

PENINGKATAN PERANAN MIKROORGANISME DALAM SISTEM PENGENDALIAN PENYAKIT TUMBUHAN SECARA TERPADU

Dr.Ir.HASANUDDIN,MS

Jurusan Hama Dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian
Universitas Sumatera Utara

1. PENDAHULUAN

Pengendalian hayati khususnya pada penyakit tumbuhan dengan menggunakan mikroorganisme telah dimulai sejak lebih dari 70 tahun yang lalu, tepatnya pada tahun 1920 sampai 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 di Barkley pada tahun 1963 diadakan simposium internasional pengendalian hayati dengan tema "*Ecology of Soilborne Plant Pathogen-Prelude to Biological Control*", Buku pertama tentang pengendalian hayati terbit pada tahun 1974 oleh Baker dan Cook dengan judul "*Biological Control of Plant Pathogens*", satu panitia untuk pengendalian hayati pada American Phytopathological Society kemudian didirikan pada tahun 1976. Sekarang ini sudah menjadi satu pengetahuan bahwa pengendalian hayati akan memainkan peranan penting dalam pertanian pada masa akan datang. ini terutama disebabkan kekhawatiran terhadap bahaya penggunaan bahan kimia sebagai pestisida. Sejumlah mikroba telah dilaporkan dalam berbagai penelitian efektif sebagai agen pengendalian hayati hama dan penyakit tumbuhan diantaranya adalah dari genus-genus *Agrobacterium*, *Ampelomyces*, *Arthrobotys*, *Ascocoryne*, *Bacilllls*, *Bdellovibrio*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Coniothyrium*, *Dactylella*, *Endothia*, *Erwinia*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Hansfordia*, *Laetisaria*, *Myrothecium*, *Nematophthora*, *Penicillium*, *Peniophora*, *Phialophora*, *Pseudomonas*, *Pythium*, *Scytalidium*, *Sporidesminium*, *Sphaerellopsiss*, *Trichoderma*, dan *Verticillium*.

Pertanian modern di seluruh dunia saat ini dibebani oleh berbagai tuntutan mendesak untuk mengatasi berbagai kemelut dunia, selain pertanian modern harus memenuhi kebutuhan pangan penduduk seluruh dunia, sektor ini harus pula memenuhi tuntutan ekonomi sebagai penghasil devisa. Karena itu berbagai kebijakan dibidang pertanian di negara manapun selalu terkait erat dengan berbagai kebijakan di bidang politik sesuatu negara, atau hubungannya dengan dunia intemasional. Sebagai usaha untuk mengatasi tuntutan di atas telah menjadi satu keharusan bahwa usaha pertanian harus memproduksi berbagai jenis hasilnya dalam jumlah yang banyak yang melebihi kebutuhan dalam negeri sehingga dengan demikian dapat berperan sebagai penghasil devisa untuk pembangunan ekonomi dan politik negara. Karena itu pertanian modern selalu dicirikan dengan penggunaan energi berupa pupuk dan pestisida.

Tidak dapat disangkal lagi bahwa konsep penggunaan pupuk dan pestisida yang telah diterapkan di pertanian modern telah menimbulkan berbagai efek disamping seperti pencemaran lingkungan di pabrik-pabrik penghasil pupuk dan pestisida maupun dilahan-lahan pertanian yang menggunakan bahan kimia ini, biaya produksi yang semakin tinggi akibat mahalnya harga yang harus ditebus petani untuk setiap kebutuhan pupuk dan pestisida persatuan luas atau persatuan produksi dan kelergatungan negara, pengguna kepada negara penghasil pupuk dan pestisida.

Sehingga pertanian modern sekarang dapat dicirikan sebagai usaha biaya tinggi. Sebuah cita-cita yang menelan dirinya sendiri.

Masalah penggunaan pestisida tidak terbatas pada yang telah disebut di atas, pestisida telah pula menyebabkan timbulnya strain hama dan penyakit tumbuhan yang resisten terhadap bahan beracun ini, sehingga setiap kali usaha pengendalian terhadap organisme pengganggu ini menemui kegagalannya dan setiap kali itu pula mesti dihasilkan bahan kimia baru yang memerlukan biaya penelitian yang sangat mahal baik secara ekonomi maupun biaya pencemaran terhadap lingkungan yang tidak dapat dihitung secara pasti. Masalah-masalah di atas dan masalah-masalah lain yang telah ditimbulkan pertanian modern yang telah memasukkan energi tinggi kesetiap satuan luas lahan telah mendorong pertanian modern untuk menggali berbagai potensi alam terutama terhadap mikroba dan serangga berguna bagi meningkatkan hasil pertanian. Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa banyak jenis mikroba sangat potensial sebagai pengganti pupuk kimia dan pestisida yang dapat diaplikasikan kelapangan dalam skala luas.

2. HABITAT MIKROBA BERGUNA DALAM PHT

Iklim wilayah Indonesia yang tidak banyak berbeda sepanjang tahun menjadikan negara kita satu diantara negara yang menyimpan keragaman hayati yang sangat berharga dan perlu dikelola secara benar dan efektif. Sayangnya kesadaran akan hal ini justru muncul dari banyak pakar keragaman hayati luar negeri yang begitu prihatin terhadap pengelolaan keragaman hayati di Indonesia. Salah satu yang perlu menjadi perhatian kita adalah Mikroorganisme berguna yang akan kita manfaatkan secara maksimal didalam sistem PHT.

Secara keseluruhan habitat hidup mikroorganisme yang banyak berperan di dalam pengendalian hayati adalah di dalam tanah disekitar akar tumbuhan (rizosfir) atau di atas daun, balang, bunge, dan buah (fillosfir). Mikroorganisme yang bisa hidup pada daerah rizosfir sangat sesuai digunakan sebagai agen pengendalian hayati ini mengingat bahwa rizosfir adalah daerah yang utama dimana akar tumbuhan terbuka terhadap serangan patogen. Jika terdapat mikroorganisme antagonis pada daerah ini patogen akan berhadapan selama menyebar dan menginfeksi akar. Keadaan ini disebut hambatan alamiah mikroba dan jarang dijumpai, mikroba antagonis ini sangat potensial dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati (Weller 1988).

3. PERANAN PSEUDOMONADS FLUORESCENS DALAM PENGENDALIAN BIOLOGI

Bakteri dilaporkan bisa menekan pertumbuhan patogen dalam tanah secara alamiah, beberapa genus yang banyak mendapat perhatian yaitu *Agrobacterium*, *Bacillus*, dan *Pseudomonas*.

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 sub-grup berpendarfluor (*Fluorescent*) yang dapat mengeluarkan pigmen phenazine (Brock & Madigan 1988).

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* (Stanier et al 1965).

Pseudomonas sp. telah diteliti sebagai agen pengendalian hayati penyakit tumbuhan (Hebbar et al. 1992; Weller 1983).

Diseluruh dunia perhatian kepada golongan bakteri *Pseudomonas sp.* ini dimulai dari penelitian yang dilakukan di University of California, Barkeley pada tahun 70-an. Burr et al (1978) dan Kloepper et al (1980) mengatakan bahwa strain *P. fluorescens* dan *P. putida* yang diaplikasikan pada umbi kentang telah menggalakkan pertumbuhan umbi kentang. Schroroth dan Hancock (1982) mengatakan bahwa pseudomonad pendarfluor meningkatkan hasil panen umbi kentang 5-33%, gula beet 4-8 ton/ha. dan menambah berat akar tumbuhan radish 60-144%. Strain ini dan strain-strain yang sama dengannya disebut sebagai rizobakteri perangsang per tumbuhan tanaman (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*, PGPR). Sebutan sebagai rizobakteri pada bakteri *Pseudomonas spp.* sehubungan dengan kemampuannya mengkoloni disekitar akar dengan cepat (Schroroth & Hancock 1982).

Kloepper dan Schroth (1978) mengatakan bahwa kemampuan PGPR sebagai agen pengendalian hayati adalah karena kemampuannya bersaing untuk mendapatkan zat makanan, atau karena hasil-hasil metabolit seperti siderofor, hidrogen sianida, antibiotik, atau enzim ekstraselluler yang bersifat antagonis melawan patogen (Kloepper & Schroth. 1978; Thomashow & Weller 1988; Weller 1988).

Wei et al. (1991) mengatakan bahwa perlakuan benih timun menggunakan strain PGPR menyebabkan ketahanan sistemik terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan *Colletotrichum orbiculare*. Alstrorn (1991) menyebutkan aplikasi *P. fluorescens* strain S97 pada benih kacang 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.

Baru-baru ini telah dibuktikan bahwa *Pseudomonas spp.* dapat menstimulir timbulnya ketahanan tanaman terhadap infeksi jamur patogen akar, bakteri dan virus (Van Peer et al 1991; Wei et al. 1994; Zhou et al. 1992; Alstrom 1991). 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.

Perlakuan bakteri pada benih tumbuhan lobak dan umbi kentang menggunakan *P. fluorescens* strain WCS374 menunjukkan pengaruh pertumbuhan yang nyata (Geels & Schippers 1983). Sedangkan *P. putida* strain WCS374 telah meningkatkan pertumbuhan akar dan produksi umbi kentang (Baker et al 1987; Geels & Schippers 1983). Leemon et al. (1995) mengatakan bahwa siderofor dari *P. fluoresces* WCS374 dapat berperan sebagai perangsang pertumbuhan tumbuhan dan menekan pertumbuhan *F. oxysporon f sp. raphani* penyebab penyakit layu *Fusarium* pada tumbuhan lobak. Hambatan terhadap penyakit layu *Fusarium* pada tumbuhan *carnation* diduga disebabkan persaingan terhadap unsur besi (Duijff 1993).

Wei et al. (1991) mengatakan bahwa ketahanan sistemik akan terjadi pada timun terhadap infeksi *Colletotrichum orbiculare* setelah inokulasi benih timun dengan strain PGPR Alstrom (1991) mengatakan bahwa perlakuan benih kacang dengan *P. fluorescens* strain S97 menyebabkan ketahanan sistemik terhadap infeksi *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. Zhou et al. (1992) dan Zhou dan Paulitz (1994) mengntakan bahwa strain *Pseudomonas* spp. menyebabkan ketahanan sistemik tumbuhan timun terhadap *Pythium aphanidetmatum*. Contoh-contoh PGPR yang mampu berperan sebagai agen penyebab ketahanan sistemik tersebut di atas adalah karena perlakuan akar, tanah, atau biji dengan rizobakteri.

Mekanisme kerja dari agen pengendalian hayati umumnya digolongkan sebagai persaingan zat makanan, parasitisme, dan antibiosis (Fravel 1988; Weller 1988). Peranan antibiotik dalam pengendalian hayati telah dikaji oleh Siminoff dan Gottlieb (1951). Penelitian mereka menunjukkan bahwa kemampuan *Streptomyces griseus* pengeluar antibiotik streptomisin dan strain mutasi yang tidak menghasilkan antibiotik dalam menekan pertumbuhan *Bacillus subtilis* ternyata tidak berbeda tingkat antagonisnya, penelitian ini telah membuat Siminoff dan Gottlieb (1951) berkesimpulan bahwa antibiotik bukan satu-satunya penyebab timbulnya antagonis.

Kemajuan dalam rekayasa genetik telah membolehkan penelitian terhadap mutan dijalankan dengan lebih akurat dan terperinci sehingga banyak hipotesis tentang antibiotik telah dibuktikan, misalnya *Pseudomonas fluorescens* adalah agen pengendalian hayati penyakit *take-all* pada gandum yang disebabkan *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. Bakteri ini terbukti menghasilkan antibiotik phenazin yang menekan pertumbuhan *G. graminis* dalam pengendalian hayati (Thornashow & Weller 1987; Thomashow et al. 1986; Weller et al. 1985).

4. BAKTERI SEBAGAI AGEN PENGHASIL ANTIBIOTIK

Antibiotik umumnya adalah senyawa organik dengan berat molekul rendah yang dikeluarkan oleh mikroorganismenya. Pada kadar rendah, antibiotik dapat merusak pertumbuhan atau aktivitas metabolit mikroorganismenya lain (Fravel 1988). Rose (1979) mengatakan bahwa pada tahun 1979 diperkirakan telah dikenal 3000 jenis antibiotik dengan penambahan 50-100 jenis antibiotik baru setiap tahunnya.

Hubungan antara aktifitas pengendalian hayati antibiotik secara in vivo dengan aktifitas secara in vitro. Keluaran antibiotik chetomin secara in vitro oleh *Chaetomium globosum* berkorelasi positif dengan antagonisnya terhadap *Venturia inequalis* pada bibit pohon apel (Cullen & Andrews 1984). Hal yang sama adalah adanya zon hambatan *Agrobacterium radiobacter* terhadap *A. tumefaciens* secara in vitro dan kemampuannya sebagai agen pengendalian hayati di lapang pada tanaman persik. Satu penelitian yang dilakukan oleh Broadbent et al. (1971) telah rnenguji secara in vitro 3500 mikroorganismenya sebagai agen antagonis, dari penelitian ini diperkirakan 40% mikroorganismenya menekan pertumbuhan satu atau lebih patogen dan 4% diantaranya berpotensi sebagai agen pengendalian hayati di tanah. Broadbent et al (1971) berkesimpulan bahwa organismenya yang menekan pertumbuhan secara in vitro juga akan menekan pertumbuhan patogen di tanah, mikroorganismenya yang tidak menekan pertumbuhan secara in vitro juga tidak menekan pertumbuhan dalam tanah. Namun perlu diketahui bahwa pengeluaran antibiotik sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan nutrisi mikroorganismenya.

Filtrasi medium pembiakan bebas sel atau ekstrak dari filtrasi telah diuji kemungkinan peranannya sebagai antibiosis dalam pengendalian hayati. Filtrasi bebas sel *T. flavus* efektif terhadap mikrosklerotium *V. dahliae* pada tanah steril

(Fravel et al 1987). Filtrasi dari medium pertumbuhan mutan *T. harzianum* menekan pertumbuhan patogen busuk basah *S. cepivorum* (Papavizas et al. 1982). Manakala filtrasi steril dari kultur *Bacillus subtilis* diaplikasikan tiga kali seminggu mengendalikan penyakit karat pada tanaman kacang dilapangan nyata lebih baik dari fungisida mancozeb dengan aplikasi satu kali seminggu (Baker et al. 1985).

Baru-baru ini satu penelitian tentang peranan antibiotik di dalam tanah menunjukkan bahwa kebanyakan hasil metabolit seperti antibiotik terikat pada tanah liat dan bahan organik tanah, atau terurai dengan cepat oleh mikroflora. Kebanyakan antibiotik tidak dapat terlepas dari tanah liat (Pinck et.al.1962).

Howell dan Stipanovic (1979) telah mengidentifikasi antibiotik pyrrolnitrin (*3-chloro-4-[2 '-nitro-3 '-chloro-phenyl]-pyrrole*) 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) 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 *P. fluorecens* strain Pf-5 yang antagonis terhadap *Pythium ultimum*. Dari kultur *P. fluorescens* Pf-5 diisolasi antibiotik pyoluteorin (*4,5-dichloro-1 H-pyrrol-2-yl-2,6-dihidroksy-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. fluorescens* lebih efektif mengendalikan penyakit dibandingkan penggunaan antibiotiknya.

5. BAKTERI SEBAGAI AGEN PENGHASIL SIDEROFOR

Siderofor adalah senyawa organik selain antibiotik yang dapat berperan dalam pengendalian hayati penyakit tumbuhan. Siderofor diproduksi secara ekstrasel, senyawa dengan berat molekul rendah dengan afinitas yang sangat kuat terhadap besi (III). Kemampuan siderofor mengikat besi (III) merupakan pesaing terhadap mikroorganisme lain, banyak bukti-bukti yang menyatakan bahwa siderofor berperan aktif dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen (Fravel 1988).

Selain peranannya sebagai agen pengangkutan besi (III), siderofor juga aktif sebagai faktor pertumbuhan, dan beberapa diantaranya berpotensi sebagai antibiotik (Neilands 1981). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa siderofor berpendarfluor kuning-kehijauan yang dihasilkan oleh pseudomonad pendarfluor disebut sebagai pseudobactin bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman (Neilands & Leong 1986; Leong 1986). Pigmen pendarfluor hijau-kekuningan larut dalam air, dikeluarkan oleh kebanyakan spesies *Pseudomonas*. Diantara spesies yang banyak diteliti sehubungan dengan pigmen ini adalah *P. airuginosa*, *P. ovalis*, *P. mildenbergii*, *P. reptilivora*, *P. geniculata*, *P. calciprecipitans*. Pengenalan terhadap pigmen ini tidak susah,

terutama jika bakteri dikulturkan pada medium King's B (KB). Ciri-ciri sebagai pengeluar pigmen ini masih digunakan sebagai penanda taksonomi untuk identifikasi bakteri ini yang disebut sebagai bakteri *Pseudomonas* pendarfluor (Meyer et al. 1987).

Pseudobaktin akan dihasilkan *Pseudomonas* B 10 jika dikulturkan pada medium stress besi. Penelitian menunjukkan bahwa *pseudobactin* hijau-kekuningan efektif menekan pertumbuhan *E. carotovora*, manakala *pseudobactin* merah-kecoklatan tidak menekan pertumbuhan *E. carotovora*. Menurut Kloepper et al. (1980) secara in vitro, *pseudobactin* menekan pertumbuhan karena pengikatan besi (III). Perlakuan tumbuhan umbi kentang dengan suspensi sel bekteri strain B 10 dan pseudobaktin menunjukkan pertambahan pertumbuhan yang berarti. Populasi jamur patogen parle sekitar akar juga menjadi berkurang karena perlakuan bakteri strain B 10 (2.3 unit pembentukan koloni (cfu) per 10 cm akar; atau berkurang 59 persen) dan dengan perlakuan pseudobaktin (1.4 cfu per 10 cm akar; atau berkurang 74 persen) berbanding perlakuan dengan air (5.5 cfu per 10 cm akar), sedangkan perlakuan bakteri mutan takberpendarfluor yang tidak menghasilkan siderofor tidak menekan pertumbuhan *E. carotovora* dan tidak pula menyebabkan pertambahan pertumbuhan pada umbi kentang walaupun bakteri mengkoloni akar tumbuhan (Kloepper et al. 1980). Hasil di atas menunjukkan bahwa pseudomonad pendarfluor berperan dalam mempercepat pertumbuhan karena siderofor yang dihasilkannya efisien mengikat besi (III) pada zon akar, menyebabkan besi (III) tidak tersedia bagi mikroorganisme *rhizoplane* termasuk mikroorganisme patogen tumbuhan (Leong 1986).

Menurut Neilands dan Leong (1986) mungkin semua pseudomonad pendarfluor dapat menghasilkan siderofor sejenis pseudobaktin yang masing-masing berbeda dalam hal jumlah dan susunan asam amino dalam rantai peptide. Pseudomonad pendarfluor banyak diteliti sehubungan dengan kemampuan bakteri ini sebagai perangsang pertumbuhan (Plant Growth Promoting Rhizobacteria=PGPR) dan menekan serangan penyakit yang disebabkan *Fusarium oxysporum* dan penyakit akar yang disebabkan *Gaeumannomyces graminis*. Mekanisme kerja PGPR diketahui sebagai senyawa yang berfungsi sebagai pemasok zat makanan, bersifat antibiosis, atau sebagai hormon pertumbuhan, atau penggabungan dari berbagai cara tersebut.

Pseudomonad pendarfluor yang diisolasi dari tanah yang secara alami menekan pertumbuhan *Fusarium* juga menekan pertumbuhan *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* penyebab penyakit take-all (Wong & Baker 1984), penelitiannya membuktikan bahwa tidak hubungan antara hambatan antibiosis yang dihasilkan bakteri secara in vitro di atas agar dan hambatannya terhadap penyakit pada tanaman di dalam polibag.

Menurut Wong dan Baker (1984) hasil ini menunjukkan bahwa mekanisme pengendalian patogen karena persaingan zat besi. Menurut Neilands dan Leong (1986) jamur-jamur patogen tidak menunjukkan kemampuan menghasilkan siderofor jenis yang sama dengan yang dihasilkan bakteri *Pseudomonas* spp. sehingga jamur patogen mengalami defisit unsur besi menyebabkan pertumbuhan patogen menjadi terhambat.

6. PENUTUP

Pertanian modern sebagaimana yang telah disaksikan hari ini ternyata gagal dalam memenuhi harapannya sendiri terbukti dengan timbulnya berbagai kerusakan alam yang terjadi akibat budidaya pertanian hal ini tentu terasa sangat ironis karena seharusnya pertanian adalah satu-satunya usaha manusia yang paling akrab dengan

alam justru telah mencemari alam tempatnya berpijak dengan menumpahkan berbagai bentuk bahan kimia sintetis berupa pupuk dan pestisida. Akibat penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan ini telah merusak keseimbangan hayati terbukti dengan munculnya resurgensi hama dan patogen dan meningkatnya serangan hama dan patogen sekunder dan menurunnya populasi serangga dan mikroorganisme antagonis yang berperan sebagai agensia pengendalian hayati.

Dengan kesadaran baru dibidang pertanian yaitu dengan penerapan sistem pengendalian hama terpadu (PHI) dengan cara memaksimalkan penerapan berbagai metode pengendalian hama secara komprehensif dan mengurangi penggunaan pestisida.

Salah satu komponen PHI tersebut adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan bakteri antagonis. Berbagai penelitian tentang bakteri antagonis terbukti bahwa beberapa jenis bakteri potensial digunakan sebagai agensia hayati. Bakteri-bakteri antagonis ini diantaranya selain dapat menghasilkan antibiotik dan siderofor juga bisa berperan sebagai kompetitor terhadap unsur hara bagi patogen tanaman. Pemanfaatan bakteri-bakteri antagonis ini dimasa depan akan menjadi salah satu pilihan bijak dalam usaha meningkatkan produksi pertanian sekaligus menjaga kelestarian hayati untuk menunjang budidaya pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alstrom, S. 1991. *Incudtion of disease resistance in comman bean susceptible to halo bloght bacterial pathogen after seed bacterization with rhizosphaera pseudomonads*. J. Gen. Appla. Mivrobiol. 37: 495-501.
- Baker, C.J., Stavely, J.R., & Mock. N. 1985. *Biocontrol of bean rust by Bacillus subtilis under field conditions*. Plant Disease. 69: 770-772.
- Baker, C.J., Stavely, J.R., Thomas, C.A., Sasser, M., & MacFall, J.S. 1983. *Inhibitory effect of Bacillus subtilis on Uromyces phaseoli and on development of rust pustules on Bean leaves*. Phytopathology. 73: 1148-1152.
- Brock. T.D. & Madigan, M.T. 1988. *Biology of microorganism*. Prentice-Hall International Edition.
- Burr, T.J., Scroth, M.N., & Suslow, T. 1978. *Increased potato yields by treatment of seed pieces with specific strains of Pseudomoans fluorescen and P. putida*. Phytopathology. 68: 1377-1383.
- Cullen, D., & Andrews, J.H. 1984. *Evidence for the role of antibiotic in the antagonism of Chaetomium globosum to the apple scab pathogen, Venturia inaequalis*. Can. J. Bot, 62: 1819-1823.
- Duifjff, B.J., Meijer, J. W., Bakker, P.A.H.M., dan Schippers, B. 1993. *Siderophore-mediated competition for iron and induced resistance in the ssuppression of Fusarium wilt of carnation by fluorescent Pseudomonas spp*. Neth. J. Plant Pathol. 99: 277-289.
- Fravel, D.R. 1988. *Role of antibiosis in thebiocontrol of plant dieases*. Annu. Rev. Phytopathology. 26: 75-91.

Fravel D.R., Kim, K.K. & Papavizas, G.C. 1987. *Viability of microsclerotia of Verticillium dahliae reduced by a metabolite produced by Talaromyces flavus*. *Phytopathology*. 77: 616-619.

Geels, F.P & Schippers, B. 1983. *Reduction of yield depression in high frequency potato cropping soil after seed tuber treatments with antagonistic fluorescent Pseudomonas spp.* *J. Phytopathol* 108:207-214.

Hebbar, K.P., Atkinson, D., Tucker, W. & Dart. P.J. 1992. *Suppression of Fusarium moniliforme by maize root-associated Pseudomonas cepacia*. *Soil Biol Biochem*. 24: 1009-1020.

Howell. C.R. & Stipanovic, R.D. 1979. *Control of Rhizoctonia solani on cotton seedling with Pseudomonas fluorescens and with an antibiotic produced by the bacterium*. *Phytopathology*. 69: 480-482.

Howell. C.R. & Stipanovic, R.D. 1980. *Suppression of Pythium ultimum induced damping-off of cotton seedling by Pseudomonas fluorescens and its antibiotic, Pyoluteorin*. *Phytopathology*. 70: 712-715.

Kloepper, J.W., & Schroth, M.N. 1978. *Plant growth-promoting rhizobacteria on radish*. 879-882. *Dlm. Proc. 4th into Conf. Plant Pathogenic Bact.* Gibert-Clarey, Tours, Franco.

Kloepper, J.W., Leong, J., Teintze, M. & Schroth, M.N. 1980. *Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria*. *Nature*. 286: 885-886.

Leeman, M., Van Pelt J.A, Den Ouden, F.M., Heinsbroek, M., Bakker, P.A.H.M., dan Schippers, B. 1995. *Introduction of systemic resistance against Fusarium wilt of radish by lipopolysaccharides of Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology*. 85: 1021-1027

Leong, .T. 1986. *Siderophore : Their biochemistry and possible roling the biocontrol of plant pathogens*. *Annu. Rev. Phytopathology*. 24: 187-209.

Maurhofer, M., Hase, C., Meuwly, P., Metraux, J.P., & Defago, G. 1994. *Introduction of systemic resistance of tobacco to tobacco necrotis virus by root-colonizing Pseudomonas fluorescens strain CHAO: influence of the gacA gene and of pyoverdine production*. *Phytopathology*. 84: 139-146.

Meyer, J.M., Halle, F., Hohnadel, D., Lemanceau, P. & Ratefiarivelo, H. 1987. *Dlm. Winkelmann, G., Helm, D., Neilands, J.B. Iron transfort in microbes, plant and animal*. 189-205. *VCH. W einheim*.

Neilands, J.B. 1981. *Microbial iron compounds*. *Ann. Rev. Biochem*. 50: 715-731.

Neilands, J.B. & Leong, S.A. 1986. *Siderophores in relation to plant growth and disease*. *Ann. Rev. Plant. Physiol*. 37: 187-208.

Papavizas, G.C., Lewis, J.A., & Abd-El Moity. T .H. 1982. *Evaluation of new biotypes of Trichoderma harzianum for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities*. *Phytopathology*. 72: 126-132.

- Pink, L.A., Holton, W.F., & Allison, F. 1961. Antibiotikin soils: I. *Physiochemical studies of antibiotics-clay complexes*. Soil Sci. 91: 22-28.
- Rose, A.H. 1979. *Economic microbiology. Secondary products of metabolism*. Vol. 3. Academic. New York
- Stanier, R. Y., Palleroni, N.J., & Doudoroff, M. 1966. *The aerobic Pseudomonads: a taxonomic study*. J. Gen Microbiol 43: 158-271.
- Thomashow, L.S. & Weller, D.M. 1988. *Role of phenazine antibiotic from Pseudomonas fluorescens in biological control of Gaeumannomyces graminis var. tritici*. J. Bacteriol 170: 3499-3508.
- Van Peer, R., Niemann, G.J. & Schippers, B. 1991. *Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of carnation by Pseudomonas sp. strain WCS417r*. Phytopathology. 81: 728-733.
- Voisard, C., Keel C., Haas, D., & Defago, G. 1989. *Cyanide production by Pseudomonas fluorescens helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions*. Eur. Mol Biol. Org.J. 8: 351-358.
- Wei, G., Kloepper, J.W., & Tuzun, S. 1991, *Induction of systemic resistance of cucumber to Colletotrichum orbiculare by select strain of plant growth-promoting rhizobacteria*. Phytopathology. 81: 1508-1512.
- Weller, D.M. 1988. *Biological control of soil-borne pathogens in the rhizosphere with bacteria*. Annu. Rev. Pythopathology. 26: 379-407
- Weller, D.M. 1983. *Colonization of wheat roots by a fluorescent Pseudomonads: suppressive take-all*. Phytopathology. 73: 1548-1553.
- Weller, D.M., Zang B,-X., Cook, R.J. 1985. *Application of a rapid screening test for selection of bacteria suppressive to take-all of wheat*. Plant Dis. 69: 710-713.
- Wong, P.T.W., & Baker, R. 1984. *Suppression of wheat take-all and Ophiobolus patch by fluorescent pseudomonads from a Fusarium-suppressive soil*. Soil , Biol. Bichem. 16: 397-403
- Zhou, T. & Paulitz, T. C. 1993. *In vitro and in vivo effects: of Pseudomonas spp. On Pythium aphanidermatum: Zoospore behavior in exudates and on the rhizoplane of bacteria-treated cucumber roots*. Phytopathology. 83: 872-876.
- Zhou, T ., Rankm, L. & Paulitz, T. C. 1992. *Induced resistance in the biological control of Pythium aphanidermatum by Pseudomonas .spp. On European cucumber*. (Abstr.) Phytopathology. 82: 1080.