

PROSPEK PENGGUNAAN MIKROBA ANTAGONIS SEBAGAI AGENS PENGENDALI HAYATI PENYAKIT UTAMA PADA TANAMAN HIAS DAN SAYURAN

Hanudin dan Budi Marwoto

Balai Penelitian Tanaman Hias, Jalan Raya Ciherang, Kotak Pos 8 Sindanglaya, Segunung, Pacet, Cianjur 43253

Telp. (0263) 517056, 514138, Faks. (0263) 514138

E-mail: balithi@litbang.deptan.go.id; hanudin_handjar09@yahoo.com

Diajukan: 08 November 2010; Diterima: 30 Januari 2012

ABSTRAK

Budi daya tanaman hias dan sayuran menghadapi berbagai masalah yang menghambat upaya peningkatan produksi. Salah satu masalah utama dalam budi daya tanaman hias dan sayuran adalah serangan patogen, seperti penyakit layu (*Fusarium* spp.) pada anyelir, rebah kecambah (*Rhizoctonia* spp.) pada krisan, bakteri layu (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman terung-terungan, dan penyakit akar gada (*Plasmodiophora brassicae*) pada tanaman kubis-kubisan. Salah satu cara pengendalian penyakit yang efektif dan berwawasan lingkungan adalah mengaplikasikan mikroba antagonis. Penulisan makalah ini bertujuan untuk menginformasikan prospek penggunaan mikroba antagonis sebagai agens pengendali hayati (APH) penyakit utama pada tanaman hias dan sayuran. Mikroba antagonis adalah jasad renik berupa bakteri, cendawan, actinomycetes maupun virus, yang terdapat di alam dan dapat menekan perkembangan mikroba yang merugikan. Kelompok bakteri yang telah digunakan sebagai APH yaitu *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*, sedangkan kelompok cendawan yaitu *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium* sp., dan *Fusarium* nonpatogenik. *Streptomyces* spp. adalah salah satu (APH) dari kelompok actinomycetes yang efektif mengendalikan penyakit rebah kecambah dan layu fusarium pada kapas. Vaksin Carna-5 adalah APH dari kelompok virus yang terbukti efektif mengendalikan penyakit *cucumber mosaic virus* pada tanaman tomat dan cabai. Penggunaan mikroba dalam pengendalian penyakit tanaman sangat prospektif, mengingat teknologi isolasi, perbanyakan inokulum, dan konservasi inokulum telah dikuasai oleh tim inventor di Indonesia. Komersialisasi formula pestisida berbahan aktif mikroba antagonis telah dilakukan di berbagai lembaga penelitian dengan melibatkan mitra swasta melalui proses lisensi. Hal ini memperkuat keyakinan bahwa pengembangan biopestisida sangat prospektif untuk pengendalian penyakit penting pada tanaman hias dan sayuran.

Kata kunci: Tanaman hias, sayuran, mikroba antagonis, agens pengendalian hayati, penyakit tanaman

ABSTRACT

Prospect of the use of antagonistic microbes as biological control agents of major diseases on ornamental plants and vegetables crops

Cultivation of ornamental plants and vegetables faces various problems that inhibit efforts to increase plant production. One of the most important constraints is disease incidences, i.e. wilt disease (*Fusarium* spp.) on carnation, damping off (*Rhizoctonia* spp.) on chrysanthemum, bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) on Solanaceae, and club root (*Plasmodiophora brassicae*) on Brassicaceae. One of environmentally-friendly control methods is application of antagonistic microorganisms. The purpose of this paper is to inform prospects of the use of microbial antagonists as biological control agents of major diseases on ornamental plants and vegetables. Antagonistic microbes are the bacteria, fungi, actinomycetes or virus that can suppress other microbes. Antagonistic bacteria (*Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*), antagonistic fungi (*Trichoderma harzianum*, *Gliocladium* sp., and non-pathogenic *Fusarium*), actinomycetes (*Streptomyces* spp.), and virus (Carna-5 vaccine) are known to be effective as biological control agents. Their use as a biological control agent is proven to be prospective since their isolation techniques, propagation and biopesticide formulation are well known by inventors in Indonesia. Nowadays, the microbes have been formulated by various research institutes as microbial pesticides and licenced to private company and commercialized widely to the domestic market. This indicates that prospect of application of antagonistic microbe is very bright to control major diseases of ornamental plants and vegetables.

Keywords: Ornamental plants, vegetable crops, antagonist microbes, biological control agents, plant diseases

Budi daya tanaman hias dan sayuran menghadapi berbagai masalah yang menghambat upaya peningkatan produksi. Salah satu kendala utama ialah penyakit layu (*Fusarium* spp.) pada anyelir (Hanudin *et al.* 2004a), penyakit rebah kecambah (*Rhizoctonia* spp.) pada krisan (Hanudin *et al.* 2004b), bakteri layu (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman terung-terungan, dan penyakit akar gada (*Plasmodiophora brassicae*) pada tanaman kubis-kubisan (Hanudin dan Marwoto 2003). Salah satu cara yang umum digunakan petani untuk mengendalikan penyakit tersebut ialah dengan menggunakan pestisida sintetis.

Penggunaan pestisida sintetis di sentra produksi tanaman hias dan sayuran tergolong tinggi, bahkan beberapa laporan menyebutkan bahwa residu pestisida sintetis sudah mencapai ambang yang mengkhawatirkan. Kondisi demikian tampaknya tidak dapat dipertahankan lagi, mengingat berbagai negara telah memperlakukan sistem manajemen mutu berbasis ISO 14000 tentang standar jaminan kesehatan dan keamanan lingkungan selama proses produksi tanaman. Di sisi lain globalisasi pasar dan liberalisasi perekonomian yang ditandai dengan munculnya kesepakatan Putaran Uruguay GATT/WTO dan pembentukan blok-blok perdagangan regional maupun internasional telah mendorong persaingan pasar yang sangat ketat. Dengan demikian tuntutan terhadap mutu produk semakin meningkat. Adanya sertifikasi ISO 14000 menunjukkan pentingnya penilaian pengendalian mutu sejak awal produksi sampai ke pemasaran. Oleh karena itu, negara produsen harus menerapkan standar budi daya ramah lingkungan untuk meningkatkan daya saing produk hortikultura agar dapat merebut pangsa pasar global. Peningkatan daya saing dapat dilakukan melalui penyediaan produk yang bebas residu pestisida sintetis.

Mikroba antagonis atau agens pengendali hayati (APH) penyakit tanaman adalah jasad renik yang diperoleh dari alam, baik berupa bakteri, cendawan, actinomycetes maupun virus yang dapat menekan, menghambat atau memusnahkan organisme pengganggu tanaman (OPT) (Tombe 2002). Pengendalian hayati adalah suatu tindakan yang bertujuan mereduksi kepadatan inokulum atau aktivitas patogen sehingga tidak menimbulkan gejala pada tanaman, dengan

menggunakan satu atau lebih APH melalui manipulasi lingkungan, inang atau antagonistik (Cook 1991). Adapun mekanisme penekanan perkembangan penyakit dapat berupa antibiosis (Yuen *et al.* 1985; Gurusidaiah *et al.* 1986; Thomashow dan Weller 1988), kolonisasi (Hsu *et al.* 1994), atau mengaktifkan gen ketahanan (Sumardiyono *et al.* 2001).

JENIS MIKROBA ANTAGONIS

Berbagai spesies mikroorganisme telah berhasil diisolasi dan dievaluasi keefektifannya sebagai APH penyakit tanaman dan diformulasi dalam bentuk biopestisida. APH dapat dikelompokkan ke dalam golongan bakteri, cendawan/jamur, actinomycetes, dan virus.

Kelompok bakteri yang telah digunakan sebagai APH antara lain adalah *Bacillus* spp. (Hanudin *et al.* 2004b; Hanudin 2007), *B. cereus* (Damayanti dan Katerina 2008), *B. polymyxa* (Aspiras dan Cruz 1986), dan *B. subtilis* (Baker *et al.* 1985; Hall *et al.* 1986; Rytter *et al.* 1989; Hall dan Davis 1990; Hanudin *et al.* 2008). Kelompok cendawan yang telah digunakan sebagai APH penyakit tanaman adalah *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium* sp. (Nuryani dan Djatnika 1999; Manohara *et al.* 2002; Wahyuno *et al.* 2003). Selanjutnya Nuryani dan Djatnika (1999) telah memproduksi secara massal biofungisida berbahan aktif *T. harzianum* dalam bentuk tepung yang diberi nama Bio-Tri dengan biaya produksi Rp8.000/kg. Cendawan lain yang berpotensi sebagai APH penyakit tanaman yaitu *Fusarium oxysporum* nonpatogenik (FoNP). Beberapa peneliti melaporkan bahwa FoNP efektif mengendalikan penyakit layu fusarium pada ubi jalar (Komada 1990).

Salah satu kelompok actinomycetes yang telah diteliti dan digunakan sebagai APH penyakit tanaman ialah *Streptomyces* spp. Mikroba antagonis ini mengandung antibiotik yang efektif mengendalikan *R. solani* dan *F. oxysporum* pada kapas (Tombe 2002).

Penggunaan virus sebagai APH penyakit telah dilakukan melalui teknik proteksi silang. Dalam teknik proteksi silang, virus lemah diinokulasikan ke tanaman untuk mengendalikan virus patogenik. Di Indonesia, Sulyo dan

Muharam (1992) telah berhasil menemukan strain lemah Carna-5 yang efektif mengendalikan penyakit *cucumber mosaic virus* (CMV) pada tanaman sayuran.

KEUNGGULAN DAN KELEMAHAN MIKROBA ANTAGONIS

Penggunaan APH untuk mengendalikan OPT mempunyai beberapa keunggulan, antara lain: 1) tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, 2) aman bagi musuh alami OPT tertentu, 3) mencegah timbulnya ledakan OPT sekunder, 4) menghasilkan produk yang bebas residu senyawa kimiawi sintetis, 5) aman bagi kesehatan manusia, 6) terdapat di sekitar pertanian sehingga mencegah ketergantungan petani pada pestisida kimiawi sintetis, dan 7) dapat menurunkan biaya produksi karena aplikasi APH dilakukan satu atau dua kali dalam satu musim panen (Tombe *et al.* 1999). Kelemahannya ialah reaksi efikasi mikroba antagonis terhadap jasad sasaran lebih lambat dan daya simpan produk lebih singkat dibandingkan dengan pestisida kimiawi sintetis. Masa kedaluwarsa biopestisida berkisar antara 6–12 bulan. Namun, kelemahan ini dapat diatasi dengan membuat formula yang efektif.

Sejalan dengan isu pembangunan pertanian berbasis *green agriculture*, penggunaan pestisida berbahan aktif mikroba antagonis akan semakin meningkat. Penerapan prinsip *green agriculture* dimaksudkan untuk menekan pencemaran udara, tanah, air, dan lingkungan hidup (Isroi 2005). Alasan kesehatan dan kelestarian lingkungan hidup menjadikan *green agriculture* makin populer di berbagai negara. *Green agriculture* mengandalkan penggunaan bahan-bahan alami untuk menggantikan bahan kimia sintetis.

KEBERHASILAN PENGGUNAAN MIKROBA ANTAGONIS PADA TANAMAN HORTIKULTURA

Pengendalian penyakit tanaman dengan menggunakan mikroba antagonis dari kelompok bakteri telah dirintis sejak tahun 1991. Mikroba antagonis dari kelompok

bakteri yang berpotensi sebagai APH penyakit tanaman ialah *B. subtilis* nomor isolat BHN 4 yang dapat mengendalikan penyakit rebah kecambah yang disebabkan oleh jamur *R. solani* pada tanaman krisan (Hanudin *et al.* 2004b). Sementara itu, *B. subtilis* nomor isolat BHN 13 yang disolasi dari rizosfer tanaman amarilis di Cibadak, Sukabumi, secara konsisten dapat mengendalikan penyakit rebah kecambah pada tanaman krisan hingga 93,75% (Tabel 1). Antibiotik yang dikeluarkan *Bacillus* sp. diduga dapat

menekan pertumbuhan dan perkembangan *R. solani*. Menurut Baker (1991), mekanisme penekanan mikroba antagonis terhadap patogen dapat terjadi melalui hiperparasitisme, kompetisi ruang dan hara, antibiosis, dan lisis.

Kelompok bakteri antagonis lainnya ialah *Pseudomonas fluorescens* (Pf). Formulasi biopestisida dengan bahan aktif bakteri antagonis ini telah berhasil diproduksi dan terbukti efektif untuk mengendalikan penyakit layu fusarium (*F. oxysporum*) pada tanaman anyelir

(Hanudin *et al.* 2004a), layu bakteri pada tomat (*R. solanacearum*), dan akar gada (*P. brassicae*) pada caisim dalam skala rumah kaca (Hanudin dan Marwoto 2003). Selain dapat mengendalikan penyakit tersebut, mikroba ini dapat mengendalikan penyakit akibat infeksi *P. phaseicola* pada buncis (Teliz dan Brukholder 1960), *F. oxysporum* pada gladiol (Rahardjo dan Djatnika 1997), serta *R. solanacearum* pada cabai (Hanudin dan Djatnika 1997) dan tomat (Hartman *et al.* 1993; Hanudin dan Machmud 1994; Hanudin 1995; Mulya 1997).

Pf nomor isolat 4a yang ditumbuhkan pada media King'B yang mengandung FeCl₃ dan disuspensikan ke dalam larutan 0,1 M MgSO₄ dapat menekan serangan *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphillum* pada tanaman krisan hingga 72,51% (Tabel 2). Pf mensekresikan antibiotik, siderofor, dan metabolit sekunder lainnya yang bersifat menghambat aktivitas mikroorganisme lain. Siderofor seperti pyoverdin (Meyer dan Abdallah 1978) atau pseudobacin diproduksi pada kondisi lingkungan tumbuh yang miskin ion Fe. Senyawa ini mengkelat ion Fe sehingga tidak tersedia bagi mikroorganisme lain. Ion Fe sangat diperlukan oleh spora *F. oxysporum* untuk berkecambah. Dengan tidak tersedianya ion Fe, infeksi *F. oxysporum* ke tanaman menjadi berkurang.

Berbagai jenis antibiotik dihasilkan oleh Pf, seperti *pyuloteorin*, *oomycin*, *phenazine-1-carboxylic acid* atau 2,4-

Tabel 1. Pengaruh *Bacillus* spp. terhadap serangan *Rhizoctonia solani* pada tanaman krisan di rumah kaca.

Perlakuan	Kolonisasi <i>Bacillus</i> spp. pada akar (cfu/g)	Tanaman terserang (%)	Persentase penekanan dibanding kontrol
<i>B. subtilis</i> No. 01	2,5 x 10 ²	20	75,00
<i>B. subtilis</i> No. 02	1,3 x 10 ³	25	68,75
<i>B. subtilis</i> No. 03	1,6 x 10 ³	25	68,75
<i>B. subtilis</i> No. 04	1,1 x 10 ³	80	Tidak dapat menekan
<i>B. subtilis</i> No. 05	1,5 x 10 ³	20	75,00
<i>B. subtilis</i> No. 06	2,1 x 10 ²	25	68,75
<i>B. subtilis</i> No. 09	7,5 x 10	15	81,25
<i>B. subtilis</i> No. 11	1,9 x 10 ³	25	68,75
<i>B. subtilis</i> No. 13	2,3 x 10 ³	5	93,75
<i>B. subtilis</i> No. 15	1,6 x 10 ³	10	87,50
Dazomet	1,2 x 10	85	Tidak dapat menekan
Kontrol	1,1 x 10	80	Pembandingan

Sumber: Hanudin *et al.* (2004b).

Tabel 2. Pengaruh formulasi *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. terhadap layu *Fusarium* pada tanaman krisan.

Perlakuan	Tanaman terserang (%)		Persentase penekanan dibanding kontrol
	Bergejala layu pada 30 HST	Pencoklatan floem pada 56 HST	
<i>P. fluorescens</i> No. 4a (Pf 4a) + MgSO ₄	00,00	40,00	40,00
<i>P. fluorescens</i> No. 9 (Pf 9) + MgSO ₄	00,00	36,67	44,80
<i>P. fluorescens</i> MR 96 (MR 96) + MgSO ₄	01,67	43,33	35,01
Pf 4a dalam media KB + FeCl ₃	00,00	26,67	59,99
Pf 9 dalam media KB + FeCl ₃	00,00	38,33	42,51
MR 96 dalam media KB + FeCl ₃	01,67	40,00	40,00
Pf 4a dalam media KB + FeCl ₃ + MgSO ₄	01,67	18,33	72,51
Pf 9 dalam media KB + FeCl ₃ + MgSO ₄	03,33	50,00	29,99
MR 96 dalam media KB + FeCl ₃ + MgSO ₄	05,00	55,00	25,00
<i>Trichoderma</i> sp. + air steril	06,67	30,00	17,50
<i>Gliocladium</i> sp. + air steril	00,00	30,00	55,00
Kontrol	15,00	66,67	Pembandingan

Sumber: Hanudin *et al.* (2004c).

diphloroglucinol. Produksi antibiotik ini telah dibuktikan merupakan faktor utama yang menghambat perkembangan populasi dan penyakit yang ditimbulkan oleh *Gaeumannomyces tritici* (Thomashow dan Weller 1988), *Thielaiopsis basicola* (Keel *et al.* 1992), dan *R. solanacearum* (Mulya *et al.* 1996b).

Di samping menekan perkembangan populasi dan aktivitas patogen, Pf dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Mulya *et al.* (1996a) melaporkan bahwa Pf strain G32r dapat menginduksi aktivitas enzim fenil alanine amoliase, enzim yang terlibat dalam ekspresi ketahanan tanaman. Sementara itu, Defago *et al.* (1990) mengemukakan bahwa gen Pf yang terlibat dalam produksi asam salisilat memegang peranan penting dalam menginduksi ketahanan tanaman tembakau terhadap *T. basicola*. Di samping itu, *P. gladioli*, *P. putida*, dan *P. aeruginosa* (Hartman *et al.* 1993), dan *Xanthomonas malthophillicia* (Winarto *et al.* 1998) dapat digunakan sebagai APH penyakit tanaman. Pf diketahui mendominasi rizosfer berbagai jenis tanaman (Juhnke *et al.* 1989; Ogiso *et al.* 1991; Hanudin *et al.* 2004a).

Mikroba antagonis dari kelompok Actinomycetes ialah *Streptomyces* spp. Mikroba ini mengandung antibiotik yang efektif menekan infeksi *Sclerotium rolfsii* pada paprika (Istifadah 1997). Penggunaan *Streptomyces* spp. isolat A 20 yang dibiakkan pada *rolled oats* efektif menekan serangan *S. rolfsii* pada tanaman paprika (Tabel 3).

Produk mikroba antagonis dari kelompok virus ialah vaksin Carna-5 (Duriat *et al.* 1992; Sulyo dan Susanti 1997). Vaksin ini dapat menekan penyakit CMV pada tanaman cabai sampai 96,17% (Tabel 4). Produk ini telah dipasarkan dengan nama dagang Biariv-3 (Dimiyati 2002).

IMPLIKASI KEBIJAKAN DAN PROSPEK KOMERSIALISASI

Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki kekayaan mikroflora yang sangat beragam. Di antara mikroflora tersebut ialah mikroba antagonis dari spesies *B. subtilis*, *P. fluorescens*, *T. harzianum*, *Fusarium* nonpatogenik, dan vaksin CMV yang potensial dikembangkan sebagai APH penyakit tanaman hortikultura,

Tabel 3. Pengaruh aplikasi isolat *Streptomyces* spp. terhadap jumlah sklerosia dan tanaman terserang *Sclerotium rolfsii* pada paprika.

Perlakuan	Rata-rata jumlah sklerosia per 10 g tanah	Jumlah tanaman terserang
Suspensi biakan murni <i>Streptomyces</i> isolat S1 + <i>S. rolfsii</i>	11,83	5
Suspensi biakan murni <i>Streptomyces</i> isolat A 13 + <i>S. rolfsii</i>	15,50	5
Suspensi biakan murni <i>Streptomyces</i> isolat A 15 + <i>S. rolfsii</i>	16,00	7
Suspensi biakan murni <i>Streptomyces</i> isolat A 20 + <i>S. rolfsii</i>	12,83	6
Suspensi biakan murni <i>Streptomyces</i> isolat A 22 + <i>S. rolfsii</i>	11,33	6
<i>Streptomyces</i> isolat S1 dibiakkan pada <i>rolled oats</i> + <i>S. rolfsii</i>	4,00	2
<i>Streptomyces</i> isolat A 13 dibiakkan pada <i>rolled oats</i> + <i>S. rolfsii</i>	8,83	3
<i>Streptomyces</i> isolat A 15 dibiakkan pada <i>rolled oats</i> + <i>S. rolfsii</i>	11,33	2
<i>Streptomyces</i> isolat A 20 dibiakkan pada <i>rolled oats</i> + <i>S. rolfsii</i>	3,00	3
<i>Streptomyces</i> isolat A 22 dibiakkan pada <i>rolled oats</i> + <i>S. rolfsii</i>	6,83	3
Kontrol (<i>S. rolfsii</i>)	17,00	6

Sumber: Istifadah (1997).

Tabel 4. Pengaruh vaksin CMV terhadap gejala virus dan hasil buah cabai pada keadaan terkontrol.

Perlakuan	Persentase insiden	Persentase penekanan	Hasil buah (g/pohon)	Persentase peningkatan hasil
Vaksin	0,0	100,00	239,4	22,8
Vaksin + CMV	2,6	96,17	195,9	0,5
CMV	67,9	TM	99,2	TMP
Kontrol	8,7	87,18	194,9	0,0

TM = tidak dapat menekan, TMP = tidak dapat meningkatkan hasil panen.

Sumber: Duriat *et al.* (1992).

khususnya sayuran dan tanaman hias. Pengembangan biopestisida dapat dilakukan dengan cepat mengingat telah tersedia mitra swasta yang berminat memproduksi secara massal biopestisida berbahan aktif mikroba antagonis. Penggunaan biopestisida aman bagi lingkungan dan kesehatan para pelaku usaha karena bahan aktif dan bahan pembawanya berasal dari alam yang ramah lingkungan. Komersialisasi produk ini diharapkan berdampak terhadap pertumbuhan industri biopestisida di berbagai daerah, yang pada gilirannya membuka lapangan kerja serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi pedesaan

melalui pembangunan infrastruktur, pertumbuhan industri bahan penunjang lokal, serta penyediaan sarana produksi lokal. Hal ini memperkuat keyakinan bahwa prospek penggunaan mikroba antagonis sebagai APH sangat cerah, terutama pengembangannya untuk keperluan komersial.

Studi banding tentang penggunaan APH penyakit tanaman dan pestisida kimiawi sintetis telah dilakukan dalam skala terbatas. Aplikasi satu liter APH yang mengandung bahan aktif *Bacillus* sp. dan *P. fluorescens* ternyata ekuivalen dengan hasil aplikasi satu kilogram pestisida kimiawi sintetis. Biaya produksi

satu liter APH sebesar Rp40.500, sedangkan harga jual pestisida kimiawi sintetis sekitar Rp90.000/l. Dari perhitungan ekonomi tersebut dapat dinyatakan bahwa penggunaan APH dapat menekan biaya pembelian pestisida hingga setengah dari biaya untuk pembelian pestisida kimiawi sintetis. Tingginya selisih biaya produksi tersebut sangat menarik petani untuk mengalihkan penggunaan pestisida kimiawi sintetis ke APH. Prospek yang cerah dalam pemanfaatan APH akan menarik minat investor untuk memproduksi APH dalam skala industri.

Penelitian pembuatan pestisida berbahan aktif mikroba antagonis telah dirintis sejak tahun 1992. Pada tahun 2009 ditemukan masing-masing satu isolat *Bacillus* sp. dan *P. fluorescens* yang

unggul dan berhasil dibuat formulasinya sebagai biopestisida. Biopestisida ini telah mendapat sertifikat paten dari Kementerian Hukum dan Hak Azasi Manusia Republik Indonesia melalui Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual (Dirjen Haki), dengan nomor sertifikat ID. 0 022 384, 12 Januari 2009 (Hanudin *et al.* 2009). Hak paten tersebut diberikan untuk formulasi biopestisida dalam bentuk suspensi yang efektif mengendalikan berbagai patogen tanaman.

KESIMPULAN

Mikroba antagonis adalah jasad hidup berupa bakteri, jamur/cendawan, actino-

mycetes maupun virus, yang terdapat di alam serta dapat menghambat perkembangan mikroba lainnya. Spesies-spesies mikroba tersebut antara lain ialah *B. subtilis*, *P. fluorescens*, *T. harzianum*, *Gliocladium* sp, *Fusarium* nonpatogenik, *Streptomyces* spp., dan vaksin Carna -5.

Penggunaan mikroba antagonis mempunyai prospek yang cerah sebagai agens pengendali hayati, mengingat teknologi isolasi, perbanyakan inokulum, dan konservasi inokulum telah dikuasai oleh para peneliti di Indonesia. Investasi produksi massal biopestisida mulai berkembang di tanah air dengan melibatkan perusahaan swasta nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aspiras, R.B. and A.R. Cruz. 1986. Potential biological control of bacterial wilt in tomato and potato with *Bacillus polymyxa* FU6 and *Pseudomonas fluorescens*. In G.J. Persley (Ed.). Bacterial Wilt Disease in Asia and the South Pacific. ACIAR Proc. 13: 89–92.
- Baker, C.J. 1991. Diversity in biological control. *Crop Protection* 10: 85–95.
- Baker, C.J., J.R. Stavely, and N. Mock. 1985. Biocontrol of bean rust by *Bacillus subtilis* under field conditions. *Plant Dis.* 69: 770–772.
- Cook, R.J. 1991. Broad concept and application. Proc. of the International Seminar on the Control of Plant Disease and Virus Vector. Food and Fertilizer Technology Centre for the Asian and Pacific Region, Taipei pp. 1–9.
- Damayanti, T.A. and T. Katerina. 2008. Protection of hot pepper against multiple infection of viruses by utilizing root colonizing bacteria. *J. ISSAAS* 14(1): 92–100.
- Defago, G., C.H. Berling, U. Burger, D. Haas, G. Kahr, C. Keel, C. Votsard, P. Wirthner, and B. Wiithrich. 1990. Suppression of black root rot of tobacco and other root diseases by strains of *Pseudomonas fluorescens*. Potential application and mechanisms. p. 93–108. In D. Homby (Ed). Biological Control of Soil Borne Pathogens. CAB International, England.
- Dimiyati, A. 2002. Dukungan penelitian dalam pengembangan hortikultura organik. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional dan Pameran Organik. Balitro, Maporina, DKI Jakarta, 2–3 Juli 2002. 15 hlm.
- Duriat, A., Y. Sulyo, R. Sutarya, and A.A. Asandhi. 1992. New approach in plant biotechnology for controlling cucumber mosaic virus on peppers. p. 165–173. Proc. Workshop on Agricultural Biotechnology, CRIFC Bogor, Gurusidaiah, S., D.M. Weller, A. Sarkar, and R.J. Cook. 1986. Characterization of antibiotic produced by strain of *Pseudomonas fluorescens* inhibitory to *Gaeumannomyces graminis* var *tritici* and *Pythium* spp. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 29: 488–495.
- Hall, T.J. and W.E.E. Davis. 1990. Survival of *Bacillus subtilis* in silver and sugar maple seedlings over a two-year period. *Plant Dis.* 74: 608–609.
- Hall, T.J., R.L. Schreiber, and C. Leben. 1986. Effect of xylem-colonizing *Bacillus* spp. on verticillium wilt in maples. *Plant Dis.* 70: 521–524.
- Hanudin. 1995. Control of tomato bacterial wilt by microbial antagonists and soil amendments in Indonesia. p. 130–137. Proc. of the AVNET II Midterm Workshop, Los Banos, the Philippines, 21–25 February 1995.
- Hanudin. 2007. Kemangkusan *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dalam formulasi cair untuk pengendalian *Fusarium oxysporum* f. sp *dianthi* pada anyelir. *Jurnal Hortikultura* (Edisi Khusus no. 1): 61–71.
- Hanudin dan I. Djatnika. 1997. Uji antagonis *Pseudomonas fluorescens* terhadap *Pseudomonas solanacearum*. hlm. 1–5. Dalam S.H.K. Suparman (Ed). Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah PFI, Palembang.
- Hanudin and M. Machmud. 1994. Effects of bactericide “Terlai” and *Pseudomonas fluorescens* on bacterial wilt of tomato. *Aust. Bacterial Wilt Newslet.* (10): 12–13.
- Hanudin dan B. Marwoto. 2003. Pengendalian penyakit layu bakteri dan akar gada pada tomat dan caisim menggunakan *Pseudomonas fluorescens*. *Jurnal Hortikultura* (13): 58–66.
- Hanudin, B. Marwoto, A. Saefullah, K. Kardin, dan M. Machmud. 2004a. Formula cair *P. fluorescens* untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada anyelir. *Jurnal Hortikultura* 14 (Edisi Khusus): 403–409.
- Hanudin, E. Silvia, B. Marwoto, Suhardi, dan W. Handayati. 2004b. Skrining antagonistic beberapa strain *Bacillus* spp. terhadap *Rhizoctonia solani* isolat krisan. *Jurnal Penelitian dan Informasi Pertanian "Agrin"* 8(1): 1–5.
- Hanudin, W. Nuryani, K. Kardin, dan B. Marwoto. 2004c. Pemanfaatan *Pseudomonas fluorescens*, *Gliocladium*, dan *Trichoderma* untuk mengendalikan penyakit layu bakteri fusarium pada krisan. hlm. 271–278. Prosiding Seminar Nasional Florikultura Bogor, 4–5 Agustus 2004.
- Hanudin, W. Nuryani, and K. Budiarto. 2008. The efficacy of *B. subtilis* and *P. fluorescens* in liquid formulation to control important diseases on chrysanthemum and chinese cabbage. *Jurnal Agrivita* 30(3): 255–262.
- Hanudin, B. Marwoto, B. Tjahjono, M. Machmud, dan K. Mulya. 2009. Komposisi biopestisida cair berbahan aktif *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* untuk pengendalian penyakit tanaman hias dan tanaman lainnya. Sertifikat paten no. ID. 0 022 384. Ditjen Haki, Departemen Hukum dan Hak Asasi Manusia, Jakarta. 19 hlm.
- Hartman, G.L., W.F. Hong, Hanudin, and A.C. Hayward. 1993. Potential of biological and chemical control of bacterial wilt. In G.L.

- Hartman and A.C. Hayward (Eds.). Bacterial Wilt. ACIAR Proc. 45: 322–326.
- Hsu, S.T., C.C. Chen, H.Y. Liu, and K.C. Tzeng. 1994. Colonisation of roots and control of bacterial wilt of tomato by *Pseudomonas fluorescens*. In G.L. Hartman and A.C. Hayward (Eds.). Bacterial Wilt. ACIAR Proc. 45: 305–311.
- Isroi. 2005. Bioteknologi mikroba untuk pertanian organik. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. <http://www.agromedia.net>. [27 Agustus 2010].
- Istifadah, N. 1997. Pengaruh aplikasi *Streptomyces* spp. terhadap kemampuannya dalam mengendalikan *Sclerotium rolfii* Sacc. hlm. 396–400. Dalam S.H.K. Suparman (Ed.). Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah PFI, Palembang.
- Juhnke, M.E., D.E. Mathre, and D.C. Sands. 1989. Identification and characterization of rhizosphere-competent bacteria of wheat. Appl. Environ. Microbiol. 53: 2793–2799.
- Keel, C., U. Schneider, M. Maurhoper, C. Voisard, J. Laville, U. Burger, P. Wirthner, D. Haas, and G. Defago. 1992. Suppression of root disease by *Pseudomonas fluorescens* CHO: Importance of bacterial secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol. Plant-Microbe Interact. 5: 4–13.
- Komada, H. 1990. Biological control of Fusarium wilts in Japan. p. 65–75. In D. Hornby (Ed). Biological Control of Soil Borne Pathogens. CAB International, England.
- Manohara, D., K. Mulya, D. Wahyuno, dan R. Noverisa. 2002. Viabilitas *Trichoderma harzianum* pada berbagai formulasi dan efikasinya terhadap *Phytophthora capsici*. Makalah disampaikan dalam seminar rutin Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor, 27 Agustus 2002.
- Meyer, J.M. and M.A. Abdallah. 1978. The fluorescens pigment of *Pseudomonas fluorescens*. Biosynthesis, purification, and physicochemicals properties. J. Gen. Microbiol. 107: 319–328.
- Mulya. 1997. Penekanan perkembangan penyakit layu bakteri tomat oleh *Pseudomonas fluorescens*. Jurnal Hortikultura 7(2): 685–691.
- Mulya, K., Y. Takikawa, and S. Tsuyumu. 1996a. The presence of homologous to hrp cluster in *Pseudomonas fluorescens* PfG32R. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62(4): 355–359.
- Mulya, M. Watanabe, M. Goto, Y. Takikawa, and S. Tsuyumu. 1996b. Suppression of bacterial wilt disease of tomato by root-dipping with *Pseudomonas fluorescens*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62(2): 134–140.
- Nuryani, W. dan I. Djatnika. 1999. Pengendalian bercak bunga sedap malam dengan Bio-GL dan Bio-Tri. hlm. 335–339. Dalam Soedarmono (Ed.). Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah PFI, Purwokerto.
- Ogiso, H., T. Teraoka, D. Hosokawa, and M. Watanabe. 1991. Studies on the biological control of bacterial wilt disease on tomato by *Pseudomonas fluorescens*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 58: 104 (Abstr. Japanese).
- Rahardjo, I.B. dan I. Djatnika. 1997. Pengaruh beberapa isolat *Pseudomonas fluorescens* terhadap penyakit layu pada gladiol. hlm. 486–490. Dalam S.H.K. Suparman (Ed). Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah PFI, Palembang.
- Rytter, J.L., F.L. Lukezic, R. Craig, and G.W. Moorman. 1989. Biological control of geranium rust by *Bacillus subtilis*. Phytopathology 79: 367–370.
- Sulyo, Y. dan A. Muharam. 1992. Pengaruh vaksinasi dengan CMV + Carna-5 terhadap 9 varietas paprika di lapangan. Buletin Penelitian Hortikultura 23(1): 33–40.
- Sulyo, Y. dan K.L. Susanti. 1997. Uji efektivitas vaksin CMV + Carna-5 terhadap beberapa isolat CMV dan AMV pada tanaman paprika. hlm. 104–107. Dalam S.H.K. Suparman, (Ed.). Prosiding Kongres Nasional XIV dan Seminar Ilmiah PFI, Palembang.
- Sumardiyono, C., S.M. Widyastuti, dan Y. Assi. 2001. Pengimbasan ketahanan pisang terhadap penyakit layu fusarium dengan *Pseudomonas fluorescens*. hlm. 257–259. Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah PFI, Bogor, 22–24 Agustus 2001.
- Teliz, O.M. and W.H. Brukholder. 1960. A strain of *Pseudomonas fluorescens* antagonistics to *Pseudomonas phaseicola* and other bacterial plant pathogen. Phytopathology 50: 119–123.
- Thomashow, L.S. and D.M. Weller. 1988. Role of penazine antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. J. Bacteriol. 170: 3499–3508.
- Tombe, M. 2002. Potensi agensia hayati dalam pengendalian penyakit tanaman berwawasan lingkungan dan peranannya dalam meningkatkan sektor agribisnis. hlm. 13–34. Prosiding Seminar Nasional PFI Komda Purwokerto.
- Tombe, M., Sukanto, Zulhisnain, dan E. Taufik. 1999. Penggunaan *Fusarium oxysporum* nonpatogenik (FoNP) untuk memperoleh bibit panili yang bebas patogen BBP. hlm. 152–159. Prosiding Simposium Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. Puslitbangun dan APPI, Bogor.
- Wahyuno, D., D. Manohara, dan K. Mulya. 2003. Peranan bahan organik pada pertumbuhan dan daya antagonisme *Trichoderma harzianum* dan pengaruhnya terhadap *Phytophthora capsici*. Jurnal Fitopatologi Indonesia 7(2): 76–82.
- Winarto, B., Suhardi, dan Hanudin. 1998. Pengendalian hayati *Diplocarpon rosae* pada mawar dengan mikroorganisme epifit. Jurnal Hortikultura 7(4): 919–926.
- Yuen, G.Y., M.N. Schroth, and A.H. McCain. 1985. Reduction of Fusarium wilt of carnation with suppressive soils and antagonistic bacteria. Plant Dis. 69: 1071–1075.