

TANAH SUPRESIF: TERMINOLOGI, SEJARAH, KARAKTERISTIK, DAN MEKANISME *SUPPRESSIVE SOIL: TERMINOLOGY, HISTORY, CHARACTERISTIC, AND MECHANISM*

Hadiwiyono*

Jurusan Agroteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

**Penulis untuk korespondensi. E-mail: hadi_hpt@yahoo.com*

ABSTRACT

Many definitions of the suppressive soil purposed were proposed by some authors, however in summary, suppressive soil is the soil where virulent pathogen and susceptible host exist but the population and or disease produced by the pathogen are limited, due to the biotic factors supported by some specific environmental conditions. The suppressive soil phenomena has been recognized since 100 years ago, but it was thought as an interesting field since 30 years ago, and since the year many research topics related to the suppressive soil are conducted and leading to be popular. Based on the characteristic, suppressive soil could be grouped into general suppressive involving an antagonistic microbe complex being nontransferable, and specific suppressive caused by one or some antagonistic microbe being transferable. Antagonism mechanism of the microbes involved in the suppressiveness could be through antibiosis, competition, parasitism, predatism, and induced resistance.

Key words: *antagonism, biological control, suppressive soil*

INTISARI

Banyak batasan tanah supresif diberikan oleh para ahli, namun dapat disarikan bahwa tanah supresif merupakan tanah dengan patogen virulen dan inang rentan tetapi populasi dan atau penyakit yang ditimbulkan tertekan, oleh faktor hayati yang didukung oleh lingkungan yang spesifik. Fenomena tanah supresif telah diketahui sejak lebih 100-an tahun yang lalu, namun mendapat perhatian baru sejak 30-an tahun yang lalu, dan sejak itu penelitian-penelitian yang mempelajari tanah supresif semakin banyak dan populer. Berdasarkan karakteristiknya, tanah supresif ada dua kelompok yaitu supresif umum yang melibatkan kompleks mikroba antagonis yang tidak dapat dipindahkan (*nontransferable*), dan supresif khusus yang disebabkan satu atau beberapa mikroba antagonis yang dapat dipindahkan. Mekanisme antagonisme mikroba yang berperan dalam kesupresifan tanah dapat melalui antibiosis, kompetisi, parasitisme, predatisme, dan resistensi terimbas.

Kata kunci: antagonisme, pengendalian hayati, tanah supresif

PENGANTAR

Kurang ketersediaan cara pengendalian secara kimia yang dapat diandalkan, kemunculan galur resisten terhadap fungisida sintetik, tidak atau kurang ketersediaan varietas tahan, dan kepatahan resistensi oleh kemunculan galur virulen patogen adalah sebagian faktor yang mendasari upaya untuk mengembangkan cara-cara pengendalian lain (Weller *et al.*, 2002). Di samping itu, pengembangan alternatif pengendalian telah didorong oleh peningkatan kepedulian masyarakat tentang dampak negatif penggunaan fumigan seperti metil bromida pada lingkungan dan kesehatan manusia (Lenteren, 2003). Lebih luas lagi, isu pasar global yang menghendaki produk pertanian aman dan diusahakan melalui sistem pertanian yang ramah lingkungan, berdasarkan konsep pertanian berkelanjutan, dan pengelolaan hama terpadu, telah mendorong pengembangan teknik-teknik pengendalian baru yang lebih ramah lingkungan

untuk mengatasi gangguan berbagai jasad pengganggu (Sullivan, 2004). Pengendalian hayati merupakan alternatif pemecahan masalah penyakit bawaan tanah yang semakin banyak mendapatkan perhatian, karena bersifat ramah lingkungan dan kompatibel dengan sistem pertanian berkelanjutan. Tanah supresif merupakan fenomena pengendalian hayati alami yang sekarang banyak mendasari pengembangan pengendalian hayati patogen tular tanah. Pengendalian hayati dan pengembangan praktik bercocok tanam untuk peningkatan supresivitas tanah merupakan komponen penting dalam pengelolaan penyakit bawaan tanah (Borneman & Becker, 2007). Artikel ini mengulas terminologi, sejarah, karakter, dan mekanisme tanah supresif.

TERMINOLOGI

Pengertian tanah supresif (*suppressive soil*) dalam bahasan ini secara lengkap adalah tanah

supresif penyakit (*disease-suppressive soil*) dengan antonim tanah kondusif (*conducive soil* atau *nonsuppressive soil*) atau tanah kondusif penyakit (*disease-conducive soil*). Istilah tanah supresif penyakit sering dipakai secara bergantian dengan istilah tanah supresif patogen. Menurut Hornby (1983) perbedaan kedua istilah tersebut, bahwa tanah supresif patogen ditujukan ketika patogen berkembang secara saprofit atau bertahan hidup di luar tanaman inang, sedangkan tanah supresif penyakit, patogen berkembang pada stadium parasit pada atau dalam tanaman inang. Apabila ditelaah berdasarkan kata bentukan, kedua istilah tersebut berbeda makna. Hal ini karena kata patogen tidak bersinonim dengan kata penyakit. Upaya pembedaan ini menekankan pada stadium perkembangan patogen, kemudian bagaimana dengan kejadian patogen berkembang tetapi kurang atau tidak menimbulkan penyakit, atau tanaman toleran dengan patogen berkembang tetapi intensitas penyakit rendah. Tampaknya, hal terakhir ini belum tercakup pada penjelasan perbedaan tersebut.

Campbell (1989) mendefinisikan tanah supresif sebagai tanah dengan perkembangan penyakit pada atau dalam inang rentan tertekan, meskipun patogen ada atau diintroduksi. Menurut Cook & Baker (1983) tanah supresif adalah tanah dengan patogen tidak dapat berkembang atau bertahan, berkembang tetapi menyebabkan sedikit atau tanpa kerusakan, atau berkembang dan menyebabkan penyakit untuk sementara waktu, kemudian penyakit tidak penting meskipun patogen dapat bertahan dalam tanah. Definisi tanah supresif yang lebih singkat dikemukakan oleh Alabouvette (1993), yaitu tanah dengan insidens penyakit tetap rendah meskipun ada patogen, tanaman inang rentan, dan kondisi iklim sesuai. Di dalam buku glosarium yang berjudul *Glossary of Plant Pathological Terms* karangan Shurtleff & Averre (1997) memberikan definisi tanah supresif sebagai tanah tempat penyakit tertentu tertekan oleh mikroba antagonis. Weller *et al.* (2002) mengatakan bahwa secara sederhana tanah supresif dapat diartikan tanah dengan penyakit tidak berkembang, sedangkan tanah kondusif adalah tanah dengan penyakit berkembang. Menurut Neate (2004), tanah supresif adalah tanah dengan kondisi sesuai untuk perkembangan patogen, namun patogen tidak berkembang, patogen berkembang tetapi tidak menghasilkan penyakit, atau berkembang dan kemudian menurun.

Menurut Palti (1981), tanah supresif penyakit yang dapat disebut juga tanah resisten penyakit adalah tanah tertentu yang memberikan fitopatogen kurang atau tidak dapat bertahan hidup dengan tumbuh secara saprofit maupun melakukan aktivitas patogen. Istilah lain yang pada dasarnya juga ditujukan untuk tanah supresif sering dipakai untuk sebutan tanah supresif pada kasus penyakit tertentu. Sebuah lembaga *United Fruit Company* di Amerika menyebut tanah lempung yang supresif terhadap layu fusarium pisang dengan tanah lempung berumur panjang, *long-life clay soil* (Baker, 1987). Peneliti lain menyebut tanah supresif dengan sebutan tanah resisten (*resistant soil*) (Burk, 1965 *cit.* Hornby, 1983; Palti, 1981). Alabouvette (1993) terkadang menyebut tanah yang menurunkan penyakit (*disease-reducing soil*) selain tanah supresif penyakit.

Beberapa peneliti menyebut terjadinya tanah supresif yang diimbangi oleh penanaman gandum rentan secara monokultur dengan istilah *decline*. Contohnya adalah *take-all decline*, penyakit *take-all* gandum yang disebabkan oleh jamur *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Ggt.) menjadi menurun setelah beberapa tahun ditanam gandum secara monokultur secara terus menerus (Campbell, 1989; Cook & Baker, 1983; Andrade *et al.*, 1994; Weller *et al.* 2002). *Potato scab decline* merupakan penurunan insidens penyakit kudis (*scab*) yang disebabkan oleh *Streptomyces scabies* pada tanaman kentang setelah penanaman kentang monokultur secara terus menerus beberapa tahun (Weller, 2002; Linda *et al.*, 2004). Duron & Parkin (1996) menyebut tanah sehat (*healthy soil*) ditujukan tanah dengan penyakit tidak berkembang. Mereka tersebut mendefinisikan tanah sehat sebagai suatu kapasitas fungsi tanah dalam suatu ekosistem dalam melanggengkan produktifitas secara hayati, mempertahankan kualitas dan memperbaiki pertumbuhan tanaman. *Department of Primary Industries and Fisheries, Australia* (2004) mendefinisikan kesehatan tanah sebagai suatu kapasitas ekosistem tanah yang penyakitnya dapat ditekan, produktifitas tanaman dapat dipertahankan, dan dampak minimum pada lingkungan.

Berdasarkan uraian ini dapat disimpulkan bahwa istilah tanah supresif lebih menekankan pada kapasitas penekanan tanah terhadap penyakit, sedangkan tanah sehat lebih menekankan pada kapasitas tanah untuk berproduksi secara optimum. Kapasitas produksi tanah dapat terekspresikan secara optimum apabila penyakit tidak berkembang atau pada status supresif.

SEJARAH

Hornby (1983) mengatakan bahwa penurunan insidens penyakit *take-all* pada gandum monokultur di Australia telah di laporkan oleh Roedeger pada tahun 1898. Menurut Baker (1987), tahun 1821 penyakit rebah semai (*Pythium debaryanum*) banyak terjadi pada tanah yang tidak steril, pada tahun 1892 telah dilaporkan penyakit layu Fusarium yang lebih merugikan pada tanah berpasir dari pada tanah lempung, pada tahun 1917 penurunan intensitas penyakit *take-all* pada gandum yang ditanam monokultur.

Pada tahun 1933 Walker dan Snyder melaporkan bahwa intensitas layu buncis (*F. oxysporum* f.sp. *pisi*) pada jenis tanah lempung pasir (*sandy loam*) di Wisconsin parah, sebaliknya pada tanah lempung merah (*red clay soil*) ringan (Cook & Baker, 1983). Pada tahun yang sama Reinking dan Manns juga melaporkan bahwa di Amerika Tengah penyakit panama yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f.sp. *cubense* lebih merugikan pada tanah pasir dibandingkan pada tanah lempung. Pada tanah pasir tanaman pisang bisa bertahan 10 tahun atau kurang, sedangkan pada tanah lempung tanaman pisang bisa bertahan 20 tahun atau lebih. Campbell (1989) mengatakan bahwa fenomena tanah supresif telah lama diakui keberadaannya, bahkan lebih 100 tahun tanah supresif telah diketahui, tetapi belum mendapat perhatian secara khusus. Saat itu perkembangan varietas resisten penyakit telah membebaskan permasalahan sehingga menunda kajian tentang tanah supresif.

Pada awalnya, meskipun mekanisme belum diketahui, fenomena tanah supresif telah mendasari teknik pengendalian tanaman. Contohnya adalah penggunaan seresah organik yang telah lama dipraktikkan untuk pengendalian penyakit bawaan tanah, yang akhirnya diketahui bahwa penggunaan seresah merupakan pengimbasan aktivitas pengendalian hayati oleh mikroba setempat sehingga tanah menjadi supresif (Palti, 1981). Contoh lain adalah penggunaan pembenah tanah organik atau kompos untuk pengendalian penyakit, yang merupakan fenomena pengimbasan kesupresifan tanah terhadap patogen oleh peningkatan mikroba antagonis yang baru diketahui kemudian (Hoitink & Boehm, 1999; Hoitink & Changa, 2004).

Semula kesupresifan tanah dianggap terjadi oleh faktor-faktor non-hayati seperti jenis tanah. Popularitas kata *suppress* yang bentuk kata sifatnya *suppressive* dan bentuk lawan katanya *conducive* secara luas diadopsi mulai pada tahun 1970-an dan belum populer sebelum tahun tersebut (Baker &

Cook, 1974 *cit.* Hornby, 1983). Setelah itu banyak tanah supresif terhadap berbagai patogen tular tanah dilaporkan (Palti, 1981; Cook & Baker, 1983; Hornby, 1983; Bruehl, 1987; Alabouvette, 1993; Neate, 2004). Pertama kali tanah supresif menjadi salah satu topik dalam publikasi sebuah buku pengendalian hayati pada tahun 1974 yang ditulis oleh Baker & Cook (Hornby, 1983). Setelah itu, tanah supresif telah menjadi salah satu subyek dalam banyak buku dan tinjauan pustaka (Palti, 1981; Cook & Baker, 1983; Hornby, 1983; Bruehl, 1987; Alabouvette, 1993; Neate, 2004).

KARAKTERISTIK

Menurut Janvier (2007), tanah supresif di alam dapat dideteksi dengan observasi bahwa insidens penyakit tetap rendah meskipun terdapat tanaman yang rentan, kondisi iklim sesuai untuk ekspresi penyakit, dan patogen berpeluang tinggi terintroduksi. Pembuktian bahwa suatu tanah bersifat supresif adalah mudah, melalui pengujian yang dilakukan di rumah kaca. Inokulum patogen diproduksi dan introduksikan ke dalam tanah secara buatan dan insidens penyakit pada inang rentan dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh inokulum yang sama pada tanah kontrol kondusif. Apabila semua kondisi lingkungan pengujian sama, maka perbedaan insidens penyakit merupakan sifat yang membedakan lingkungan dalam tanah.

Berdasarkan karakteristik keterlibatan mikroba dalam kesupresifan tanah, Cook & Baker (1983) dan Weller *et al.* (2002) mengelompokkan tanah supresif menjadi dua kelompok yaitu tanah supresif umum dan tanah supresif khusus. Supresif umum oleh peneliti lain disebut antagonisme non-spesifik atau umum (*general or nonspecific antagonism*) (Hornby, 1983), atau penyanggaan hayati (*biological buffering*) (Huber & Watson, 1970 *cit.* Weller *et al.*, 2002). Supresif umum berhubungan dengan biomassa mikroba total dalam tanah yang berkompetisi dengan patogen terhadap sumber kebutuhan hidup atau menyebabkan penghambatan melalui antagonisme. Supresif umum dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan organik, praktik agronomi tertentu, atau meningkatkan fertilitas tanah untuk peningkatan aktivitas mikroba. Kompleks mikroba bertanggungjawab pada supresif umum sehingga kesupresifannya tidak dapat dipindahkan (*nontransferable*) (Alabouvette, 1993; Cook & Baker, 1983; Weller *et al.*, 2002). Ketika inokulum patogen ditambahkan secara berpasangan pada tanah asli dan tanah steril, pengaruh supresif umum ditunjukkan dengan keparahan penyakit

yang lebih besar pada tanaman rentan yang ditumbuhkan pada tanah steril dibandingkan pada tanah non-steril (Weller *et al.*, 2002).

Supresif khusus (*specific suppressive*) bekerja terhadap satu latar belakang dari supresif umum tetapi lebih kualitatif, yang memberikan pengaruh lebih spesifik dari individu atau kelompok tertentu mikroba antagonis terhadap patogen selama beberapa stadium siklus hidupnya. Karakter kunci pada tanah supresif khusus adalah sifat supresif yang dapat dipindahkan (*transferable*) sehingga supresif khusus sering disinonimkan dengan supresif yang dapat dipindahkan (*transferable suppression*) (Cook & Baker, 1983; Weller *et al.*, 2002).

Menurut Hornby (1983), berdasarkan keberadaan tanah supresif dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok pertama adalah supresif yang sudah lama ada (*long-standing suppressive*) yaitu tanah supresif yang telah lama ada sebagai hasil suatu keadaan hayati yang secara alami berasosiasi dengan tanah tersebut, sehingga keberadaan supresivitas tanah tetap ada meskipun tanpa ada tanaman. Kelompok supresif kedua adalah supresif terimbas (*induced-suppressive*) yaitu tanah supresif yang kesupresifannya terjadi oleh praktik tanam tertentu seperti penanaman monokultur, sehingga ketidakadaan tanaman (misal karena rotasi tanaman) dapat menurunkan atau menghilangkan supresivitas. Hornby (1983) juga menjelaskan fenomena supresif terintroduksi (*introduced suppressive*) yang dimasukkan kelompok supresif terimbas. Hal ini didasarkan pada hasil percobaan dalam rangka pengujian hipotesis terkait dengan fenomena *take-all decline* yang diduga oleh adanya proteksi silang oleh antagonis jamur *Phialophora graminicola* dan galur jamur avirulen. Tanah yang diintroduksi dengan kedua macam jamur tersebut dapat mengimbas supresivitas serangan *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, namun kemudian proteksi silang ini diyakini bukan mekanisme utama *take-all decline* pada gandum monokultur (Cook & Baker, 1983; Hornby, 1983; Campbell, 1989).

Berdasarkan mikroba yang berperan, Cook & Baker (1983) membedakan tanah supresif terimbas mikroba setempat (*resident*) dan terimbas oleh mikroba eksogen yang diintroduksi untuk mengendalikan patogen tular tanah. Dalam praktik pengimbasan supresivitas oleh mikroba setempat dapat dilakukan dengan memanipulasi kondisi lingkungan sedemikian rupa sehingga menjadi sesuai untuk perkembangan mikroba antagonis. Supresif terintroduksi dapat dilakukan dengan cara menginfestasikan antagonis ke dalam tanah (Cook

& Baker, 1983; Campbell, 1989; Bellows, 1999; Mazzola, 2007).

MEKANISME

Setiap mikroba memerlukan habitat atau relung yang spesifik untuk dapat berkembang dan melakukan aktivitas hayati secara optimum. Di dalam agroekosistem, tanah dengan kompleks atribut fisika, kimia, dan hayati membentuk suatu komunitas tertentu. Komunitas ini bersifat dinamis yang sangat ditentukan oleh perubahan-perubahan berbagai komponen atribut tersebut. Oleh karena itu, praktik bertanam akan sangat menentukan agroekosistem dengan segala atributnya. Pada kenyataannya bahwa di dalam tanah terdapat jutaan jenis mikroba yang hidup berinteraksi satu sama lain membentuk suatu keseimbangan hayati dengan struktur komunitas tertentu sesuai dengan kompleks atribut kondisi tanah dalam kurun waktu tertentu. Perkembangan dan aktivitas hayati patogen akan ditentukan oleh kondisi kompleks tanah yang meliputi fisika, kimia, dan hayati (Cook & Baker, 1983; Bruehl, 1987; Neate, 2004). Habitat tersebut menentukan tanah menjadi supresif atau kondusif terhadap patogen atau penyakit. Mekanisme interaksi supresif mikroba antagonis terhadap patogen atau penyakit dalam suatu habitat, dapat secara langsung melalui satu atau lebih mekanisme, seperti antibiosis, parasitisme, kompetisi, predasi, dan atau secara tidak langsung melibatkan tanaman inang seperti resistensi terimbas (Cook & Baker, 1983; Campbell, 1989).

Antibiosis

Mikroba sering menghasilkan senyawa metabolit tertentu yang berguna untuk melindungi diri dari serangan mikroba lain. Senyawa metabolit yang dapat menghambat atau menghancurkan suatu organisme lain tersebut disebut antibiotik. Proses penghambatan atau penghancuran suatu organisme tersebut disebut antibiosis. Banyak mikroba antagonis menghasilkan senyawa antibiotik yang toksik terhadap patogen (Cook & Baker, 1983; Campbell, 1989). Antibiosis merupakan kondisi suatu organisme mengeluarkan satu atau lebih metabolit yang berpengaruh negatif terhadap organisme lain. Sebagai contoh adalah *Trichoderma* yang dilaporkan dapat menghasilkan metabolit yang bersifat antibiotik terhadap cendawan lain, seperti trichodermin dan viridin (Cook & Baker, 1983).

Pseudomonas spp. kelompok fluoresen berperan pada *take-all decline* dan patogen tular tanah lain termasuk *Fusarium* spp. *R. solani*, *Pythium* spp. *Phytophthora* spp. dilaporkan menghasilkan

antibiotik 2,4-*diacetylphloroglucinol* (2,4-DAPG) (Lemanceau & Alabouvette, 1991; Andrade *et al.*, 1994; Weller *et al.*, 2002). *Streptomyces* spp. yang berperan pada *potato scab decline* juga dilaporkan menghasilkan antibiotik yang toksik terhadap patogen dengan spektrum luas (Weller *et al.*, 2002; Davelos *et al.*, 2004).

Komada (1990) menyimpulkan bahwa mekanisme proteksi silang melalui pengimbasan resistensi tanaman dengan aplikasi *Fusarium* non-patogen dapat dijelaskan melalui mekanisme antibiosis oleh satu atau lebih senyawa antibiotik yang dihasilkan dalam jaringan yang terkoloni patogen yang secara sistemik didistribusikan dalam tanaman. Di samping oleh satu atau lebih senyawa antibiotik, proteksi secara sistemik oleh *Fusarium* non-patogen disebabkan oleh adanya detoksifikasi fitotoksin yang dihasilkan *Fusarium* patogen.

Kompetisi

Kompetisi nutrisi dan relung ekologi merupakan supresi umum diantara mikroba (Zadocks, 1993). Mekanisme supresi ini lebih sering terjadi pada mikroba yang memiliki hubungan kekerabatan yang dekat, karena semakin dekat hubungan kekerabatan suatu organisme akan memiliki kebutuhan hidup, sumber nutrisi, dan relung yang sama. Sebagai contoh adalah banyak jenis *Fusarium* avirulen yang mengkoloni akar tanaman tanpa masuk ke dalam akar. Apabila kolonisasi akar oleh *F. oxysporum* non-patogen terjadi mendahului *Fusarium* yang patogen maka menyebabkan patogen kehilangan tempat infeksi pada akar. Rizobakterium *Pseudomonas* kelompok fluoresen yang merupakan bakteri yang berkompeten pada akar, kolonisasi pada akar dapat melindungi akar dari bakteri atau jamur patogen yang menginfeksi lewat akar. Binucleate *Rhizoctonia* mengkoloni akar dan dapat melindungi tanaman dari infeksi *R. solani* yang patogenik (Poromarto *et al.*, 1998). Kompetisi semacam ini sering disebut kompetisi tempat infeksi, *infection site competition* (Cook & Baker, 1983). Kompetisi pada akar tersebut tidak semata kompetisi tempat, tetapi mikroba yang mengkoloni akar atau rizosfer tersebut berkepentingan untuk mendapatkan sumber nutrisi karbon dan lainnya dari eksudat akar yang dikeluarkan tanaman (Zadocks, 1993; Alabouvette *et al.*, 1998; Weller *et al.*, 2002; Janvier, 2007). *Pseudomonas* kelompok fluoresen merupakan bakteri yang memiliki daya kompetisi yang tinggi terhadap unsur besi, karena berkemampuan menghasilkan siderofor yang memiliki dayaambat unsur besi yang kuat. Kation besi ini dibutuhkan semua mikroba untuk

pertumbuhannya, termasuk untuk perkecambahan spora jamur (Andrade *et al.*, 1994; Weller *et al.*, 2002).

Resistensi Terimbas

Menurut Reuveni *et al.* (1996) dan Sticher *et al.* (1997) aktivasi gen untuk melindungi tanaman dapat diimbasi secara sistemik dengan *signalling molecules* yang dihasilkan pada tempat agens *inducer systemic resistance* dan ditransportasi dengan difusi atau melalui sistem pembuluh tanaman inang. Supresivitas tanah dengan mekanisme resistensi terimbas ini merupakan mekanisme supresi penyakit melalui tanaman inang. Agens supresi bekerja tidak secara langsung memengaruhi patogen tetapi melalui tanaman inang. Banyak bukti bahwa resistensi sistemik dapat diimbasi dengan bahan kimia, patogen, dan mikroba berguna tertentu (Poromarto *et al.*, 1998; Zhang, 1998; Mucharromah, 1999; Hadiwiyono *et al.*, 2005). Menurut Hammerschmidt (1999) pada dasarnya tanaman memiliki sistem resistensi yang dapat diimbasi dengan bervariasi agens hayati maupun non-hayati.

Mekanisme pengimbasan resistensi tanaman oleh *Fusarium* non-patogen diduga mirip dengan mekanisme pengimbasan resistensi oleh agens kimia maupun hayati yang lain. Pada ekstrak kompos diduga mengandung senyawa metabolit ekstraseluler yang dapat berperan sebagai elisitor terjadinya resistensi. Elisitor tersebut diketahui menstimulasi sel tanaman untuk mensintesis *translatable* mRNAs yang menyandi peningkatan produksi *proteins-related pathogenesis* atau *proteins-related resistance* seperti kitinase, peroksidase, dan b-1-3 glukukanase (Sequeira, 1990). Kitinase ini dapat mendegradasi dinding sel cendawan ataupun bakteri sehingga dapat menyebabkan lisis, sedangkan peroksidase dan glukukanase banyak terkait dengan mobilisasi senyawa antimikroba tanaman seperti fitoaleksin. Tanah yang diinfestasi dengan *F. oxysporum* non-patogen terjadi peningkatan supresivitas penyakit layu *Fusarium* pada melon (*F. oxysporum* f.sp. *melonis*). Alabouvette (1993) melaporkan bahwa tanaman tomat yang ditumbuhkan pada tanah supresif menunjukkan ada peningkatan aktivitas beberapa enzim hidrolitik yang umum terkait dengan protein resistensi tanaman. Xue *et al.* (1999) melaporkan bahwa *Binucleate Rhizoctonia* dapat mengimbas resistensi tanaman terhadap *Rhizoctonia* patogen dan ada korelasi positif antara aktivitas 1,3-b-glukanase dan peroksidase dengan resistensi terimbas. Fenomena peningkatan aktivitas

enzim peroksidase dan b-1-3 glukonase juga terjadi pada penyemprotan ekstrak kompos pada tanaman Melon dan Arabidopsis yang menunjukkan adanya resistensi terimbas terhadap patogen antraknosa *Colletotrichum orbiculare* dan *bacterial speck Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* (Zhang *et al.*, 1998).

Pengimbasan resistensi juga dapat dilakukan oleh agens pengimbas dari kelompok bakteri. Contoh yang paling populer adalah bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (*plant-growth promoting rhizobacteria*, PGPR), *Pseudomonas* kelompok fluoresen yang tidak saja mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, tetapi juga mengimbas resistensi sistemik tanaman terhadap serangan berbagai patogen. Resistensi bersifat sistemik karena tanaman tidak saja resisten terhadap patogen yang menyerang akar tempat PGPR berkembang dan mengimbas resistensi tanaman, tetapi juga bagian tanaman lain di atas tanaman sehingga resisten terhadap serangan jamur, bakteri, dan virus patogen yang menyerang bagian atas tanaman (Raupach & Kloeper, 1998).

Mekanisme Lain

Penekanan patogen seperti mikoparasitisme, predatisme, simbiase tanaman dengan mikoriza mungkin juga bisa terlibat pada supresif tanah. *Trichoderma* spp., *Coniothyrium minitans* Campbell, dan *Sporidesmium sclerotivorum* merupakan mikoparasit pada beberapa cendawan patogen. Amuba pemakan jamur (*Mycetopagous*) juga telah dilaporkan memangsa jamur patogen tanaman. Mikoriza adalah jamur non-patogen yang bersimbiose dengan akar tanaman. Mikroriza telah banyak dilaporkan membantu penyerapan hara tanah oleh tanaman, melindungi tanaman melalui kompetisi tempat infeksi, resistensi terimbas, dan antibiosis (Cook & Baker, 1983; Bellows, 1999; Campbell, 1999). Beberapa antagonis nematoda parasit tumbuhan dikenal predatisme oleh jamur perangkap namatoda seperti *Monacrosporium elliposporium* dan *Arthrobotrys oligospora*, parasitisme oleh jamur *Paecilomyces lilacinus* dan *Verticillium chlamydosporium*, spora adesif oleh jamur *Hirsutella* spp. dan bakteri *Pasteuria* spp. (Jatala, 1986; Davies *et al.*, 1991)

Interaksi Kompleks

Fakta menunjukkan bahwa di dalam tanah terdapat kompleks mikrob sehingga interaksi tidak hanya satu jenis lawan jenis yang lain. Suatu jenis menghambat suatu jenis lain tetapi yang lain mungkin memerlukan kehadirannya atau bisa juga

saling memerlukan. Kaitan peran mikrob antagonis dalam supresivitas tanah terhadap patogen atau penyakit ini dapat sinergis atau antagonis. Contoh interaksi yang kurang kompatibel adalah jamur *Trichoderma* spp. dan bakteri *Pseudomonas* kelompok fluoresen karena yang pertama efektif pada pH tanah yang masam sedangkan yang kedua pada pH yang lebih basa (Cook & Baker, 1983). Contoh bentuk interaksi sinergis adalah bakteri *Pseudomonas putida* dan *Fusarium oxysporum* non-patogen pada supresivitas tanah terhadap layu *Fusarium* pada melon. *F. oxysporum* non-patogen meningkatkan eksudasi akar sehingga meningkatkan kolonisasi akar oleh *P. putida*, sehingga meningkatkan efektivitas pengendalian hayati dengan dua agens pengendalian hayati tersebut (Lemanceau & Alabouvette, 1991).

DAFTAR PUSTAKA

- Alabouvette, C. 1993. Naturally Occurring Disease-suppressive Soils. p. 204–210 In R.D. Lumsden & J.L. Vaughn (eds.), *Pest Management: Biologically Based Technologies*. American Chemical Society, Washington, DC.
- Alabouvette, C., B. Schipper, P. Lemanceau, & P.A.H.M. Baker. 1998. Biological Control of *Fusarium* Wilts toward Development of Commercial Products, p. 15–36. In G.J. Boland & L.D. Kuykendall (eds.), *Plant-microbe Interactions and Biological Control*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Andrade, O.A., D.E. Mathre, & D.C. Sands. 1994. Natural Suppression of Take-all Disease of Wheat in Montana Soils. *Plant and Soil* 164: 9–18.
- Baker, K.F. 1987. Evolving Concepts of Biological Control of Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 25: 67–85.
- Bellows, T.S. 1999. Controlling Soil-born Pathogens. p. 699–712, In T.S. Bellows & T.W. Fisher (eds), *Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control*. Academic Press. San Diego California.
- Borneman, J. & J.O. Becker. 2007. Identifying Microorganisms Involved in Specific Pathogen Suppression in Soil. *Annual Review of Phytopathology* 45:153–172.
- Bruehl, G.W. 1987. *Soilborne Plant Pathogens*. Macmillan Publishing Company, New York. 368 p.
- Cook, R.J. & K.F. Baker. 1983. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 539 p.

- Campbell, R. 1989. *Biological Control of Microbial Plant Pathogens*, Cambridge University Press, Melbourne-Sydney. 219 p.
- Davelos, A.L., L.L. Kinkel, & D.A. Samac. 2004. Spatial Variation in Frequency and Intensity of Antibiotic Interactions among *Streptomyces* from Prairie Soil. University of California. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 1051–1058.
- Davies, K.G., F.A.A.M. de Leij & B.R. Kerry. 1991. Microbial Agents for the Biological Control of Plant-parasitic Nematodes in Tropical Agriculture. *Tropical Pest Management* 37: 303–320.
- Hadiwiyono, Z.D. Fatawi, & I.R. Wulan. 2005. Induced Systemic Resistance of Peanut against Leaf Rust Disease by Potassium-Phosphate Application. The 1st International Conference of Crop Security (ICCS) in September 20nd–22rd, 2005 at Brawijaya University, Malang, East Java, Indonesia.
- Hammerschmidt, R. 1999. Induced Disease Resistance: How Do Induced Plants Stop Pathogens? *Physiological and Molecular Plant Pathology* 55: 77–84.
- Hoitink, H.A.J. & Changa. 2004. Production and Utilization Guidelines for Disease Suppressive Compost, p. 87–92. In A. Vanachter (ed.), *Managing Soil Borne Pathogens*. Can. Int. Dev. Agency. <http://plantpath.osu.edu/Acta635-Hoitink.pdf>, modified 24/11/2004. 16 p.
- Hoitink, H.A.J. & M.J. Boehm. 1999. Biocontrol within the Context of Soil Microbial Communities: a Substrate-dependent Phenomenon. *Annual Review of Phytopathology* 37: 427–446.
- Hornby, D. 1983. Suppressive Soil. *Annual Review of Phytopathology* 21: 65–85.
- Janvier, C., F.Villeneuve, C. Alabouvette, V. Edel-Hermann, T. Mateille & C. Steinberg. 2007. Soil Health through Soil Disease Suppression: which Strategy from Descriptors to Indicators? *Soil Biology and Biochemistry* 39: 1–23.
- Jatala, P. 1986. Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 24: 453–489.
- Komada, H. 1990. Biological Control of Fusarium Wilts in Japan. p. 65–213. In D. Hornby (ed.). *Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens*. CAB. International. Wallingford. UK.
- Lemanceau, P. & C. Alabouvette, 1991. Biological Control of Fusarium-wilts by Fluorescent *Pseudomonas* and Non-pathogenic Fusarium. *Crop Protection* 10: 279–286.
- Lenteren, J.C., 2003. Integrated Pest Management in Greenhouses: Experiences of European Countries, p. 327–339. In K. Marelda (ed.), *IPM in the Global Arena*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Liu, D., N.A. Anderson; & L.L. Kinkel. 1985. Biological Control of Potato Scab in the Field with Antagonistic *Streptomyces scabies*. *Phytopathology* 85: 827–831.
- Mazzola, M. 2007. Manipulation of Rhizosphere Bacterial Communities to Induce Suppressive Soils. *Journal of Nematology* 39: 213–220.
- Mucharromah, 1999. Induksi resistensi Sistemik Tanaman Kedelai terhadap Penyakit Antraknosa: Jenis dan Konsentrasi Agens IRS, p. 234–240. In Soedarmono (ed.), *Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Jurusan HPT, Fakultas Pertanian, UNSOED. Purwokerto.
- Neate, S. 2004. In Search of Recipe for Disease Suppressive Soil. A Project of Agricultural Bureau of South Australia. http://www.betteroils.com.au/modul4/4_5.html, modified 24/11/04. 8 p.
- Olatinwo, R., B. Yin, J.O. Becker, & J. Borneman. 2006. Suppression of the Plant-Parasitic Nematode *Heterodera schachtii* by the Fungus *Dactylella oviparasitica*. *Phytopathology* 96: 111–114.
- Palti, J. 1981. *Cultural Practices and Infectious Crop Disease*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 237 p.
- Poromarto, S.H., B.D. Nelson, & T.P. Freeman. 1998. Study on Biological Control of *Rhizoctonia solani* on Soybean by Binucleate *Rhizoctonia*. *Phytopathology* 88: 1056–1067.
- Raupach, G. & J.W. Kloeper. 1998. Mixtures of Plant Growth-promoting Rhizobacteria Enhance Biological Control of Multiple Cucumber Pathogens. *Phytopathology* 88: 1158–1164.
- Reuveni, R., V. Agapov, M. Reuveni, & M. Raviv. 1996. Foliar Spray of NPK Fertilizers Induce Systemic Protection against *Puccinia sorghi* and *Exserohilum turcicum* and Growth Enhancement in Maize. *European Journal of Plant Pathology* 102: 339–348.
- Sequeira, L. 1990. Induced Resistance: Physiology and Biochemistry, p. 663–678. In R.R. Baker & P.E. Dunn (eds), *New Direction in Biological Control: Alternatives Suppressing Agricultural Pests and Diseases*. Alan R. Liss, Inc., New York.

- Sullivan, P. 2004. Sustainable Management of Soil-borne Plant Diseases. NCAT Agriculture Specialist. ATTRA Publication. <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/soilborne.pdf>, modified 19/3/2007. 31 p.
- Sticher, L.; B. Mauch-Mani; & J.P. Mettraux. 1997. Systemic Acquired Resistance. *Annual Review of Phytopathology* 35: 235–270.
- Shurtleff, M.C. & C.W. Averre. 1997. *Glossary of Plant Pathological Terms*. APS Press. St. Poul, Minnesota. 361 p.
- Weller, D.M., J.M. Raaijmakers, B.B.McS. Gardener, & L.S. Tomshow. 2002. Microbial Populations Responsible for Specific Soil Suppressiveness to Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 40: 309–348.
- Xue, L., P.M. Charest, & S.H. Jabaji-Hare. 1999. Systemic Induction of Peroxidases, 1,3-b-Glukanases, Chitinases, and Resistance in Bean Plants by Binucleate *Rhizoctonia* Species. *Phytopathology* 88: 359–365.
- Zadocks, J.C. 1993. Biological Control, p. 211–216. In J.C. Zadocks (ed.), *Modern Crop Protection: Developments and Perspectives*. Wageningen Pers. Wageningen.
- Zhang, W., D.Y. Han, W.A. Dick, K.R. Davis, & H.A.J. Hoitink. 1998. Compost and Compost Water Extract-induced Systemic Acquired Resistance in Cucumber and Arabidopsis. *Phytopathology* 88: 450–455.