

DINAMIKA KOMUNITAS MIKROBA DI RIZOSFIR DAN KONTRIBUSINYA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN HUTAN

Rhizosphere Microbes Community Dynamic and It Contribution on Plants Growth

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 : 8 Januari 2013 ; Naskah diterima : 29 Mei 2013

SUMMARY

Plants health is determined by the healthy of rhizosphere, and vise versa. The healthy rhizosphere is inhabited by soil microbes communities (micro-flora and fauna) with a firm interaction hence construct a stable and dynamic community structure. This community was strongly influenced by species and growth stage of plants, and physical and chemical properties of soil. In line with plants growth there is a dynamics in rhizosphere community due to the difference of kind and number of root exudates and organic matter produced by plants. Interaction among rhizosphere microbes accelerates soil organic decomposition. Since, the decomposition will be more effective when carried out by a consortium of microbes, sinergically rather than by a single group. Existence of soil microfauna will control soil microbes population, since their role in the rhizosphere as microflora predator. This will help control the population of pathogens and conserve nutrients in their biomass during their life cycle. This paper discuss about micro-(flora and fauna) rhizosphere inhabitant, each group role in those microecology, interaction among them, and the impact to the plants growth.

Key words : *Micro-(flora and fauna), rhizosphere, root exudates*

RINGKASAN

Kesehatan tanaman ditentukan oleh kesehatan rizosfir dan sebaliknya. Rizosfir yang sehat dikoloni oleh komunitas mikroba baik mikroflora maupun mikrofauna yang saling berinteraksi membentuk struktur komunitas mikroba rizosfir yang stabil dan dinamis. Struktur komunitas mikroba rizosfir sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur tanaman, serta sifat fisik dan kimia tanah. Sejalan dengan pertumbuhan tanaman terjadi dinamika mikroba di rizosfir karena terjadi pergantian struktur mikroba yang berkaitan dengan perbedaan eksudat akar dan bahan organik yang diproduksi oleh akar selama pertumbuhan tanaman. Interaksi mikroba di rizosfir dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Karena proses dekomposisi bahan organik tidak dapat dilakukan secara sempurna oleh suatu jenis mikroba tetapi harus dilakukan oleh konsorsium beberapa kelompok mikroba secara sinergis. Kehadiran mikrofauna di rizosfir akan mengendalikan populasi mikroba karena mikrofauna umumnya merupakan pemakan mikroflora. Hal ini dapat membantu mengendalikan patogen sekaligus membantu mengkonservasi unsur hara karena disimpan dalam biomass selama mikrofauna tersebut masih hidup. Makalah ini membahas mikroba (flora dan fauna) yang mengkoloni rizosfir, peranan masing-masing kelompok di mikroekologi rizosfir, interaksi yang terjadi, serta dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman merupakan proses penting yang terjadi di rizosfir.

Kata kunci : **Mikroflora, mikrofauna, rizosfir, eksudat akar**

I. PENDAHULUAN

Bagian tanaman yang berhubungan langsung dengan tanah sebagai media tempat tumbuhnya adalah akar. Akar menjangkar tanah untuk “melekatkan” tanaman, namun fungsi akar yang lebih penting adalah sebagai alat untuk menyerap unsur hara yang diperlukan kemudian mengangkutnya ke bagian atas

tempat terjadinya fotosintesis yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Selama proses fotosintesis tanaman menghasilkan senyawa-senyawa yang penting untuk pertumbuhannya. Disamping itu tanaman juga menghasilkan metabolit sekunder yang dilepaskan ke daerah perakaran.

Senyawa-senyawa metabolit yang dilepaskan akar dibedakan menjadi lima jenis yaitu: *eksudat*, *sekresi*, *mucilage*, *mucigel* dan *lysate* (Sylvia, 2005). *Eksudat* meliputi senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah, seperti gula, asam amino dan aromatik yang dikeluarkan oleh sel ke ruang diantara sel dan tanah di sekitarnya. *Sekresi* merupakan bioproduk dari aktivitas metabolik tanaman yang secara aktif dikeluarkan dari sel, 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 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. 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 (Sylvia, 2005).

Hasil metabolit sekunder yang dilepaskan tanaman ke rizosfir menjadi sumber makanan dan energi bagi mikroba tanah, baik mikroflora maupun mikrofauna. Mikroflora yang umum ditemukan di rizosfir antara lain bakteri, fungi dan archaea, sedangkan mikrofauna yang umum ditemukan di rizosfir diantaranya protozoa, nematoda, collembola, dan mikrofauna lainnya.

Sebagaimana diketahui bahwa jejaring makanan di permukaan dan di dalam tanah sangat tergantung pada suplai C dari eksudat akar dan serasah tanaman. Sebagian besar mikroba di rizosfir adalah saprofit atau dekomposer yang berinteraksi secara netral (tidak secara langsung menguntungkan tetapi tidak menimbulkan kerusakan). Peran utama mikroba ini adalah membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman. Dampak yang ditimbulkan oleh mikroba kelompok ini adalah mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara tidak langsung. Sebagian lain terdapat kelompok mikroba yang berhubungan langsung dengan akar tanaman. Mereka bisa bersifat simbiotik (menguntungkan) misalnya rhizobium dan mikoriza, ada juga yang bersifat parasit misalnya patogen.

Mikroorganisme yang menghuni rizosfir memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu pertumbuhan dan meningkatkan kesehatan ekologi tanaman inangnya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung mikroba di rizosfir menghasilkan berbagai vitamin, antibiotik, hormon tanaman dan molekul-molekul lain yang tentu saja menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman (Lines-Kelly, 2005). Secara tidak langsung beberapa mikroba melepaskan sekresi yang dapat melawan patogenitas mikroba merugikan sehingga dapat melindungi tanaman dari serangan penyakit (Kent and Triplett 2002). Akibat adanya interaksi mikroba yang menghasilkan senyawa anti patogen dapat mengendalikan populasi mikroba parasit di rizosfir.

II. KOMUNITAS MIKROBA RIZOSFIR

A. Mikroflora

Buée *et al.* (2009) menyatakan bahwa mikroflora yang menghuni rizosfir umumnya dibedakan menjadi kelompok bakteri, archaea dan fungi. Namun demikian ketiga kelompok tersebut ketika ditumbuhkan pada media buatan di laboratorium jumlah yang bisa ditumbuhkan (*viable and culturable*) sangat sedikit. Goodman *et al.* (1998) menyatakan bahwa dari total mikroba yang menghuni rizosfir yang bisa diobservasi dengan mikroskop, 90% diantaranya tidak dapat dikulturkan pada media buatan (*viable but non culturable*). Dengan demikian hanya sekitar 10% saja mikroba hidup penghuni rizosfir yang dapat dibiakkan pada media buatan.

Namun demikian, dewasa ini telah ditemukan teknologi secara molekuler yang disebut teknologi independen yaitu teknologi tanpa dilakukan pembiakan pada media buatan (*independent culture technologies*) yang mampu memecahkan masalah tersebut. Dengan metode ini dapat dilakukan observasi untuk mengetahui keragaman (mikroba apa saja yang terdapat di rizosfir), sekaligus kelimpahan (berapa banyak jumlah mereka) dan fungsi (apa yang dilakukan di rizosfir) masing-masing kelompok mikroba.

1. Bakteri

Fulthorpe *et al.* (2008) telah menganalisis sejumlah 139.819 strain bakteri dari empat daerah yang mempunyai letak geografis berbeda dengan menggunakan metode penanda 16SrRNA. Hasil analisis

RNA selanjutnya diidentifikasi menggunakan *Operational Taxonomic Units* (OTU), menunjukkan bahwa spesies bakteri yang paling melimpah di rizosfir adalah *Chitinobacteria* spp., *Acidobacterium* spp. dan *Acidovorax* spp. dengan kelimpahan antara 13-20%. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa terdapat 10 genera yang selalu ditemukan pada berbagai rizosfir, urutan dari yang paling melimpah adalah *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria*, *Firmicutes* dan *Gemmatimonades* (Kielak *et al.*, 2009).

Komunitas bakteri tidak terdistribusikan secara seragam sepanjang permukaan akar apalagi bakteri yang mengkoloni pada daerah perakaran yang berbeda. Perbedaan komposisi komunitas bakteri dapat dilihat melalui uji keragaman secara molekuler (*molecular fingerprints*) pada beberapa lokasi yang berbeda, misalnya ujung akar, daerah perpanjangan akar, akar yang tua, akar yang berada dekat permukaan tanah, akar samping (Yang and Crowley, 2000).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan “musim-musim” populasi mikroba penghuni rizosfir sejalan dengan pertumbuhan akar (Semenov *et al.*, 1999). Sehingga ketika akar baru tumbuh mempunyai komposisi komunitas yang berbeda dengan akar dewasa, akar yang tua apalagi akar yang mengalami pembusukan. Komunitas bakteri mendapatkan manfaat dari nutrisi yang dilepaskan oleh akar yang muda pada daerah rambut akar. Selama sel mengalami maturasi mengakibatkan terjadinya penurunan sumber makanan. Hal ini akan menyebabkan terjadinya kematian dan *lisis* pada populasi bakteri yang mengalami “kelaparan” ketika terjadi penurunan sumber makanan. Kematian sel akan diikuti oleh penguraian sel-sel yang mati maka akan menyebabkan terjadinya sumber makanan baru bagi mikroba lain. Akibatnya terjadi fluktuasi jumlah sel pada daerah tersebut (Semenov *et al.*, 1999).

Dari pernyataan di atas difahami bahwa komunitas bakteri di rizosfir tidak pernah statis tetapi selalu berfluktuasi sejalan dengan tahapan pertumbuhan tanaman. Komposisi bakteri akan berbeda pada lokasi yang satu dengan lokasi yang lain. Komposisi akan berbeda pula pada jenis tanah yang berbeda, spesies tanaman yang berbeda, musim yang berbeda dan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat. Perubahan yang disebabkan oleh pertumbuhan tanaman menyediakan *niche* yang khusus bagi mikroba tanah sehingga komunitas mikroba rizosfir akan berbeda dengan yang ditemukan di daerah di sekitarnya. Komunitas tersebut membentuk suatu *niche* yang disebut “*rhizosphere effect*” (Curl and Truelove, 1986; Lynch and Hobbie, 1988).

Komunitas mikroba rizosfir dipengaruhi oleh jenis tanah dan fase pertumbuhan tanaman. Perbedaan jenis tanah mempengaruhi struktur komunitas mikroba secara umum dan tidak hanya terbatas pada suatu kelompok mikroba tertentu (Marschner *et al.*, 2004). Adapun tahapan pertumbuhan tanaman mungkin merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan struktur komunitas mikroba rizosfir (Herschkovitz *et al.* 2005; Lerner *et al.*, 2006). Misalnya pada rizosfir tanaman kentang struktur komunitas mikroba sangat dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan tanaman (Van Overbeek and Van Elsas, 2008). Hal ini karena fase pertumbuhan tanaman yang berbeda akan menghasilkan eksudat akar yang berbeda. Faktor lain yang mempengaruhi struktur komunitas mikroba rizosfir adalah perubahan musim (Dunfield and Germida 2003; van Overbeek and van Elsas 2008), dan jenis tanaman (Smalla *et al.*, 2001). Perubahan sifat fisik tanah juga akan menentukan struktur komunitas mikroba rizosfir. Perubahan fisik karena pengolahan tanah dapat menurunkan diversitas populasi bakteri lebih tinggi di daerah yang jauh dari perakaran dari pada di rizosfir (Lupwayi *et al.* 1998). Praktek-praktek pertanian yang dapat mengubah sifat fisik, kimia dan biologi tanah dapat mempengaruhi proses-proses di rizosfir.

2. Archaea

Keberadaan archaea di rizosfir jarang ditemukan sebab mikroba ini umumnya ditemukan pada lingkungan yang ekstrim. Namun demikian beberapa ilmuwan telah menemukan bahwa mikroba ini memegang peranan penting pada proses-proses vital di bumi misalnya proses nitrifikasi di perairan (Wuchter *et al.* 2006), proses amonifikasi di dalam tanah (Leininger *et al.*, 2006), dan proses evolusi metan (Erkel *et al.*, 2006).

Bintrim *et al.* (1997) menganalisis archaea dengan metode 16SrRNA. Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam tanah dapat ditemukan dua kelompok archaea yaitu *Crenarcheota* dan *Euryarcheota*. Dari hasil analisis pada tujuh jenis tanah yang berbeda jenis *Crenarcheota* selalu ditemukan dengan kelimpahan antara 0,5-3%, sedangkan pada tanah rizosfir hanya terdapat sekitar 0,16%.

Peranan penting archaea di rizosfir berkaitan dengan siklus unsur-unsur hara terutama banyak ditemukan pada tanaman yang sangat penting bagi ketahanan pangan umat manusia, yaitu padi. Merujuk pada Wuchter *et al.* (2006) bahwa archaea berperan dalam proses nitrifikasi di perairan, maka keberadaan mikroba ini pada rizosfir tanaman padi sangat diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan N pada tanaman padi di sawah. Penelitian terakhir yang dilakukan oleh Chen *et al.* (2008) menemukan archaea yang dapat mengoksidasi ammonia menjadi ammonium yang juga merupakan N tersedia bagi tanaman padi ketika tidak tergenang. Hasil penelitian Chen *et al.* (2008) menunjukkan bahwa khusus untuk rizosfir padi ternyata archaea lebih dominan di rizosfir dibandingkan dengan daerah yang jauh dari perakaran. Diduga karena archaea yang mengoksidasi ammonia tersebut lebih dipengaruhi oleh keberadaan akar (eksudat akar) untuk mendapatkan oksigen, karbondioksida, dll dibandingkan dengan bakteri. Dari penelitian ini diduga pada rizosfir tanaman (termasuk tanaman kehutanan) yang tumbuh di ekosistem ekstrim seperti di lahan gambut kemungkinan didominasi oleh archaea daripada bakteri atau fungi.

3. Fungi

Fungi merupakan mikroba yang hanya dapat menggunakan sumber karbon yang berasal dari organisme lain, sehingga disebut sebagai organotrof. Karena fungi tidak dapat menghasilkan makanannya sendiri maka disebut organisme heterotrof. Fungi di rizosfir berdasarkan cara interaksinya dengan tanaman dibedakan menjadi saprofit, patogen dan simbiotis. Fungi saprofit hidup dengan cara menguraikan sisa-sisa organisme sehingga disebut saprotrof.

Tidak seperti bakteri, fungi saprofit di rizosfir dapat diamati melalui kultivasi pada media buatan, biokimia atau melalui teknik PCR (*polymerase Chain Reaction*) (De Boer *et al.*, 2008; Zachow *et al.*, 2008). Fungi saprofit di rizosfir umumnya terdiri atas *yeast* dan fungi berfilamen yang mewakili hampir seluruh jamur terestrial (filum Ascomycota dan Basidiomycota) dan sub filum Mucoromycotina (Vujanovic *et al.*, 2007). Faktor-faktor yang menentukan komposisi komunitas fungi di rizosfir adalah jenis tanaman, tingkat pertumbuhan tanaman dan jenis tanah (Marcial Gomes *et al.*, 2003).

Hal menarik ditemukan oleh Joergensen (2000) biomas fungi pada tanah non rizosfir berkorelasi secara signifikan dengan biomass fungi di rizosfir. Hal ini mengindikasikan bahwa fungi saprofit yang terlibat dalam degradasi bahan organik dapat memperluas biomasnya ke daerah rizosfir. Selain fungi saprofit di rizosfir terdapat fungi simbiotis, diantaranya adalah fungi yang berasosiasi dengan akar tanaman membentuk mikoriza. Fungi mikoriza secara umum dibedakan menjadi dua yang menghuni bagian luar akar (ektomikoriza) dan yang menghuni jaringan dalam akar (endomikoriza). Pada beberapa endomikoriza untuk meningkatkan efektivitas simbiosis hifa internal membentuk arbuskula, sehingga oleh masyarakat awam endomikoriza disebut fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA umumnya membentuk asosiasi dengan rumput-rumputan dan herba.

Mikoriza membantu tanaman dalam memperoleh unsur hara karena memiliki enzim-enzim yang dapat melepaskan unsur hara yang terikat oleh logam-logam. Di samping itu mikoriza juga membentuk hifa-hifa eksternal yang akan memperluas jangkauan akar dalam mendapatkan unsur hara. Seperti halnya mikroba lain di rizosfir mikoriza juga melepaskan senyawa yang penting untuk pertumbuhan tanaman, misalnya hormon dan vitamin.

B. Mikrofauna

Struktur komunitas mikroba rizosfir ditentukan oleh eksudat akar yang akan memacu kolonisasi mikroflora yang selanjutnya akan mengundang kehadiran mikrofauna. Di dalam rizosfir dikoloni oleh beberapa macam mikrofauna, namun pada makalah ini hanya akan dibahas nematoda dan protozoa. Karbon yang terkandung dalam eksudat akar akan meningkatkan populasi mikrofauna di rizosfir. Hasil penelitian Griffiths *et al.* (2010) menunjukkan bahwa nematoda di rizosfir populasinya meningkat 27 kali lipat, protozoa 35 kali lipat dibandingkan dengan populasinya di tanah non rizosfir. Populasi mikrofauna mencapai maksimum pada bagian akar yang lebih tua dibandingkan dengan pada daerah ujung akar yang lebih muda. Pada tanaman barley nematoda mencapai maksimum ketika tanaman berumur 10 hari. Populasi amoeba mencapai maksimum pada bagian yang dekat dengan ujung akar (Bonkowski and Brandt, 2002).

Peranan utama mikrofauna di rizosfir adalah sebagai pengendali populasi bakteri atau mikroflora di rizosfir. Observasi terhadap populasi bakteri menunjukkan hubungan yang sangat erat kaitannya

dengan letaknya di sepanjang akar tanaman, populasinya makin tinggi semakin ke arah bagian ujung akar (Semenov *et al.*, 1999) hal ini seperti telah disampaikan terdahulu terkait dengan populasi mikrofauna yang paling tinggi berada di daerah akar yang tua (Griffiths *et al.*, 2010). Sehingga populasi bakteri sangat erat kaitannya dengan dinamika “predator-prey” akibat adanya pemangsaan (*grazing*) oleh mikrofauna terhadap bakteri. Peningkatan populasi protozoa terutama terjadi pada tanaman menahun selama masa akuisisi nutrisi menjelang musim berbunga (Griffiths *et al.*, 2010).

Pemangsaan oleh mikrofauna sangat penting untuk menjaga ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Griffiths *et al.*, 2010). Pemangsaan bakteri oleh mikrofauna menahan unsur hara dapat diserap oleh tanaman dalam waktu yang lebih lama (unsur hara disimpan dalam bentuk biomas sampai mikrofauna mati dan termineralisasi oleh mikroba lainnya) (Griffiths *et al.*, 2010). Hal ini akan membantu mencegah hilangnya unsur hara karena leaching atau erosi. Terkonservasinya unsur hara dalam biomassa mikrofauna telah diobservasi oleh Griffiths *et al.* (2010) pada biomass tanaman gandum (*Lolium perenne*). Biomas tanaman ini meningkat dua kali lipat dengan perlakuan protozoa, serapan N meningkat dua kali sedangkan inkorporasi ¹⁵N pada serasah meningkat tiga kali lipat.

III. INTERAKSI ANTAR MIKROBA DI RIZOSFIR

Interaksi antar mikroba diantaranya terjadi pada proses penguraian bahan organik antara bakteri, actinomycetes dan fungi. Fungi merupakan aktor utama pada proses dekomposisi bahan organik yang padat dan rekalsitran. Bakteri melanjutkan mendegradasikan bahan organik yang sudah dalam bentuk lebih sederhana dan mudah larut yang sudah diinisiasi oleh fungi menjadi unsur-unsur hara yang siap diserap oleh tanaman (De Boer *et al.*, 2006; Van der Wal *et al.*, 2007). Sedangkan actinomycetes mempunyai spesialisasi mendegradasikan polimer padat seperti selulosa menjadi senyawa sederhana misalnya gula. *Yeast* dan fungi akan secara cepat mendegradasikan bahan organik ketika terdapat penambahan suplai gula ke dalam lingkungannya (Kirby, 2006; Van der Wal *et al.*, 2006).

Beberapa fungi juga mampu secara khusus mendegradasikan substansi polimerik yang banyak terdapat di lantai hutan seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan cara menghasilkan enzim ekstraseluler. Proses tersebut dibantu oleh senyawa *monomer* dan *oligomer* (gula dan disakarida) yang disekresikan oleh enzim hidrolitik ekstraseluler akar. Kedua senyawa tersebut merupakan substrat yang secara langsung dimanfaatkan oleh fungi untuk melakukan aktivitas dekomposisi tersebut (De Boer *et al.*, 2008). Dengan demikian fungi saprofit di rizosfir dapat mendegradasikan baik senyawa organik sederhana yang berasal dari eksudat akar atau senyawa kompleks misalnya akar yang mati. Dekomposisi bahan organik tidak dapat dilakukan secara sempurna oleh suatu jenis mikroba tetapi harus dilakukan oleh konsorsium beberapa kelompok mikroba secara sinergis.

Di dalam rizosfir juga terjadi interaksi antara mikrofauna dengan mikroflora. Salah satu peranan protozoa di rizosfir adalah mengendalikan populasi bakteri, sehingga kelompok protozoa ini disebut pemakan bakteri (*bakteriovor*). Selain protozoa yang juga berperan sebagai *bakteriovor* adalah kelompok nematoda tertentu. Protozoa dan nematoda *bakteriovor* merupakan kelompok yang menempati tingkat tropik sebagai konsumen utama yang memakan bakteri dan senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh bakteri dalam jejaring rantai makanan di rizosfir. Walaupun ukuran mereka sangat kecil kelimpahan kelompok ini sangat mempengaruhi terhadap produksi biomassa dan sangat menentukan dinamika populasi mikroba di rizosfir (Christensen *et al.* 2007). Hasil penelitian pada daerah pertanian di Belanda menunjukkan bahwa rata-rata produksi biomassa tahunan bakteriovor pada waktu musim dingin pada kedalaman tanah 025 cm didapat sekitar 16 kg C/ ha/tahun (protozoa) dan 105 kg C/ha/tahun (nematoda) (Bouwman and Zwart, 1994). Akibatnya populasi bakteri di rizosfir berfluktuasi tergantung pada aktivitas pemangsa (protozoa dan nematoda *bakteriovor*) dalam melakukan aktivitas perburuan (*grazing*) di rizosfir (Wardle and Yeat, 1993).

IV. INTERAKSI MIKROFLORA, MIKROFAUNA DAN TANAMAN

Interaksi antara tanaman, bakteri dan protozoa di rizosfir dapat digambarkan sebagai berikut: eksudat tanaman memacu pertumbuhan bakteri, protozoa akan terpacu populasinya dengan pertumbuhan populasi bakteri, protozoa yang jumlah populasinya meningkat akan meningkatkan laju dekomposisi

bahan organik akibatnya nutrisi menjadi lebih tersedia dan akan memacu pertumbuhan tanaman. Walaupun peranannya dalam membantu pertumbuhan tanaman melalui jalur yang panjang, Zwart *et al.* (1994) menggolongkan pemakan bakteri (*bakteriovor*) sebagai organisme pemacu pertumbuhan tanaman (*plant growth-promoting organisms*).

Bonkowski and Brandt (2002) menyatakan bahwa kehadiran amoeba di rizosfir memberikan dampak memacu pertumbuhan akar tanaman. Penelitian pada tanaman salah satu jenis seledri (*Lepidium sativum*) menunjukkan bahwa jumlah dan panjang akar lateral meningkat empat sampai lima kali lipat ketika diinokulasi dengan amoeba pada akarnya. Bonkowski and Brandt (2002) menerangkan lebih lanjut bahwa suatu proporsi populasi amoeba yang tepat akan meningkatkan populasi *auxin-producing bacteria* sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan akar yang akan mengakibatkan akar mampu menyerap nutrisi lebih banyak. Meningkatnya pertumbuhan akar juga berakibat meningkatnya laju eksudasi sehingga akan memacu pertumbuhan bakteri dan *bakteriovor* di rizosfir. Dengan demikian, terjadi saling ketergantungan, saling menyuplai antara akar tanaman, bakteri dan *bakteriovor* di rizosfir. Beberapa hasil penelitian terhadap tanaman rumput-rumputan, sereal dan anakan menunjukkan adanya dampak kehadiran amoeba di rizosfir terhadap jumlah dan panjang akar lateralnya (Somasundaram *et al.*, 2008). Meningkatnya panjang akar lateral akan memperbaiki arsitektur akar yaitu terjadinya perluasan sistem percabangan akar yang akan meningkatkan penyerapan unsur hara.

Hasil pengamatan pada tanaman tomat yang memiliki populasi nematoda pemakan bakteri tinggi menunjukkan adanya perkembangan akar yang baik, lebih banyak, lebih panjang dan lebih halus. Di samping itu juga menghasilkan lebih banyak auksin, seperti indol asam asetat (IAA) dan memiliki struktur komunitas mikroba rizosfir lebih baik (Mao *et al.*, 2007). Fungsi IAA bagi mikroba, fauna pemakan bakteri dan tanaman yang paling kuat terjadi pada waktu akar masih muda, sebagaimana telah dibahas di depan bahwa komunitas mikroba sangat berkaitan dengan umur tanaman (Vestergård *et al.*, 2007).

Bonkowski *et al.* (2009) pada tanaman yang membangun asosiasi dengan fungi akar membentuk mikoriza menunjukkan bahwa perluasan jaringan akar akibat asosiasi mikoriza akan meningkatkan biomasa akar secara signifikan. Pada ekosistem pertanian hifa fungi dapat mencapai panjang 400 m per gram tanah, sedangkan pada ekosistem hutan dapat mencapai panjang 2000 m/gram tanah (Christensen, 1989). Di rizosfir juga ditemukan mikrofauna pemakan fungi yang juga memainkan peranan yang penting terhadap pelepasan *nutrient* untuk tanaman (Gange, 2000). Fauna rizosfir merupakan kelompok yang berperan sebagai penyedia nutrisi bagi mikoriza (Wilkinson, 2008), mikrofauna merupakan aktor penting dalam membantu pembebasan nutrisi di rizosfir sehingga membantu membangun terjadinya interaksi tanaman-fungi.

Steinaker and Wilson (2008) melakukan penelitian mendalam mengenai hubungan akar, mikoriza dan collembola menggunakan teknik kamera khusus (*minirhizotron camera technique*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa collembola sebagai pemakan fungi (*fungivor*) berkorelasi negatif terhadap produksi akar sepanjang musim pertumbuhan tanaman di padang rumput dan areal hutan dan menurunkan akumulasi karbon di daerah rizosfir. Hasil penelitian serupa dilakukan oleh Johnson *et al.* (2005) bahwa kehadiran collembola di rizosfir akan memutuskan jaringan hifa mikoriza dari akar tanaman secara signifikan sehingga menurunkan alokasi karbon di bawah permukaan tanah yang dapat merusak fungsi mikoriza, tetapi hal ini tidak selalu memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman (Setälä, 1995).

V. DAMPAK DINAMIKA KOMUNITAS MIKROBA RIZOSFIR TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN DAN KOMPISISI TEGAKAN

Kolonisasi tegakan tanaman secara alami dikendalikan juga oleh struktur komposisi mikroba di rizosfir. Distribusi suatu jenis tanaman dalam suatu hamparan ditentukan oleh kehadiran atau ketidakhadiran suatu mikroba simbiosis yang diperlukan dalam rizosfirnya. Cardon and Whitbeck (2007) melaporkan kegagalan kolonisasi tanaman legume jenis *Genista* spp. di Spanyol karena terbatasnya populasi rhizobia tertentu. Ternyata rhizobia yang bersimbiosis dengan *Genista* tersebut hanya mampu tumbuh pada tanah yang secara alami di atasnya dikoloni oleh semak. Hasil pengamatan penulis pada beberapa HTI Pinus, tanaman ini akan berhasil dengan baik ketika diinokulasi dengan ektomikoriza.

Apabila suatu tegakan di dalam rizosfirnya didominasi oleh mikroba menguntungkan maka tegakan di atasnya akan mempunyai keragaan (*performance*) yang baik. Sebaliknya terjadinya perubahan dominasi komunitas mikroba rizosfir oleh pathogen menyebabkan hilangnya tegakan di atasnya. Contoh yang menarik disajikan oleh Cardon and Whitbeck (2007) ketika terjadi invasi fungi pathogen *Phytophthora cinnamoni* pada tegakan *Eucalyptus* spp. di Australia mengakibatkan kematian 40% populasi *Eucalyptus* spp. tersebut dan menghancurkan seluruh populasi semak dari jenis *Xanthoris australis*. Kejadian serupa juga dilaporkan oleh Cardon and Whitbeck (2007) pada tegakan *Chamaecyparis lawsoniana* di daerah Barat Laut AS mengalami kematian sebesar 46% karena pada daerah rizosfirnya diinvasi oleh pathogen *Phytophthora lateralis*. Serangan fungi tersebut juga membunuh 10% dari populasi semak *Taxus brevifolia* yang meluas meliputi wilayah Oregon dan California.

Namun demikian, struktur komunitas mikroba rizosfir yang memiliki keragaman yang tinggi akan memberikan keuntungan bagi tegakan di atasnya. Kehadiran fungi saprofit dalam rizosfir terbukti mampu menekan populasi fungi pathogen akar. Penelitian Net *et al.* (2006) pada rizosfir yang mengandung pathogen *Fusarium oxysporum* yang bersifat patogen dan non patogen secara bersama-sama. Hasilnya menunjukkan bahwa fungi patogen yang mampu menginfeksi tanaman dapat bersifat saprofit tetapi fungi non patogen hanya bersifat saprofit. Ketika keduanya terdapat bersama-sama ternyata strain non patogen dapat menekan populasi patogen melalui kompetisi terhadap nutrisi (eksudat akar) dan ruang (titik infeksi pada akar) atau dengan menghasilkan senyawa yang dapat meningkatkan resistensi tanaman terhadap patogen.

Di rizosfir juga dapat ditemukan fungi oportunistik saprofit yaitu *Trichoderma*. Fungi ini dapat menyerang fungi lain di rizosfir (Vinale *et al.*, 2008). Kehadiran *Trichoderma* di rizosfir akan berdampak positif karena fungi ini dapat secara langsung mengendalikan patogen yang menyerang inangnya melalui mekanisme mikoparasitisme atau antibiosis (Vinale *et al.*, 2008). Mikoparasitisme artinya *Trichoderma* dapat menjadi parasit bagi pathogen tersebut, sedangkan antibiosis *Trichoderma* mengeluarkan senyawa yang bersifat toksis sehingga dapat membunuh patogen. Namun demikian hasil penelitian Van Wees *et al.* (2008) terdapat juga strain *Trichoderma* yang dapat menginfeksi lapisan luar akar sehingga dapat merugikan tanaman (Van Wees *et al.*, 2008). Vinale *et al.* (2008) menambahkan bahwa selain sebagai biokontrol, *Trichoderma* juga menghasilkan senyawa-senyawa mirip hormon (*plant hormone-like compounds*) yang dapat memacu pertumbuhan tanaman.

Kehadiran fungi saprofit di rizosfir memberikan dampak secara tidak langsung terhadap pengendalian fungi pathogen tanaman. De Boer *et al.* (2008) menunjukkan bahwa kandungan senyawa *anti fungal* di rizosfir yang mengandung keragaman fungi lebih tinggi akan lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan senyawa serupa pada rizosfir yang miskin diversitas fungi. Hal ini akan membantu melindungi tanaman dari serangan pathogen akar. Di samping itu fungi saprofit juga berkontribusi terhadap penyediaan unsur hara bagi tanaman. Peranan fungi saprofit yang jauh letaknya dari rizosfir akan diefektifkan oleh kehadiran fungi mikoriza di akar. Fungi mikoriza akan secara langsung menyerap nutrisi yang sudah disediakan oleh fungi saprofit melalui kemampuannya mendekomposisikan bahan organik.

VI. PENUTUP

Komunitas mikroba rizosfir sangat penting bagi keberlangsungan kehidupan tanaman dan tegakan di atasnya. Walaupun ruang lingkupnya sangat kecil dibandingkan ekosistem tanah seluruhnya namun dalam rizosfir dihuni milyaran mikroba membentuk komunitas yang kompleks. Masing-masing mikroba beraktivitas sesuai dengan perannya, saling berinteraksi membangun jejaring dan bereaksi terhadap perubahan yang terjadi di lingkungannya. Mikroba rizosfir menyediakan pemecahan masalah yang dihadapi oleh tanaman secara terpadu melebihi reaksi yang dihasilkan oleh fungsi masing-masing secara individu. Oleh karena itu menjaga kesehatan dan keseimbangan ekologi di rizosfir sangat penting untuk membantu meningkatkan produktivitas tanaman dan tegakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bintrim, S.B., Donohue T.J., Handelsman J., Roberts G.P. And Goodman RM (1997) Molecular Phylogeny of Archaea from Soil. PNAS 94:277282.
- Bonkowski, M., C. Villenave and B. Griffiths. 2009. Rhizosphere Fauna: the Functional and Structural Diversity of Intimate Interactions of Soil Fauna with Plant Roots. REVIEW ARTICLE . Plant Soil (2009) 321:213233.
- Buée, M., W. De Boer, F. Martin, L. Van Overbeek and E. Jukervith. 2009. The Rhizosphere Zoo: An Overview of Plant-associated Communities of Microorganisms, including Phages, Bacteria, Archaea, and Fungi, and of Some of Their Structuring Factors. Plant Soil (2009) 321:189212.
- Cardon, Z.G. and J.L. Whitbeck, 2007. The Rhizosphere an Ecological Prospectives. Elsevier Academic Press. California.
- Chen X., Zhu Y.G., Xia Y., Shen J.P., And He J.Z. 2008. Ammonia Oxidizing Archaea: Important Players in Paddy Rhizosphere Soil? Environ Microbiol 10:19781987.
- Curl E.A., Truelove B. 1986. The rhizosphere. Springer, New York.
- De Boer W., de Ridder-Duine A.S., Klein Gunnewiek P.J.A., Smant W., van Veen J.A. 2008. Rhizosphere Bacteria from Sites with Higher Fungal Densities Exhibit Greater Levels of Potential Antifungal Properties. Soil Biol Biochem 40:15421544.
- Dunfield K.E., Germida J.J. 2003. Seasonal Changes in the Rhizosphere Microbial Communities Associated with Field Grown Genetically Modified Canola (*Brassica napus*). Appl Environ Microbiol 69:73107318.
- Erkel C., Kube M., Reinhardt R., Liesack W. 2006. Genome of Rice Cluster I Archaea the Key Methane Producers in the Rice Rhizosphere. Science 313:370372.
- Fulthorpe R.R., Roesch L.F.W., Riva A. and Triplett E.W. 2008. Distantly Sampled Soils Carry few Species in Common. ISME J 2:901910.
- Goodman R.M., Bintrim S.B., Handelsman J., Quirino B.F., Rosas J.C., Simon H.M. and Smith K.P. 1998. A Dirty Look: Soil Microflora and Rhizosphere Microbiology. In: Flores H.E., Lynch J.P., Eissenstat D. (eds) Radical biology: Advances and Perspectives on the Function of Plant Roots. American Society of Plant Physiologists, Rockville, pp 219231.
- Griffiths, B.S., S. Christensen and M. Bonkowski. 2010. Microfaunal Interactions in the Rhizosphere, How Nematodes and Protozoa link above- and below-ground processes. *Hydrodictyon.eeb.uconn.edu/.../rhizosphere/*
- Herschkovitz Y., Lerner A., Davidov Y., Rothballer M., Hartmann A., Okon Y. and Jurkevitch E. 2005. Inoculation with the Plant Growth Promoting Rhizobacterium *Azospirillum brasilense* causes Little Disturbance in the Rhizosphere and Rhizoplane of Maize (*Zea mays*). Microb Ecol 50:277288.
- Kent A.D., Triplett E.W. 2002. Microbial Communities and their Interaction in Soil and Rhizosphere Ecosystem. Annu. Rev. Microbiol. 56: 211-236.
- Kielak A., Pijl A.S., van Veen J.A. And Kowalchuk G.A. 2009. Phylogenetic Diversity of Acidobacteria in a Former Agricultural Soil. ISME J 3:378-382.
- Kirby R. 2006. Actinomycetes and Lignin Degradation. Adv Appl Microbiol 58:125-168.
- Leininger S., Urich T., Schloter M., Schwark L., Qi J., Nicol G.W., Prosser J.I., Schuster S.C. and Schleper C. 2006. Archaea Predominate Among Ammonia-oxidizing Prokaryotes in Soils. Nature 442:806-809.

- Lerner A., Herschkovitz Y., Baudoin E., Nazaret S., Moënne-Loccoz Y., Okon Y. and Jurkevitch E. 2006. Effect of *Azospirillum Brasilense* on Rhizobacterial Communities Analyzed by Dena Turing Gradient Gel Electrophoresis and Automated Intergenic Spacer Analysis. *Soil Biol Biochem* 38:1212-1218.
- Lupwayi N.Z., W.A. Rice and G.W. Clayton. 1998. Soil Microbial Diversity and Community Structure Under Wheat as Influenced by Tillage and Crop Rotation. *Soil Biol Biochem* 30:1733-1741-
- Lynch J.M., Hobbie J.E. 1988. The Terrestrial Environment. In: Lynch J.M., Hobbie J.E. (eds) *Microorganisms in Action: Concepts and Application in Microbial Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, GB, pp 103-131.
- Marcial Gomes, N.C., O. Fagbola, R. Costa, N.G. Rumjanek, A. Buchner, L. Mendona-Hagler and K. Smalla. 2003. Dynamics of Fungal Communities in Bulk and Maize Rhizosphere Soil in the Tropics. *Appl Environ Microbiol* 69:3758-3766.
- Marschner, P., D.E. Crowley and C.H. Yang. 2004. Development of Specific Rhizosphere Bacterial Communities in Relation to Plant Species, Nutrition And Soil Type. *Plant Soil* 261:199-208.
- Martin F., Aerts A., Ahrén D., Brun A., Duchaussoy F., Kohler A. *et al.* 2008. The Genome Sequence of the Basidiomycete Fungus *Laccaria bicolor* Provides Insights into the Mycorrhizal Symbiosis. *Nature* 452:88-92.
- Nel B., Steinberg C., Labuschagne N., Viljoen A. 2006. Isolation and Characterization of Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Isolates from the Rhizosphere of Healthy Banana Plants. *Plant Pathol* 55:207-216.
- Semenov, A.M., A.H.C. van Bruggen and V.V. Zelenev. 1999. Moving Waves Bacterial Population and Total Organic Carbon Along Roots of Wheat. *Microbiol. Ecol.* 37: 116-128.
- Smalla K., Wieland G., Buchner A., Zock A., Parzy J., Kaiser S., Roskot N., Heuer H. and Berg G. 2001. Bulk and Rhizosphere Soil Bacterial Communities Studied by Denaturing Gradient Gel Electrophoresis: Plant-dependent Enrichment And Seasonal Shifts Revealed. *Appl Environ Microbiol* 67:4742-4751.
- Sylvia, D., Fuhrmann, J., Hartel, P., Zuberer, D. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Pearson Education Inc. New Jersey.
- Van der Wal A., de Boer W., Smant W., van Veen J.A. 2007. Initial Decay Of Woody Fragments in Soil is Influenced by Size, Vertical Position, Nitrogen Availability and soil origin. *Plant Soil* 301:189-201.
- Van der Wal A., van Veen J.A., Pijl A.S., Summerbell R.C. and de Boer W. 2006. Constraints on Development of Fungal Biomass and Decomposition Processes During Restoration of Arable Sandy Soils. *Soil Biol Biochem* 38:2890-2902.
- Van Overbeek L., Van Elsas J.D. 2008. Effects of Plant Genotype and Growth Stage on the Structure of Bacterial Communities Associated with Potato (*Solanum tuberosum* L.). *FEMS Microbiol Ecol* 64:283-296.
- Van Wees S.C.M., van der Ent S., Pieterse C.J.M. 2008. Plant Immune Responses Triggered by Beneficial Microbes. *Curr Opin Plant Biol* 11:443-448.
- Vinale F., Sivasithamparan K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo S.L. and Lorito M. 2008. Trichoderma Plant Pathogen Interactions. *Soil Biol Biochem* 40:1-10.
- Vujanovic V., Hamelin R.C., Bernier L., Vujanovic G., St-Arnaud M. 2007. Fungal Diversity, Dominance, and Community Structure in the Rhizosphere of Clonal *Picea mariana* Plants Throughout Nursery Production Chronosequences. *Microbiol Ecol* 54:672-684.

- Wuchter C., Abbas B., Coolen M.J.L., Herfort L., van Bleijswijk J., Timmers P., Strous M., Teira E., Herndl G.J., Middelburg J.J., Schouten S. and Sinninghe Damste J. 2006. Archaeal nitrification in the ocean. *PNAS* 103:12317-12322.
- Yang C.-H. and Crowley D.E. 2000. Rhizosphere Microbial Community Structure in Relation to Root Location and Plant Iron Nutritional Status. *Appl Environ Microbiol* 66:345-351.
- Zachow C., Tilcher R., Berg G. 2008. Sugar Beet-associated Bacterial and Fungal Communities Show a High Indigenous Antagonistic Potential Against Plant Pathogens. *Microb Ecol* 55:119-129.