Bradshaw and B. Pande. 2003. The effect of the presence of R-genes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) of *Potato (Solanum tuberosum)* on the underlying level of field resistance. *Plant Pathology* 52:193-198.
- Susilowati, D.N., A. Akhdiya, K. Mulya, E. Pratiwi, H. Purwanti, A. Suhendar, I. Manzila, R.W. Hastuti, D. Wahyuno, D. Manohara, N. Hidayatun, S. Salma, Nurichan, S. Soedjono, R. Saraswati dan K. Herlina. 2006. Konservasi dan Karakterisasi Mikroba Pertanian. BB. Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetika Pertanian. Bogor.
- Trisilawati, O. dan I. Rochmat. 2005. Pengaruh mikoriza arbuskula dan pupuk organik terhadap pertumbuhan lada perdu. *Gakuryoku*. XI: 116-119.
- Trisilawati, O., E. Djauhariya, H. Nurhayati, Samsudin, M. Djazuli, Jaenudin dan Kuswadi. 2005. Perbaikan teknik penyambungh lada potensi produksi tinggi dengan lada tahan penyakit. Laporan Teknis, Balitro. Buku 1: 98-112.
- Tsao, P.H., R. Kasim and I. Mustika. 1985. Morphology and identity of black pepper *Phytophthora* isolates in Indonesia. *FAO Plant Protection Bulletin* 33:61-66.
- Tsao, P.H. and A. Alizadeh. 1988. Recent advances in taxonomy and nomenclature of the so-called "*Phytophthora palmivora*" MF4 occurring on cocoa and other tropical crops. International Cocoa Research Conference 10th, Santo Domingo, 17-23 May 1987.
- Wahid, P., D. Manohara, D. Wahyuno dan A. Rivai. 2005. Pedoman Budidaya Tanaman Lada (*Piper nigrum* Linn). Balitro, Booklet 21 hlm.
- Wahyuno, D. dan D. Manohara. 1995a. Pembentukan oospora *Phytophthora capsici* pada jaringan lada. *Hayati*. 2:46-48.
- Wahyuno, D. dan D. Manohara. 1995b. Pengaruh *in vitro* faktor fisik dan kimia terhadap *Phytophthora capsici* Leonian. *Bul. Hama dan Penyakit Tumbuhan*. IPB. 8:9-18.
- Wahyuno, D., D. Manohara dan K. Mulya. 2003. Peranan bahan organik pada pertumbuhan dan daya antagonisme *Trichoderma harzianum* dan pengaruhnya terhadap *Phytophthora capsici*. *J. Fitopatologi Indonesia*. 7:76-82.
- Wahyuno, D., D. Manohara dan D.N. Susilowati. 2007a. Variasi morfologi dan virulensi *Phytophthora capsici* asal lada. *Bul Plasma Nutfah, Badan Litbang Pertanian* 13:63-70.
- Wahyuno, D., D. Manohara dan K. Mulya. 2007b. Penyebaran dan usaha pengendalian penyakit busuk pangkal batang (BPB) lada di Bangka. *Prosiding Seminar Nasional Rempah, Bogor*, 21 Agustus, 2007. 152-161 p.
- Wahyuno, D., D. Manohara, R.T. Setiyono dan Sutrasman. 2009. Ketahanan beberapa lada hasil persilangan terhadap *Phytophthora capsici* asal lada. *J. Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Litbang Deptan (in press)*.
- Wong, M. 2004. Root infusion of phosphorus acid for the control of *Phytophthora* foot rot in black pepper (*Piper nigrum* L). (Eds.) André, dan Guest. *Diversity and management of Phytophthora in South East Asia*. ACIAR, Australia. 171-173 pp.