

MEMAHAMI INTERAKSI TANAMAN – MIKROBA

Understanding on Plants-Microbes Interaction

Enny Widyati

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan
Kampus Balitbang Kehutanan, Jl. Gunungbatu No. 5, Po. Box 311 Bogor 16118.
Telp. (0251) 8631238, Fax. (0251) 7520005

Naskah masuk : 3 November 2012 ; Naskah diterima : 27 Februari 2013

SUMMARY

Plants have an instinct in optimizing their own growth in many ways. They develop roots optimally to reach maximum coverage for nutrients uptake. Another efforts is build an association with soil microbes in order to both support their optimum growth and deal with pathogens. For these purposes, plants release roots exudates. Referring to some studies, based on their contact area plants-microbes association is divided into two groups. Interaction among above ground with aerial microbes is called phyllosphere whereas among underground and soil microbes is grouped into rhizosphere. Phyllosphere is further grouped into phyllosphere (surface contact) and ephyfit (inhabit inner plant tissue). Rhizosphere is also divided into two groups, rhizoplane (root surface contact) and endofit (inner inhabitant). The main activities of microbes in supporting plant growth is helping plants to find more nutrients and anti microbial substance. In consequence, plants provide comfortable habitat with sufficient foods.

Keywords : *Roots, phyllosphere, microbes, rhizosphere*

RINGKASAN

Tanaman mempunyai insting untuk mengoptimasi pertumbuhannya sendiri. Tanaman memaksimalkan pertumbuhannya melalui pertumbuhan akar sehingga dapat memiliki jangkauan maksimal terhadap unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhannya. Di samping itu, tanaman juga berusaha menjalin kerjasama dengan mikroba untuk membantu mengoptimasi memenuhi kebutuhan haranya dan untuk membentengi dirinya terhadap serangan organisme pengganggu tanaman. Untuk keperluan tersebut tanaman mengeluarkan eksudat akar yang dimaksudkan untuk mengundang mikroba yang dikehendaki atau mengusir mikroba lain yang mengganggu pertumbuhan tanaman. Menurut beberapa ilmuwan, area kontak antara mikroba dengan tanaman dibedakan menjadi dua, filosfir merupakan area kontak tanaman dengan mikroba udara dan rizosfir merupakan kontak mikroba dengan tanaman yang berada di dalam tanah. Mikroba yang berinteraksi dengan bagian atas tanah tanaman dibedakan menjadi filosfir (berada di permukaan bagian tanaman) dan efit (mengkoloni bagian jaringan dalam tanaman), sedangkan mikroba dalam tanah dibedakan menjadi rizoplen (yang menempel pada akar) dan endofit (yang berada dalam sel-sel akar). Peranan utama mikroba tersebut adalah membantu tanaman mendapatkan unsur hara dan sebagai anti mikroba bagi patogen yang merugikan tanaman inangnya. Keuntungan yang didapat oleh mikroba adalah mendapat habitat dan memperoleh suplai makanan dari tanaman.

Kata kunci : *Akar, filosfir, mikroba, rizosfir*

I. PENDAHULUAN

Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa terdapat interaksi yang terjadi antara tanaman dengan mikroba di alam. Tanaman berinteraksi baik dengan mikroba tanah maupun mikroba udara. Makalah ini menyampaikan informasi mengenai area tempat terjadinya interaksi tersebut, peranan masing-masing pihak (tanaman dan mikroba) dan pengaruh terbentuknya rizosfir terhadap properti tanah.

A. Area Terjadinya Interaksi

1. Bagian tanaman di atas permukaan tanah dengan mikroba udara

Area terjadinya interaksi antara mikroba udara (*aerial microbes*) dengan bagian tanaman yang terletak di atas permukaan tanah diberi istilah filosfir (*phyllosphere*). Menurut Wikipedia filosfir merupakan habitat yang disediakan oleh bagian tanaman di atas permukaan tanah (*above ground*) yang mampu menyokong komunitas mikroba yang besar dan kompleks. Pengetahuan kita mengenai populasi mikroba filosfir baik susunan komunitas maupun peranannya belum semaju pengetahuan kita tentang rizosfir.

Permukaan tanaman yang mengalami kontak dengan udara memuat berbagai macam mikroba, sebagian diantaranya mungkin berpotensi sebagai pengganggu tanaman, namun sebagian lainnya merupakan mikroba yang menguntungkan. Beberapa spesies dapat diisolasi dari bagian jaringan dalam tanaman namun umumnya ditemukan pada permukaan tanaman. Secara terperinci, Lindow and Brandl (2012) membagi dua mikroba yang mengkoloni filosfir yaitu mikroba filosfir dan mikroba efifit. Mikroba filosfir merupakan koloni mikroba udara (*aerial*) yang ditemukan pada permukaan tanaman (daun, kulit batang, dsb) sedang mikroba yang ditemukan pada jaringan bagian dalam tanaman disebut mikroba efifit.

Filosfir umumnya dikoloni oleh berbagai mikroba dari kelompok bakteri, *yeast*, dan fungi (Lindow and Brandl, 2012). Sedangkan hasil penelitian Andrews and Harris (200) menjumpai berbagai kelompok mikroba yang mengkoloni daun seperti berbagai genera bakteri, *filamentous fungi*, *yeasts*, algae, dan kadang-kadang protozoa dan nematoda. *Filamentous fungi* merupakan penghuni sementara pada permukaan daun karena umumnya mereka segera membentuk spora, adapun *yeast* merupakan penghuni yang lebih aktif. Andrews and Harris (2000) juga menemukan koloni beberapa jenis mikroba pada tunas dan bagian bunga, namun sebagian besar ilmuwan terfokus pada daun atau bagian lain tanaman yang langsung memiliki kontak dengan udara. Bakteri merupakan kelompok yang paling banyak ditemukan mengkoloni daun, jumlahnya berkisar antara 10^6 - 10^7 koloni/cm² (kira-kira 10^8 koloni/g) daun (Beattie and Lindow, 1995; Hirano and Upper, 2000).

Beberapa peneliti telah membuat suatu model estimasi populasi bakteri yang mengkoloni daun. Menurut hasil estimasi total luas daun di seluruh daratan bumi yang dikoloni oleh mikroba kira-kira sebesar $6,4 \times 10^8$ km² (Morris and Kinkel, 2002), sehingga total populasi bakteri filosfir di seluruh planet ini diperkirakan sejumlah 10^{26} koloni (Morris and Kinkel, 2002). Jumlah tersebut diperkirakan mencukupi untuk berbagai proses yang penting yang diperlukan untuk membantu pertumbuhan tanaman lebih optimal.

2. Bagian tanaman dalam tanah dengan mikroba tanah

Daerah dalam tanah yang ditempati bagian dari tanaman (akar) yang berinteraksi dengan mikroba secara umum dikenal sebagai rizosfir (*rhizosphere*). Menurut Lines-Kelly (2005) rizosfir merupakan lingkungan dalam tanah di sekeliling akar suatu tanaman dimana aktivitas kimia dan biologinya dipengaruhi oleh akar secara langsung. Jadi aktivitas kimia dan biologi pada area tersebut secara intensif dipengaruhi oleh senyawa kimia yang dihasilkan oleh akar dan oleh mikroorganisme yang menghuni daerah tersebut. Wikipedia mendefinisikan rizosfir sebagai suatu area mikroekologi yang secara langsung bersentuhan dengan akar tanaman. Sehingga rizosfir merupakan suatu area dimana terjadi suatu saling ketergantungan antara akar tanaman dengan mikroba yang berasosiasi di sekitarnya. Oleh karena itu rizosfir merupakan suatu satuan ekologi yang sangat kecil (hanya pada lingkungan akar suatu tanaman) tetapi merupakan sistem yang lebih sibuk, lebih cepat terjadi perpindahan nutrisi dan merupakan lingkungan yang lebih kompetitif dibandingkan lingkungan di sekitarnya.

Sejalan dengan pertumbuhan akar tanaman mensekresikan senyawa yang mudah larut dalam air misalnya asam amino, gula dan asam-asam organik yang akan menyediakan makanan bagi mikroba. Adanya suplai makanan tersebut mengakibatkan aktivitas mikroba di rizosfir jauh lebih tinggi dibanding lingkungan tanah yang jauh dari akar tanaman. Sebaliknya adanya aktivitas mikroba yang tinggi akan membantu menyediakan nutrisi bagi tanaman. Karena tingginya aktivitas di rizosfir, Lines-Kelly (2005) menyebut rizosfir sebagai suatu lingkungan yang sangat dinamis di dalam tanah.

Di lingkungan rizosfir terdapat area pada epidermis akar dan korteks luar di mana partikel tanah, bakteri dan hifa fungi melekat (bersentuhan secara langsung) disebut rizoplen (*rhizoplane*) (Singer, 2006;

Sylvia, 2005). Dalam rizoplen terdapat lebih banyak mikroba dibandingkan dengan bagian rizosfir lain yang tidak bersentuhan dengan akar tanaman. Mikroba lebih banyak terdapat pada akar yang lebih tua daripada yang lebih muda karena pada akar yang lebih tua terdapat selain eksudat akar juga sel-sel yang sudah mati. Kalau pada bagian atas tanaman mikroba dibedakan menjadi filosfir dan efit, pada bagian bawah tanaman bakteri dan fungi yang terdapat di dalam sel-sel akar tidak termasuk rizoplen tetapi disebut endofit (Sylvia, 2005).

II. PERANAN TANAMAN DAN MIKROBA

A. Mikroba Aerial (Filosfir) Berinteraksi dengan Tanaman

Permukaan daun sudah lama dikenal sebagai lingkungan yang dapat dikoloni oleh banyak genera bakteri. Hal ini karena pada permukaan daun melekat partikel-partikel debu dan air. Debu berasal dari lapisan atas permukaan tanah yang diterbangkan oleh angin dan melekat pada permukaan daun sehingga mengandung unsur-unsur hara terbatas yang diperlukan oleh mikroba. Adapun air datang dari embun dan hujan akan dapat memelihara suhu dan kelembaban yang sesuai bagi pertumbuhan mikroba.

Bakteri merupakan kelompok mikroba yang paling dominan di filosfir. Perbedaan ukuran populasi disebabkan oleh adanya fluktuasi yang besar pada kondisi fisik dan nutrisi di filosfir. Hal ini karena lingkungan filosfir sangat terpengaruh oleh angin dan hujan sehingga nutrisi yang melekat pada daun akan tergantung oleh kecepatan angin dan curah hujan. Di samping itu, jenis tanaman diduga juga mempengaruhi daya dukung daun terhadap mikroba (*microbial carrying capacity*). Hasil isolasi mikroba dari tumbuhan berdaun lebar seperti ketimun dan kacang polong memiliki total populasi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang diisolasi dari rumput-rumputan atau tumbuhan berdaun lebar yang memiliki lapisan lilin tebal (Kinkel *et al.*, 2000).

Cahaya matahari juga menentukan populasi mikroba filosfir sehingga komposisi populasinya berbeda dengan mikroba di dalam rizosfir (Jacobs and Sundin, 2001). Misalnya bakteri berpigmen yang sangat jarang ditemukan di rizosfir mendominasi permukaan daun (Fokkema and Schipper, 1986). Beberapa mikroba yang umum berasosiasi dengan akar tanaman ketika gagal membangun asosiasi di akar ditemukan menjadi penghuni daun, misalnya *Rhizobium* (O'Brien and Lindow, 1989) and *Azospirillum* (Sundin and Jacobs, 1999).

Thompson *et al.* (1991) menganalisis sebanyak 1.236 strain bakteri dari daun muda, daun dewasa (aktif fotosintesis) dan daun yang menguning pada gula bit, menunjukkan bahwa strain-strain tersebut termasuk ke dalam 78 genera bakteri. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa pada daun yang muda memiliki jumlah genera (lebih beragam) dibandingkan dengan daun yang tua. Menurunnya jumlah taxa tersebut menurut Thompson *et al.* (1991) karena lingkungan alami (angin, hujan, cahaya matahari) di filosfir melakukan seleksi terhadap mikroba yang mengkoloni daun.

B. Mikroba Rizosfir Mempengaruhi Sifat Kimia dan Fisik Rizosfir

Interaksi antara tanaman dan mikroba di rizosfir diinisiasi oleh tanaman dengan cara mensekresikan eksudat akar sehingga mengundang mikroba datang ke rizosfir. Mikroba yang mengkoloni rizosfir mengakibatkan terjadinya modifikasi lingkungan fisik dan kimia tanah di sekitar rizosfir yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Perubahan kimia dapat terjadi sebagai akibat dari adanya humifikasi bahan organik, di samping itu, pada rizosfir juga terjadi mineralisasi berbagai bahan organik (P, S dan N) menjadi bentuk yang siap diserap tanaman oleh aktivitas mikroba. Di rizosfir juga dikoloni oleh mikroba yang mampu melakukan fiksasi nitrogen bebas menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Akar tanaman juga membangun interaksi berupa simbiosis mutualisme dengan fungi membentuk asosiasi yang biasa dikenal sebagai mikoriza. Simbiosis ini menyebabkan meluasnya sistem perakaran sehingga memperluas cakupan akar dalam menyerap unsur hara. Mikroba di rizosfir juga dapat melepaskan senyawa-senyawa yang disebut *plant growth regulators*.

Perubahan fisik rizosfir oleh kehadiran mikroba terutama terjadi karena mikroba memproduksi senyawa polimerik ekstraseluler (*extracellular polymeric substances*) seperti polisakarida dan glomlin yang akan memperbaiki agregasi dan struktur tanah. Adanya *mucigel* di daerah rizoplen sangat penting

dalam hubungan antara air dengan tanaman, senyawa ini dapat mencegah desikasi dengan memelihara ketinggian kolom air ketika tanaman menghadapi cekaman air (Sylvia, 2005).

C. Tanaman Menentukan Sifat Kimia dan Biologi Rizosfir

Faktor-faktor yang menentukan sifat suatu rizosfir adalah properti tanah, jenis tanaman dan populasi mikroba yang mengkoloni rizosfir. Diantara ketiganya, tanaman memegang peranan yang penting dalam menentukan keanekaragaman mikroba di rizosfir. Akar tanaman menyebabkan perubahan fisik dan kimia rizosfir yang akan mempengaruhi diversitas mikroba di dalam dan di sekitar rizosfir. Eksudat akar akan menyeleksi untuk mengundang atau melawan populasi mikroba tertentu. Banyak tanaman memiliki sifat genetik untuk toleran atau resisten terhadap serangan mikroba di rizosfir, varietas tanaman akan menentukan keanekaragaman komunitas mikroba rizosfir.

Kemampuan tanaman dalam membangun hubungan simbiosis dengan mikroba tanah juga menentukan komunitas mikroba di rizosfir. Umur tanaman dan tingkat kesehatan tanaman juga memainkan peranan penting dalam menentukan dinamika komunitas mikroba di rizosfir. Kadang-kadang tanaman akan berkompetisi dengan mikroba dalam memanfaatkan air dan unsur hara tertentu (Sylvia, 2005). Ketika tanaman membangun interaksi simbiotik, tanaman biasanya menyediakan sumber karbon bagi bakteri atau fungi simbiotiknya. Banyak percobaan fiksasi nitrogen biologis menunjukkan bahwa ketersediaan karbon di rizosfir merupakan faktor pembatas, sehingga asosiasi simbiotik secara tidak langsung akan mengundang kompetitor dalam memanfaatkan karbon antara tanaman, simbiosis dengan mikroba lain di rizosfir. Namun demikian, biasanya bakteri menghasilkan senyawa leghemoglobin untuk mengaktifasi enzim nitrogenase dan tidak memerlukan kompetisi dengan mikroba rizosfir lainnya dalam memanfaatkan karbon (Sylvia, 2005).

III. PENGARUH TERBENTUKNYA RIZOSFIR TERHADAP PROPERTI TANAH

A. Mempengaruhi Sifat Fisik dan Kimia di Sekitar Akar Tanaman

1. Memelihara potensi air

Akar tanaman yang berinteraksi membentuk rizosfir dapat mempengaruhi lingkungan fisik rizosfir. Ketika tanaman mentranspirasikan air lebih kuat pada waktu siang hari daripada malam hari, potensi air tanah akan diubah dengan segera di daerah yang berada di sekitar akar. Dengan demikian di rizosfir akan terjadi fluktuasi potensi air sedangkan pada tanah non rizosfir tidak (Lines-Kelly, 2005).

2. Menjaga kelembaban tanah di sekitar akar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah di sekitar rizosfir lebih basah dibandingkan tanah yang tidak terpengaruh oleh rizosfir. Hal ini dapat melindungi akar dari kekeringan. Eksudat dilepaskan oleh akar pada waktu malam hari sehingga memungkinkan pengembangan akar ke dalam tanah. Ketika transpirasi berlangsung pada siang hari eksudat mulai mengental dan melekat pada partikel tanah di rizosfir. Ketika tanah mengering dan potensial hidrolis tanah menurun eksudat dapat melepaskan air ke dalam tanah (Lines-Kelly, 2005), sehingga tanah tetap lembab. Ketika lingkungan di sekitar akar mengalami kekeringan *mucigel* bertanggungjawab untuk memungkinkan tanaman tetap dapat menyerap air dan unsur hara secara terus menerus (Silvia, 2005).

3. Memperbaiki agregat dan porositas tanah

Pergerakan senyawa organik dan koloni mikroba dari akar lebih cepat terjadi pada tanah berpasir daripada tanah berliat. Hal ini karena pasir memiliki pori-pori diantara butirannya yang lebih besar sehingga memungkinkan mikroorganisme dan eksudat akar berpindah. Dengan demikian makin besar ukuran pori makin cepat terjadinya asosiasi antara mikroba di rizosfir dan akan diperluas ke lingkungan di sekitarnya (Sylvia, 2005). *Mucigel* yang lengket akan disekresikan secara terus menerus oleh tudung akar dan akan mengikat butir-butir tanah menjadi propagul (Lines-Kelly, 2005). Akar tanaman dapat memadatkan tanah dalam waktu singkat ketika mereka tumbuh, tetapi begitu akar mati dan mengalami pembusukan akan meninggalkan tanah yang lebih porous.

B. Mempengaruhi Sifat Kimia Tanah

1. Mempengaruhi pH tanah

Lingkungan rizosfir pada umumnya memiliki tingkat kemasaman yang tinggi, kandungan oksigen rendah tetapi konsentrasi CO₂ tinggi. Namun demikian, eksudat akar dapat membuat suasana rizosfir lebih masam atau lebih alkalis, hal ini sangat tergantung pada nutrisi di akar yang diserap dari tanah. Misalnya ketika tanaman menyerap N dalam bentuk ammonium akan melepaskan ion hidrogen yang akan membuat rizosfir makin masam. Ketika tanaman menyerap N dalam bentuk nitrat akan melepaskan ion hidroksil sehingga rizosfir menjadi lebih alkalis. Hal ini tidak akan mempengaruhi keseluruhan pH pada tanah selain rizosfir, tetapi hal ini akan mempengaruhi populasi mikroba yang hidup di rizosfir yang tidak mempunyai kemampuan untuk berpindah ke tempat yang jauh (Lines-Kelly, 2005).

Penurunan pH di rizosfir dipengaruhi oleh beberapa faktor. Respirasi mikroba dan akar tanaman akan melepaskan CO₂ yang dapat meningkatkan konsentrasi asam karbonat atau bikarbonat sehingga dapat menurunkan pH. Seperti diketahui bahwa di rizosfir terdapat berbagai macam mikroba sehingga laju respirasi di rizosfir akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan keseluruhan tanah.

2. Memiliki kandungan jumlah dan macam senyawa organik tinggi

Tanaman menghasilkan berbagai macam hasil metabolit ke dalam rizosfir yang dapat menjadi sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme. Senyawa-senyawa metabolit tersebut dibedakan menjadi lima jenis yaitu: eksudat, sekresi, *mucilage*, *mucigel* dan *lysate* (Sylvia, 2005).

Eksudat meliputi gula, asam amino dan aromatik yang dikeluarkan oleh sel ke ruang diantara sel dan tanah di sekitarnya. Berdasarkan tingkat difusivitasnya eksudat hanya dibatasi pada senyawa dengan berat molekul rendah. Sekresi merupakan bioproduk dari aktivitas metabolik tanaman. Senyawa ini secara aktif dikeluarkan dari sel sehingga yang termasuk sekresi meliputi senyawa dengan berat molekul rendah maupun tinggi. *Lysate* adalah senyawa yang keluar dari dalam sel-sel epidermal akar ketika ujung akar tersebut mati dan terbuka (pecah) sehingga senyawa ini menjadi tersedia bagi komunitas mikroba di rizosfir (Sylvia, 2005). *Mucilage* adalah senyawa yang berasal dari sel-sel yang rontok dari ujung akar yang sedang tumbuh. Gaya abrasi akar melawan partikel tanah adalah yang bertanggungjawab terhadap jatuhnya sel-sel tersebut. Sel-sel tersebut mengandung selulosa, pektin, pati dan lignin. Sedangkan *mucigel* adalah lapisan tipis yang menyelimuti permukaan akar yang akan menghubungkan akar dengan lingkungan tanah di sekelilingnya. Senyawa ini lebih umum ditemukan pada bagian tengah akar dan rambut akar daripada di bagian ujungnya (Sylvia, 2005). Selain kelima senyawa yang dihasilkan oleh tanaman, di rizosfir mikroba menghasilkan berbagai vitamin, antibiotik, hormon tanaman dan molekul-molekul lain yang tentu saja menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman (Lines-Kelly, 2005).

3. Mempunyai kandungan unsur hara tersedia lebih tinggi

Di dalam rizosfir akan memiliki kandungan unsur hara tersedia lebih tinggi di banding lingkungan sekitarnya karena adanya aktivitas akar tanaman dan mikroba di rizosfir. Eksudat yang dikeluarkan oleh akar membantu akar menyerap dan menampung ion-ion yang digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Misalnya flavonoid yang dihasilkan oleh tanaman legum akan mengaktifkan bakteri penambat nitrogen *Rhizobium meliloti* yang akan menambat nitrogen bebas menjadi bentuk yang tersedia sehingga tanaman akan mendapatkan suplai N yang diperlukan. Eksudat dapat merupakan bagian 20% dari total produk fotosintesis karbon yang ditransfer ke daerah rizosfir. Eksudat juga akan memacu terjadinya asosiasi mikoriza yang akan membentuk hifa eksternal untuk memperluas jangkauan akar dalam mencari sumber unsur hara (Lines-Kelly, 2005). Sedangkan mikroba di rizosfir mempunyai peranan secara langsung dalam memineralisasikan senyawa organik menjadi anorganik yang dapat diserap secara langsung oleh tanaman (Lines-Kelly, 2005).



Gambar 1. Bakteri *Rhizobium* yang berasosiasi dengan akar tanaman legum membentuk bintil akar (Gambar dikutip dari www.google.com)

C. Mempengaruhi Sifat Biologi Tanah

1. Mempunyai populasi mikroba menguntungkan yang lebih banyak

Rizosfir merupakan pusat aktivitas biologis yang sangat intensif karena tersedianya suplai makanan yang cukup dari eksudat akar. Bakteri, aktinomisetes, fungi, protozoa, *yeast*, algae, nematoda, cacing tanah, insekta tanah dan lain-lain yang secara terus menerus terjadi persaingan untuk mendapatkan ruang, air dan makanan. Sifat kimia dan pH tanah dapat mempengaruhi susunan dan fungsi komunitas mikroba di rizosfir (Lines-Kelly, 2005).

Keberadaan mikroba dalam rizosfir sangat dipengaruhi oleh tingkat kemasaman. Fungi ditemukan pada lingkungan yang masam, sedangkan bakteri dapat hidup pada kisaran pH yang luas. Dengan demikian pH sangat menentukan diversitas komunitas mikroba di rizosfir (Sylvia, 2005). Bakteri merupakan kelompok mikroba yang paling melimpah di rizosfir, jumlah mereka berkisar antara 10^6 - 10^9 organisme per gram tanah rizosfir. Hal ini karena mereka memiliki ukuran yang sangat kecil, sehingga hanya memiliki biomass yang sangat kecil di tanah (Sylvia, 2005).

Sebagian besar mikroba rizosfir tidak langsung berinteraksi dengan akar tanaman, hal ini karena tanaman secara terus menerus mensekresikan senyawa antimicrobial ke dalam tanah. Jadi hanya sebagian kecil mikroba yang dapat langsung berinteraksi dengan akar tanaman. Interaksi tersebut dapat berupa patogen (menginfeksi dan membunuh akar dan tanaman), simbiotik (menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman), *harmful* (menurunkan tingkat pertumbuhan tanaman), saprofit (hidup pada jaringan akar dan tanaman yang mati) atau netral (tidak memberikan efek apapun bagi tanaman). Interaksi yang menguntungkan di sektor pertanian dan kehutanan meliputi mikoriza, nodulasi pada tanaman legum, dan produksi senyawa antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan patogen (Lines-Kelly, 2005). Menurut Sylvia (2005), sampai 15% permukaan akar tanaman ditutupi oleh mikroba spesifik rizosfir yang menyediakan berbagai sisi untuk terjadinya interaksi biologis antara mikroba dengan tanaman. Interaksi yang terjadi antara mikroba dengan tanaman di rizosfir meliputi dari hubungan simbiotis yang menguntungkan sampai patogen yang merusak tanaman.

2. Mempunyai populasi mikroba menguntungkan yang tinggi sebagai “pengusir” patogen

Tingginya kelembaban dan konsentrasi nutrisi di rizosfir akan menarik lebih banyak mikroba untuk mengkoloni dibandingkan dengan bagian tanah lainnya. Komposisi dan konsentrasi eksudat akar akan sangat menentukan kemelimpahan, diversitas dan dinamika populasi mikroba di rizosfir. Diantara mikroba-mikroba tersebut juga akan terjadi saling mempengaruhi sehingga terjadilah kondisi yang sangat dinamis di rizosfir (Lines-Kelly, 2005).

Hampir semua golongan fungi baik patogen maupun simbiotik berasosiasi dengan akar di rizosfir. Jumlah populasi mereka diperkirakan berada pada kisaran 10^5 - 10^6 koloni/gram tanah rizosfir. Fungi *Zygomycetes* dan *Hyphomycetes* merupakan kelompok yang paling banyak ditemukan di rizosfir karena golongan ini memetabolisir gula-gula sederhana (Sylvia, 2005).

Pertumbuhan dan aktivitas patogen dari kelompok fungi, bakteri maupun nematoda dapat dihambat karena kehadiran mikroba *beneficial* di rizosfir. Mikroba-mikroba tersebut dapat dijadikan sebagai bio-kontrol sehingga disebut *biocontrol agents*. Mikroba bio-kontrol dapat menurunkan populasi,

densitas, dinamika (temporal dan spasial) terutama melalui tiga cara interaksi antara mikroba tersebut dengan patogen, yaitu kompetisi, antagonisme dan hiperparasitisme (Raaijmakers *et al.*, 2009).

Kompetisi antara bio-kontrol dengan patogen terjadi karena adanya persaingan dalam mendapatkan ruang atau habitat di permukaan akar dan persaingan untuk mendapatkan makanan yang dikeluarkan oleh eksudat akar. Antagonisme terjadi dengan cara mikroba bio-kontrol memproduksi metabolit sekunder yang bersifat antimikrobia (antibiosis) yang dapat membunuh patogen atau menghasilkan enzim yang melisis sel patogen. Seringkali suatu mikroba antagonistik mampu memproduksi beberapa senyawa metabolit sekunder antimikroba. Misalnya bakteri *Pseudomonas fluorescens* memproduksi 2,4-diacetyltylphloroglucinol (DAPG), pyrrolnitrin, pyoluteorin, phenazines, cyclic lipopeptides dan hidrogen sianida. Efektivitas senyawa antagagonistik tersebut tergantung pada macam senyawa yang dihasilkan, konsen-trasinya dan mikroba yang menjadi sasarannya (Raaijmakers *et al.*, 2009).

Cara ketiga mikroba bio-kontrol melawan patogen adalah melalui mekanisme hiperparasitisme yaitu dengan cara mengeluarkan enzim tertentu yang dapat menerobos dinding sel patogen dan menghancurkannya sehingga patogen mati. Contoh *Trichoderma* dan *Gliocladium* terhadap fungi patogen dari genus *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Verticillium* dan *Gaeumannomyces*. *Trichoderma* melepaskan enzim kitinase dan selulase yang dapat merusak dinding sel patogen dan masuk ke dalam jaringan patogen. Hiperparasitisme dengan cara merusak dinding sel patogen juga terjadi pada aktivitas fungi *Gliocladium virens* melawan *Botrytis cinerea* (Raaijmakers *et al.*, 2009).

Dengan demikian, sel-sel akar secara terus menerus senantiasa mempengaruhi dan dipengaruhi oleh populasi mikroba di rizosfir. Untuk menarik suatu jenis mikroba yang menguntungkan atau melawan mikroba merugikan akar tanaman selalu mensekresikan eksudat akar. Keberhasilan akar memelihara kesehatannya tergantung pada komposisi populasi mikroba di rizosfir, yang tentu saja salah satunya disebabkan oleh macam dan konsentrasi eksudat yang dihasilkan oleh akar. Hasil penelitian Lines-Kelly (2005) menunjukkan bahwa macam dan konsentrasi eksudat di rizosfir sangat bervariasi tergantung pada umur tanaman atau tahapan pertumbuhan tanaman. Misalnya senyawa karboksilat dan *mucilage* akar tanaman ketimun lebih banyak ditemukan pada bibit yang memiliki enam daun dibandingkan dengan tahapan pertumbuhan sebelumnya (lebih awal) (Lines-Kelly, 2005).

IV. PENUTUP

Berdasarkan hal-hal yang dibahas pada makalah ini tidak dapat disangkal bahwa rizosfir sangat menentukan pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Hal-hal yang bisa dilakukan untuk meningkatkan kesehatan rizosfir adalah menginokulasikan mikroba *beneficial* ketika mengusahakan tanaman baik pertanian maupun kehutanan. Metode yang sudah biasa dilakukan oleh beberapa industri benih di beberapa negara maju adalah merendam benih pada larutan mikroba *beneficial* lalu dikeringkan sebelum dijual di pasaran. Oleh karena itu analisis biologi tanah sebelum dilakukan penanaman adalah sangat diperlukan untuk menentukan perlu tidaknya dilakukan inokulasi (bio-augmentasi) dengan mikroba *beneficial* sehingga dapat diperoleh tingkat produktivitas yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, J.H. and R.F. Harris. 2000. The Ecology And Biogeography Of Microorganisms On Plant Surfaces. *Annu. Rev. Phytopathol.* 38:145-180.
- Bais, H.P., L.G. Perry, T.L. Weir, S. Gilroy and J.M. Vivanco. 2006. The Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2006. 57:233-66.
- Beattie, G.A. and S.E. Lindow. 1995. The Secret Life Of Foliar Bacterial Pathogens on Leaves. *Annu. Rev. Phytopathol.* 33:145-172.
- Fokkema, N.J. and B. Schippers. 1986. Phyllosphere vs Rhizosphere As Environments For Saprophytic Colonization. p. 137-159. *In* N. J. Fokkema and J. Van den Heuvel (ed.). *Microbiology of the phyllosphere*. Cambridge University Press. London. United Kingdom.

- Hirano, S.S. and C.D. Upper. 2000. Bacteria in the Leaf Ecosystem with Emphasis on *Pseudomonas syringae* Pathogen, Ice Nucleus, and Epiphyte. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 64:624-653.
- Hisinger, P., A.G. Bengough, D. Vetterlein and Iain M. Young. 2009. Rhizosphere: Biophysics, Biogeochemistry and Ecological Relevance. *Plant Soil* (321):117-152
- Jacobs, J.L., and G.W. Sundin. 2001. Effect of Solar UV-B Radiation on a Phyllosphere Bacterial Community. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:5488-5496.
- Jones, D.L., C. Nguyen and R.D. Finlay. 2009. Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soilroot interface. *Plant Soil* (2009) 321:5-33.
- Kinkel, L.L., M. Wilson, and S.E. Lindow. 2000. Plant Species and Plant Incubation Conditions Influence Variability in Epiphytic Bacterial Population Size. *Microb. Ecol.* 39:1-11.
- Lindow, S.E. and M.T. Brandl. 2012. Microbiology of the Phyllosphere. Tersedia di: <http://intl-AEM.asm.org>
- Lindow, S.E. dan J.H. Leveau. 2003. Phyllosphere Microbiology. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2003. Jun:13 (238 - 243) tersedia secara elektronik di: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12180099>.
- Lines-Kelly, R. 2005. Defend the Rhizosphere and Root Against Pathogenic Microorganisms. <http://ice.agric.uwa.edu.au/soils/soilhealth>.
- Morris, C.E. and L.L. Kinkel. 2002. Fifty Years of Phyllosphere Microbiology: Significant Contributions To Research In Related Fields, p. 365-375. *In* S.E. Lindow, E.I. Hecht-Poinar, and V. Elliott (ed.). *Phyllosphere Microbiology*. APS Press, St. Paul, Minn.
- O'Brien, R.D. and S.E. Lindow. 1989. Effect of Plant Species and Environmental Conditions on Epiphytic Population Sizes of *Pseudomonas syringae* and other Bacteria. *Phytopathology* 79:619-627.
- Raaijmakers, T.M., T.C. Paulitz, C. Steinberg, C. Alabouvette and Y. Moënne-Loccoz. 2009. The Rhizosphere: a Playground and Battlefield for Soilborne Pathogens and Beneficial Microorganisms. *Plant Soil* (2009) 321:341-361.
- Rodriguez, Rusty J., Joan Henson, Elizabeth Van Volkenburgh, Marshal Hoy, Leesa Wright, Fleur Beckwith, Yong-Ok Kim, and Regina S. Redman. Stress Tolerance in Plants Via Habitat-adapted Symbiosis. *The ISME Journal* (07 Feb 2008).
- Singer, Michael J. and Donald N. Munns. 2006. *Soils: an Introduction*. Pearson Education Inc. New Jersey.
- Sundin, G.W. and J.L. Jacobs. 1999. Ultraviolet Radiation (UVR) Sensitivity Analysis and UVR Survival Strategies of a Bacterial Community from the Phyllosphere of Field-grown Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Microb. Ecol.* 38:27-38.
- Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P. and Zuberer, D. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Pearson Education Inc. New Jersey.
- Thompson, I.P., M.J. Bailey, J.S. Fenlon, T.R. Fermor, A.K. Lilley, J.M. Lynch, P.J. McCormack, M.P. McQuilken, and K.J. Purdy. 1993. Quantitative and Qualitative Seasonal Changes in the Microbial Community from the Phyllosphere of Sugar Beet (*Beta vulgaris*). *Plant Soil* 150:177-191.
- Vorholt, J.A. 2012. Phyllosphere. *Nature Reviews Microbiology* 10, 828-840 (December 2012).