

Keanekaragaman Mikrob Fungsional Rizosfer Nanas dengan Berbagai Tingkat Produktivitas

(The Diversity of Soil Functional Microbes in Pineapple Rhizosphere on Various Levels of Productivity)

Aditya Dyah Utami^{1*}, Suryo Wiyono², Rahayu Widyastuti³, Priyo Cahyono⁴

(Diterima Agustus 2018/Disetujui Juli 2020)

ABSTRAK

Mikrob fungsional yang berperan penting dalam transformasi hara dan pengendalian penyakit juga memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Akan tetapi, peran mikrob tersebut belum banyak diteliti untuk mendukung keberlanjutan produktivitas nanas. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kelimpahan dan keanekaragaman mikrob fungsional tanah pada fase pertumbuhan yang berbeda, yaitu vegetatif dan generatif pada berbagai tingkat produktivitas nanas. Tahapan penelitian meliputi pengambilan contoh tanah rizosfer, pengamatan insidensi penyakit, dan isolasi mikrob fungsional, yaitu *Azotobacter*, bakteri pelarut fosfat, bakteri pelarut kalium, bakteri penghasil antibiotik, bakteri penghasil IAA, dan bakteri kitinolitik. Metode pengambilan contoh tanah adalah *simple randomized sampling* pada 6 lokasi dengan luasan setiap lokasi ± 5 ha dengan kedalaman 20 cm. Rizosfer diambil dari tanaman yang tumbuh pada lahan dengan produktivitas tinggi (>60 ton/ha) dan produktivitas rendah (<60 ton/ha) baik pada fase vegetatif maupun pada fase generatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan bakteri pelarut kalium, bakteri kitinolitik, dan bakteri penghasil IAA lebih tinggi pada fase generatif. Kelimpahan *Azotobacter*, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri penghasil antibiotik lebih tinggi pada fase vegetatif, baik pada produktivitas tanaman tinggi maupun rendah. Total mikrob ditemukan lebih tinggi di lahan dengan produktivitas tanaman yang tinggi dibandingkan dengan lahan dengan produktivitas rendah. Kelimpahan bakteri penghasil IAA dan bakteri kitinolitik berkorelasi negatif dengan serangan patogen *Erwinia chrysanthemi* dan *Phytophthora cinnamomi*.

Kata kunci: bakteri kitinolitik, IAA, fase pertumbuhan, penyakit nanas

ABSTRACT

Functional microbes of rhizosphere play important roles in nutrient transformation and controlling disease as well as in supporting plant growth and development. However, there is no study on the role of functional microbes on pineapple productivity. The purpose of this study was to investigate the abundance and diversity of soil functional microbes at different growth phases at two levels of productivity and their correlations to disease incidence. The research process included sampling of pineapple rhizospheric soil from vegetative and generative phases pineapples at low and high plant productivity sites, observations of disease incidence, and isolations of functional microbes. Functional groups of bacteria were *Azotobacter*, phosphate-solubilizing bacteria, potassium-solubilizing bacteria, antibiotics-producing bacteria, IAA-producing bacteria, and chitinolytic bacteria. The soil sampling method was simple randomized sampling at 6 locations with an area of each location ± 5 ha with a depth of 20 cm. Rhizosphere were taken in plants grown in high productivity area (>60 tons/ha) and low productivity area (<60 tons/ha) in vegetative and generative phases. The results showed that potassium-solubilizing bacteria, chitinolytic bacteria, and IAA-producing bacteria were more abundant during the generative phase compared to those during vegetative phase. While *Azotobacter*, phosphate-solubilizing bacteria, and antibiotic-producing bacteria were more predominant during vegetative phase at various crop productivity. Total density of microbes was higher in soil with high crop productivity than that in soil with low crop productivity. The abundance of chitinolytic bacteria and IAA-producing bacteria had negative correlation with disease caused by *Erwinia chrysanthemi* and *Phytophthora cinnamomi*.

Keywords: chitinolytic bacteria, growth phase, IAA, pineapple disease

¹ Akademi Komunitas Perkebunan Yogyakarta, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

² Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

⁴ PT Great Giant Food, Jalan Lintas Timur Sumatera, KM 77 Arah Menggala, Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung 34163

* Penulis Korespondensi:

Email: adityadyahutami15@gmail.com

PENDAHULUAN

Nanas (*Ananas comosus*) merupakan tanaman hortikultura tropis yang buahnya banyak manfaat karena kandungan gizi berupa kalsium, potassium, vitamin, bromealin, dan serat (Harahap & Nusyirwan 2014; Adam *et al.* 2016; Ramli *et al.* 2018). Nanas tidak hanya dikonsumsi buahnya, tetapi bagian tanaman lainnya, seperti daun dan limbahnya dapat dimanfaatkan. Manfaat nanas yang tinggi menyebabkan

nanas diminati masyarakat internasional sehingga dilakukan pengembangan budi daya pada skala perkebunan.

Produktivitas nanas dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti serangan patogen dan kualitas tanah di lahan perkebunan. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas nanas salah satunya adalah melalui kajian sifat biologi tanah. Sifat biologi sangat berkaitan dengan sifat-sifat tanah yang lain, yaitu sifat fisik dan kimia. Kajian biologi tanah dapat dilakukan melalui eksplorasi mikrob rizosfer. Aktivitas mikrob rizosfer sangat dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman. Karena fase pertumbuhan tanaman menghasilkan komposisi eksudat akar yang berbeda sehingga kelimpahan dan keanekaragamannya juga berbeda. Keadaan kimia dan biologi tersebut berpengaruh kuat pada produktivitas tanaman.

Penelitian mengenai mikrob di rizosfer nanas telah dilakukan dan menunjukkan bahwa terdapat beberapa mikrob, seperti *Fusarium* spp., *Burkholderia* sp., *Azospirillum amazonense*, serta *Azospirillum lipoferum* (Weber *et al.* 2009). Mikrob tersebut menghasilkan asam-asam organik dan hormon zat pengatur tumbuh yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk membantu pertumbuhannya (Moreno-Salazar *et al.* 2020). Akan tetapi, penelitian tersebut hanya terfokus pada identifikasi individual mikrob dan belum ada penggalian informasi mengenai komunitas mikrob fungsional di rizosfer nanas.

Komunitas mikrob fungsional perlu diketahui karena memiliki peranan penting, baik dalam ketersediaan hara, pengendalian penyakit, dan produksi senyawa-senyawa yang menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Al-Maliki & Ebreesum 2020; Fraser *et al.* 2016; Jha & Saraf 2015). Selain itu, keanekaragaman dan kelimpahan mikrob tanah sangat terkait dengan produktivitas lahan (Schnitzer *et al.* 2011). Pengetahuan tentang kelimpahan dan keanekaragaman mikrob penting untuk menentukan arah pengelolaan suatu lahan. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk mengkaji komunitas mikrob fungsional di rizosfer nanas. Kajian dilakukan pada fase pertumbuhan tanaman nanas yang berbeda (vegetatif dan generatif) serta pada produktivitas yang tinggi dan rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengamati kelimpahan dan keanekaragaman mikrob fungsional tanah pada fase pertumbuhan yang berbeda di berbagai tingkat produktivitas tanaman serta hubungannya dengan insidensi penyakit nanas.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan contoh tanah dilaksanakan di lahan perkebunan nanas PT Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Analisis biologi tanah dilaksanakan di Laboratorium CV Wish Indonesia Dramaga Bogor, Laboratorium Mikrobiologi,

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Laboratorium Biologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah rizosfer nanas, media *nutrient Agar* (NA), *tryptic soy broth* (TSB), media *potato dextrose agar* (PDA), media *alexandrov*, media *pikovskaya*, media *nitrogen-free mannitol* (NFM), dan bahan kimia lain untuk analisis biologi tanah. Alat-alat yang digunakan terdiri atas peralatan lapangan untuk pengambilan contoh tanah dan alat-alat laboratorium untuk analisis biologi tanah.

Pelaksanaan Penelitian

• Pengambilan contoh tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada rizosfer nanas yang ditentukan berdasarkan fase pertumbuhan dan tingkat produktivitas tanaman. Fase pertumbuhan adalah fase vegetatif dan fase generatif. Tingkat produktivitas tanaman yang digunakan adalah produktivitas kategori tinggi (>60 ton/ha) dan rendah (<60 ton/ha). Contoh tanah diambil pada pertanaman *first crop*, yaitu tanaman yang belum panen pertama dengan varietas GP1.

Pada setiap lahan dengan tingkat produktivitas tanaman yang berbeda, pengambilan contoh tanah dilakukan pada fase pertumbuhan tanaman vegetatif (nanas umur 7–9 bulan) dan generatif (nanas umur 10–12 bulan) yang diambil pada 6 lokasi dengan luasan setiap lokasi ± 5 ha. Metode pengambilan contoh tanah adalah *simple randomized sampling*. Pada setiap lokasi, contoh tanah diambil dari 9 titik tanaman. Lokasi yang dijadikan titik pengambilan contoh tanah dibersihkan dari serasah tanaman. Tanah digali hingga kedalaman 20 cm dan terlihat perakaran tanaman. Contoh tanah yang diambil adalah bagian rizosfer. Contoh tanah dikompositkan, diambil 500 g, dan dimasukkan ke dalam *cool box*.

• Pengamatan penyakit nanas

Penyakit yang diamati di lapang ialah penyakit layu/*Pineapple Mealybug Wilt-associated Virus* (PMWaV), busuk akar yang disebabkan oleh *Phytophthora cinnamomi*, dan penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Erwinia chrysanthemi*. Pengamatan insidensi penyakit dilakukan pada 60 contoh tanaman pada setiap titik pengambilan contoh tanah dan mengamati tanaman yang memperlihatkan gejala serangan penyakit. Rumus untuk perhitungan insidensi penyakit adalah sebagai berikut.

$$\text{Insidensi penyakit (\%)} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

n = Jumlah unit tanaman terinfeksi

N = Total jumlah unit tanaman yang diamati

Eksplorasi Mikrob Rizosfer Nanas

• Total mikrob, karakterisasi morfologi, dan pemurnian isolat

Sebanyak 5 g contoh tanah ditimbang dan dimasukkan ke erlenmeyer yang berisi larutan fisiologis steril sebanyak 45 mL. Selanjutnya, campuran dihomogenkan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 30 menit. Suspensi tersebut diambil sebanyak 1 mL larutan dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan fisiologis 9 mL. Pengenceran dilakukan sampai tingkat pengenceran 10^{-5} . Dari tingkat pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} masing-masing diambil 0,1 mL suspensi dan dituang ke media PDA dalam cawan petri untuk isolasi cendawan. Sebanyak 0,1 mL larutan suspensi dari tingkat pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} dituang ke media NA dalam cawan petri steril untuk isolasi bakteri (metode *spread plate*). Isolasi cendawan dan bakteri pada masing-masing pengenceran tersebut dilakukan dalam dua ulangan. Selanjutnya, diinkubasi selama 72 jam dalam suhu 28–31°C. Isolat cendawan dan bakteri yang tumbuh dihitung jumlah koloninya dan dikarakterisasi morfologi awal berdasarkan warna, bentuk, ukuran, elevasi, dan margin. Kemudian, setiap isolat dimurnikan dengan metode *quadran-streak plate* untuk mendapatkan koloni tunggal bakteri dan dikarakterisasi morfologi pada koloni tunggal bakteri berdasarkan warna, bentuk, ukuran, elevasi, dan margin. Selanjutnya, isolat dipindahkan ke media agar miring NA dalam tabung reaksi untuk disimpan dan selanjutnya dilakukan uji antibiosis dengan *Rhizoctonia solani* dan diuji kemampuan menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA).

$$\text{Total mikrob (cfu g}^{-1}\text{)} = (\text{jumlah koloni}) \times 10 \times \text{fp} \times \frac{\text{BB}}{\text{BKM}}$$

Keterangan:

fp = Faktor pengenceran

bb = Bobot basah

bkm = Bobot kering mutlak

Kelimpahan Mikrob Fungsional

Mikrob fungsional tanah yang dianalisis adalah bakteri pelarut kalium, bakteri penambat N₂ (*Azotobacter*), bakteri pelarut fosfat, bakteri kitinolitik, bakteri penghasil antibiotik, dan bakteri penghasil IAA yang masing-masing menggunakan media, yaitu media *Alexandrov*, media NFM, media *Pikovskaya*, media TSB yang ditambahkan koloidal kitin dan triptofan. Sebanyak 5 g contoh tanah rizosfer nanas yang akan diisolasi, diencerkan pada larutan fisiologis hingga pengenceran 10^{-4} . Pengenceran yang dilakukan untuk mengisolasi *Azotobacter* adalah 10^{-3} dan 10^{-4} , dan untuk mengisolasi bakteri pelarut kalium, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri kitinolitik adalah 10^{-4} dan 10^{-5} masing-masing dua ulangan. Metode isolasi yang digunakan adalah *spread plate*. Kemudian diinkubasi selama 72 jam sampai 168 jam dalam suhu 28–31°C.

Analisis bakteri penghasil IAA dilakukan dengan menggunakan media TSB. Isolat bakteri yang disimpan dalam media agar miring NA diambil sebanyak 1

lup menggunakan jarum ose kemudian dimasukkan ke media TSB 5 mL. Campuran diinkubasi sambil dilakukan pengadukan selama 24 jam. Selanjutnya, diambil 2 mL suspensi kemudian dimasukkan ke dalam tabung *ependorf* untuk *dicentrifuge* pada suhu 4°C dengan kecepatan 11.000 rpm selama 15 menit. Suspensi cair sebanyak 1 mL dimasukkan ke tabung reaksi dan ditetesi reagen salkowski sebanyak 2 mL, kemudian diinkubasi selama 30 menit pada ruang gelap, dan selanjutnya diuji menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm. Kemudian dilakukan perhitungan persentase bakteri yang mampu menghasilkan IAA dari total isolat bakteri yang diuji.

Uji antibiosis secara *in vitro* dilakukan pada media PDA dalam cawan petri dengan metode uji ganda (*dual culture*). Isolat bakteri sebanyak 1 lup inokulan digoreskan pada media PDA yang diberi jarak 2 cm dari patogen. Patogen yang digunakan dalam uji ini adalah *Rhizoctonia solani*. Mikrob diinkubasi selama 72–168 jam pada suhu 28–31°C dan dilakukan pengamatan pembentukan zona bening yang berarti bakteri positif menghasilkan antibiotik. Kemudian dilakukan perhitungan persentase bakteri penghasil antibiotik dari total isolat yang diuji.

Analisis Data

Data penelitian yang didapat kemudian dianalisis menggunakan *software* Microsoft Excel untuk mendeskripsikan kelimpahan mikrob dan mikrob fungsional, dan insidensi penyakit tanaman. Analisis ANOVA dilakukan untuk menguji kelimpahan mikrob pada fase pertumbuhan dan tingkat produktivitas tanaman. Hubungan mikrob fungsional dengan patogen diuji korelasi menggunakan *software* Minitab 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Mikrob Tanah pada Fase Pertumbuhan Tanaman

Kelimpahan dan keanekaragaman mikrob rizosfer dipengaruhi oleh berbagai hal, salah satunya fase pertumbuhan tanaman. Fase pertumbuhan tanaman akan mensekresikan eksudat akar yang berbeda. Eksudat akar tersebut dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi mikrob. Hasil eksplorasi mikrob di rizosfer nanas menunjukkan bahwa kelimpahan mikrob total, yaitu cendawan (Gambar 1a) dan bakteri (Gambar 1b) berbeda antara fase vegetatif dan generatif tanaman. Kelimpahan cendawan dan bakteri pada fase generatif lebih tinggi dibandingkan pada fase vegetatif tanaman, tetapi tidak berbeda nyata pada kedua fase tersebut. Seperti halnya yang dilaporkan oleh beberapa peneliti bahwa kelimpahan mikrob rizosfer lebih banyak ditemukan pada saat tanaman mengalami fase generatif. Hal ini dikarenakan sekresi gula sederhana dan asam organik sebagai substrat respirasi mikrob lebih banyak pada fase generative sehingga memengaruhi aktivitas mikrob rizosfer (Chen *et al.*

2016; Shazad *et al.* 2015; Proctor & He 2017; Campbell 1985).

Hasil eksplorasi mikrob fungsional rizosfer juga menunjukkan kelimpahan yang berbeda antara fase vegetatif dan fase generatif tanaman (Gambar 1c). Kelimpahan bakteri pelarut kalium lebih tinggi pada fase generatif dibandingkan dengan fase vegetatif tanaman dan keduanya berbeda nyata. Bakteri kitinolitik memiliki kelimpahan yang serupa, yaitu lebih tinggi pada fase generatif tanaman, tetapi keduanya tidak berbeda nyata. Kelimpahan bakteri pelarut kalium dan bakteri kitinolitik yang tinggi pada fase generatif tanaman diduga berkaitan dengan asam organik dari eksudat akar yang disekresikan berperan menunjang aktivitasnya.

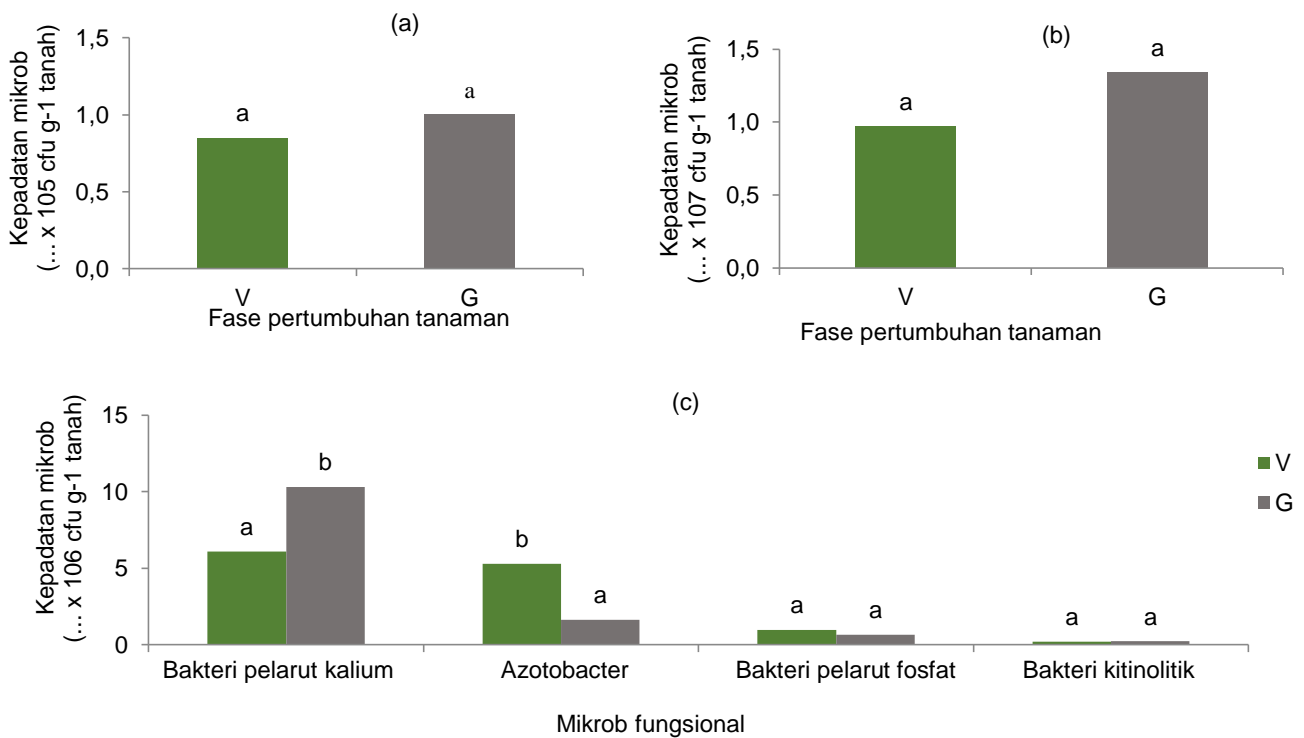
Akan tetapi, kelimpahan *Azotobacter* dan bakteri pelarut fosfat (Gambar 1c), menunjukkan hasil yang berbeda. *Azotobacter* kelimpahannya lebih tinggi pada fase vegetatif tanaman dan keduanya berbeda nyata. *Azotobacter* sebagai penambat N₂ menurut Campbell (1985), membutuhkan asam amino dalam penambatan N₂. Asam amino banyak disekresikan pada saat fotosintesis yang meningkat selama fase vegetatif tanaman. Sama halnya dengan *Azotobacter*, dari Gambar 1c menunjukkan bahwa bakteri pelarut fosfat lebih tinggi kelimpahannya pada fase vegetatif dibandingkan dengan pada fase generatif, tetapi keduanya tidak berbeda nyata. Kelimpahan bakteri pelarut fosfat yang tinggi pada fase vegetatif memengaruhi imobilisasi fosfat di dalam tanah. Fosfat yang cepat terimobilisasi sehingga peran bakteri

pelarut fosfat sangat diperlukan agar fosfat tersedia bagi tanaman (Sobral *et al.* 2004).

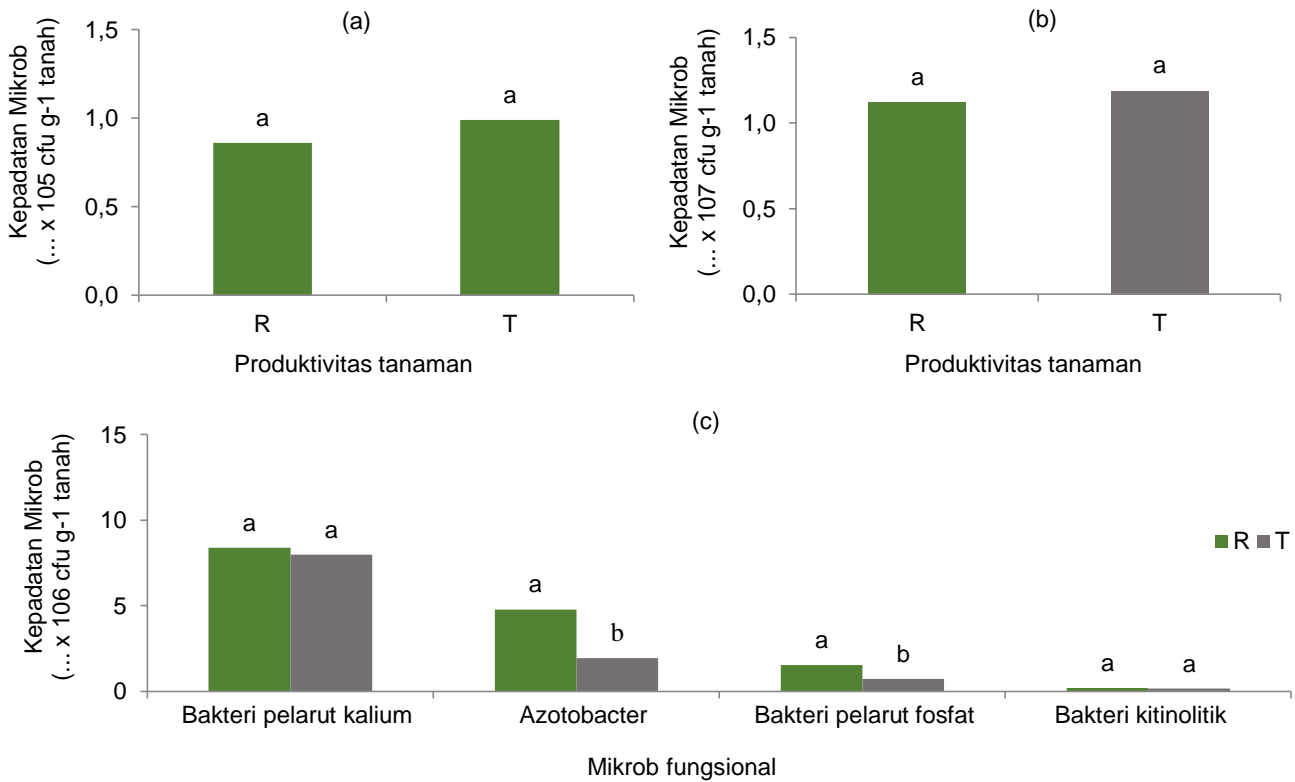
Kelimpahan Mikrob Tanah pada Berbagai Tingkat Produktivitas Tanaman

Terdapat keterkaitan antara kelimpahan mikrob rizosfer dengan produktivitas tanaman. Hasil eksplorasi menunjukkan total cendawan (Gambar 2a) dan bakteri (Gambar 2b), dan lahan dengan produktivitas tanaman tinggi memiliki kelimpahan yang tinggi dibandingkan lahan dengan produktivitas tanaman rendah. Akan tetapi, pada kedua produktivitas tanaman tersebut baik kelimpahan cendawan maupun bakteri tidak menunjukkan beda nyata. Lahan dengan produktivitas tanaman tinggi memiliki kesuburan tanah yang lebih baik sehingga menunjang aktivitas mikrob. Dengan adanya aktivitas mikrob maka memengaruhi pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan produktivitasnya (Kniffin & Balser 2008; Kamaruzzaman *et al.* 2020).

Akan tetapi, Gambar 2c menunjukkan kelimpahan mikrob fungsional yang berbeda. Lahan dengan produktivitas tanaman rendah mempunyai kelimpahan mikrob fungsional, yaitu bakteri pelarut kalium, *Azotobacter*, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri kitinolitik yang lebih tinggi jika dibandingkan lahan dengan produktivitas tanaman tinggi. Kelimpahan bakteri pelarut kalium dan bakteri kitinolitik tidak menunjukkan beda nyata, sedangkan *Azotobacter* dan bakteri pelarut fosfat berbeda nyata pada kedua produktivitas tanaman. Tingginya kelimpahan mikrob



Gambar 1 Kelimpahan mikrob rizosfer pada fase pertumbuhan tanaman. Grafik yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata V = Fase pertumbuhan vegetatif dan G = Fase pertumbuhan generative. a) Cendawan, b) Bakteri, dan c) Fungsional.



Gambar 2 Kelimpahan mikrob rizosfer pada dua tingkat produktivitas tanaman. a) Cendawan, b) Bakteri, dan c) Fungsional. Grafik yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata R = Produktivitas tanaman rendah dan T = Produktivitas tanaman tinggi.

fungsional di lahan dengan produktivitas tanaman rendah diduga akibat aplikasi *liquid organic biofertilizer* (LOB) dan pupuk NPK dengan volume/dosis lebih banyak untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

Mikrob Penghasil Fitohormon IAA dan Antibiotik

Mikrob fungsional tanah lainnya yang berhasil diidentifikasi dalam penelitian ini adalah bakteri penghasil IAA dan bakteri penghasil antibiotik. Hasil penelitian pada Gambar 3a menunjukkan bahwa persentase bakteri penghasil IAA di lahan dengan produktivitas tanaman rendah pada fase vegetatif cenderung tinggi dibandingkan pada fase generatif. Akan tetapi, lahan dengan produktivitas tanaman tinggi mempunyai persentase bakteri penghasil IAA yang lebih tinggi pada fase generatif.

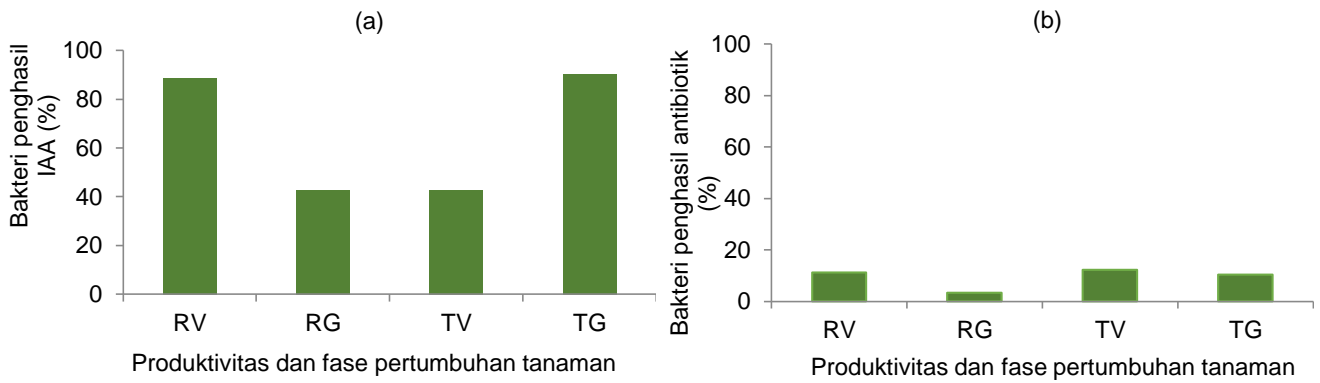
Hasil persentase bakteri penghasil IAA tertinggi berdasarkan Gambar 3a adalah sebesar 90,28% pada fase generatif di lahan dengan produktivitas tanaman tinggi. Persentase bakteri penghasil IAA yang tinggi tersebut mengindikasikan bahwa kelimpahan bakteri di rizosfer yang mampu menghasilkan IAA juga tinggi. Penelitian Yu *et al.* (2018); Syamsia *et al.* (2015); (Peng *et al.* 2020) melaporkan bahwa IAA memacu perkembangan akar serta meningkatkan ketahanan terhadap serangan patogen. IAA sebagai hormon pertumbuhan akan berpengaruh pada fase vegetatif tanaman (Jiang *et al.* 2020). Akan tetapi, kelimpahan bakteri penghasil IAA yang tinggi dapat berperan sebagai *deleterious rhizosphere bacteria* (DRB).

Gambar 3b menunjukkan kelimpahan bakteri penghasil antibiotik pada lahan dengan produktivitas tinggi yang lebih tinggi baik pada tanaman yang berada pada fase vegetatif maupun pada tanaman yang berada pada fase generatif. Tanaman yang berada pada fase vegetatif di lahan dengan produktivitas tanaman tinggi memiliki persentase bakteri penghasil antibiotik tertinggi, yaitu 12,22%. Bakteri penghasil antibiotik yang berada di rizosfer akan melindungi tanaman dari berbagai infeksi mikrob patogen. Produksi antibiotik merupakan mekanisme utama bakteri rizosfer dalam pengendalian hayati penyakit tular tanah (Ahemad & Kibret 2014).

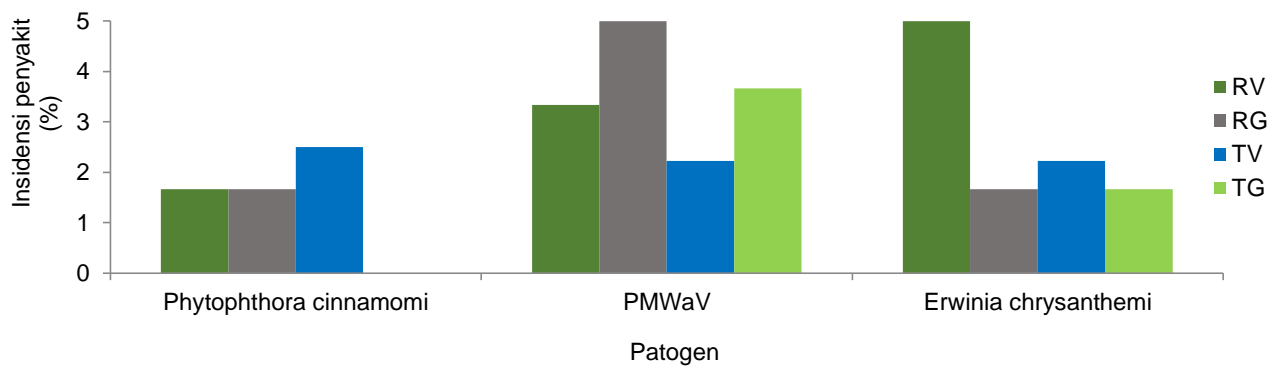
Insidensi Penyakit

Hasil identifikasi patogen yang menyerang tanaman nanas di lapangan menghasilkan tiga jenis patogen, yaitu *Phytophthora cinnamomi* penyebab penyakit busuk akar, *PMWaV* (*Pineapple Mealybug Wilt associated Virus*) penyebab penyakit layu nanas, dan *Erwinia chrysanthemi* penyebab penyakit busuk hati. Gambar 4 menunjukkan insidensi penyakit akibat serangan *Phytophthora cinnamomi* sebesar 1,67–2,50%, akibat serangan *PMWaV* sebesar 2,22–5%, dan akibat serangan *Erwinia chrysanthemi* sebesar 1,67–5%. Patogen *PMWaV* paling banyak menyerang tanaman nanas.

Secara keseluruhan, ketiga patogen tersebut menyerang tanaman lebih berat pada saat tanaman berada dalam fase vegetatif. Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman dengan umur yang relatif muda lebih



Gambar 3 Dominansi bakteri penghasil. a) IAA dan b) Antibiotik pada dua tingkat produktivitas tanaman. RV = Produktivitas tanaman rendah fase vegetatif, RG = Produktivitas tanaman rendah fase generatif, TV = Produktivitas tanaman tinggi fase vegetatif, dan TG = Produktivitas tanaman tinggi fase generatif.



Gambar 4 Insidensi penyakit oleh patogen *Phytophthora cinnamomi*. RV = Produktivitas tanaman rendah fase vegetatif dan RG = Produktivitas tanaman

rentan terserang patogen. Tanaman yang relatif muda masih belum optimal secara fisiologis sehingga mempengaruhi vigor tanaman.

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa serangan patogen cenderung tinggi di lahan dengan produktivitas tanaman yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa serangan patogen yang rendah lebih banyak terdapat pada tanah dengan produktivitas tanaman yang tinggi, atau insidensi penyakit utama nanas merupakan indikator penting bagi produktivitas lahan yang ditanami nanas.

Hubungan Insidensi Penyakit dengan Mikrob Fungsional Tanah

Terdapat keterkaitan antara insidensi penyakit dengan mikrob fungsional rizosfer. Hasil penelitian menunjukkan korelasi antara patogen dengan mikrob fungsional pada fase vegetatif (Tabel 1) dan generatif tanaman (Tabel 2). Pada tanaman yang berada pada fase vegetatif, terdapat korelasi positif antara kelimpahan bakteri pelarut kalium dengan insidensi penyakit layu nanas yang disebabkan oleh PMWaV (Tabel 1). Bakteri pelarut kalium berperan dalam pelarutan kalium sehingga dapat diserap tanaman. Secara umum, kecukupan kalium pada tanaman juga merupakan faktor penentu bagi ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Akan tetapi, korelasi positif ini disebabkan oleh pemupukan kalium yang

tinggi pada lahan penelitian sehingga peran bakteri pelarut kalium diduga tidak terlalu besar dalam ketersediaan kalium (Bhaduri *et al.* 2014).

Korelasi negatif juga ditunjukkan antara kelimpahan bakteri kitinolitik dengan insidensi penyakit busuk lunak yang disebabkan oleh *Erwinia chrysanthemi* (Tabel 1). Degradasi kitin oleh bakteri kitinolitik menghasilkan senyawa antimikrob yang mematikan atau menghambat pertumbuhan bakteri *Erwinia chrysanthemi*. Salah satu produk hasil penguraian kitin adalah kitosan, yang mempunyai sifat antibakterial dan antifungal (Salama *et al.* 2020).

Pada fase generatif tanaman (Tabel 2), kelimpahan *Azotobacter* berkorelasi positif dengan insidensi penyakit layu nanas dan busuk lunak. *Azotobacter* berperan menambat N₂ sehingga memenuhi kebutuhan N₂ tanaman. Akan tetapi, kandungan N₂ yang cenderung tinggi menyebabkan tanaman rentan terhadap serangan serangga vektor dan patogen. Laporan Hogendorp *et al.* (2006) menunjukkan bahwa dinding sel tanaman menipis dengan kandungan N₂ yang semakin tinggi.

Dominansi bakteri penghasil IAA juga berkorelasi negatif dengan insidensi penyakit busuk hati yang disebabkan oleh *Phytophthora cinnamomi* (Tabel 2). IAA yang dihasilkan oleh bakteri akan meningkatkan vigor tanaman. Selain itu, produksi IAA oleh bakteri produser berperan penting dalam meningkatkan

Tabel 1 Korelasi mikroba fungsional tanah dengan patogen nanas pada fase vegetatif

Tingkat serangan patogen	Koefisien korelasi					
	Bakteri					
	Pelarut kalium	<i>Azotobacter</i>	Pelarut fosfat	Kitinolitik	Penghasil IAA	Penghasil antibiotik
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	0,45	0,23	0,25	-0,22	0,17	0,47
PMWaV	0,50*	0,08	0,39	-0,09	0,08	0,07
<i>Erwinia chrysanthemi</i>	-0,18	0,06	0,21	-0,52*	-0,12	0,16

Keterangan: Angka dalam tabel merupakan nilai korelasi Pearson dengan angka yang diikuti tanda (*) menunjukkan korelasi $P < 0,1$.

Tabel 2 Korelasi mikroba fungsional tanah dengan patogen nanas pada fase generatif

Tingkat serangan patogen	Koefisien korelasi					
	Bakteri					
	Pelarut kalium	<i>Azotobacter</i>	Pelarut fosfat	Kitinolitik	Penghasil IAA	Penghasil antibiotik
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	-0,22	-0,15	-0,18	-0,42	-0,53*	0,15
PMWaV	0,08	0,65*	0,11	0,20	0,10	0,40
<i>Erwinia chrysanthemi</i>	0,15	0,68*	0,05	0,05	-0,34	-0,07

Keterangan: Angka dalam tabel merupakan nilai korelasi Pearson dengan angka yang diikuti tanda (*) menunjukkan korelasi $P < 0,1$.

adaptasi tanaman inang terhadap cekaman abiotik (Park *et al.* 2017). Tanaman dengan vigor yang baik lebih tahan terhadap serangan patogen. IAA selain sebagai fitohormon, memiliki peranan lain, yaitu senyawa antimikrob yang dapat menghambat mikroba patogen (Ahmad & Kibret 2014).

KESIMPULAN

Kelimpahan dan keanekaragaman mikroba rizosfer nanas berbeda antara fase vegetatif dan fase generatif pada berbagai tingkat produktivitas. Kelimpahan bakteri pelarut kalium, bakteri kitinolitik, dan bakteri penghasil IAA lebih tinggi pada fase generatif. Kelimpahan *Azotobacter*, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri penghasil antibiotik lebih tinggi pada fase vegetatif pada berbagai tingkat produktivitas tanaman. Kelimpahan total cendawan dan bakteri rizosfer tidak berbeda nyata antarlahan yang mempunyai produktivitas yang berbeda. Lahan yang berproduktivitas tinggi mempunyai kelimpahan bakteri penghasil IAA dan penghasil antibiotik yang lebih tinggi.

Pada fase vegetatif tanaman, kelimpahan bakteri pelarut kalium berkorelasi positif dengan penyakit layu nanas dan kelimpahan bakteri kitinolitik berkorelasi negatif dengan insidensi penyakit busuk lunak. Pada fase generatif tanaman, kelimpahan *Azotobacter* berkorelasi positif dengan insidensi penyakit layu nanas dan penyakit busuk lunak, dan dominansi bakteri penghasil IAA berkorelasi negatif dengan insidensi penyakit busuk hati.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam A, Yusof Y, Yahya A. 2016. Extraction of pineapple leaf fibre: josapine and moris. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(1):161–165.
- Ahmad M, Kibret C. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University*. 26: 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
- Al-Maliki S, Ebreesum H. 2020. Changes in soil carbon mineralization, soil microbes, roots density and soil structure following the application of the arbuscular mycorrhizal fungi and green algae in the arid saline soil. *Rhizosphere* 14: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100203>
- Bhaduri D, Rakshit R, Chakraborty K. 2014. Primary and secondary nutrients—a boon to defense system against plant diseases. *Journal of Biological Stress Management*. 5(3): 461–466. <https://doi.org/10.5958/0976-4038.2014.00597.1>
- Campbell R. 1985. *Plant Microbiology*. Britain (UK): The Castlefield Press.
- Chen ZJ, Tian YH, Zhang Y, Song BR, Li HC. 2016. Effects of root organic exudates on rhizosphere microbes and nutrient removal in the constructed wetlands. *Ecological Engineering*. 92: 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.04.001>
- Fraser FC, Todman LC, Corstanje R, Deeks LK, Harris JA, Pawlett M. 2016. Distinct respiratory responses

- of soils to complex organic substrate are governed predominantly by soil architecture and its microbial community. *Soil Biology and Biochemistry*. 103: 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.09.015>
- Harahap F, Nusyirwan. 2014. Induksi tunas nanas (*Ananas comosus* L. Merr) in vitro dengan pemberian dosis auksin dan sitokinin yang berbeda. *Jurnal Kesehatan Medika saintika*. 15(11): 124–131.
- Hogendorp BK, Cloyd RA, Swiader JM 2006. Effect of nitrogen fertility on reproduction and development of citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso (homoptera: Pseudococcidae), feeding on two colors of coleus, *Solenostemon scutellarioides* L. codd. *Environmental Entomology*. 35(2): 201–211. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.2.201>
- Jha CK, Saraf M 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review. *Journal of Agricultural Research and Development*. 5(2): 108–119.
- Jiang Y, Wu Y, Hu N, Li H, Jiao J. 2020. Interactions of bacterial-feeding nematodes and indole-3-acetic acid (IAA)-producing bacteria promotes growth of *Arabidopsis thaliana* by regulating soil auxin status. *Applied Soil Ecology*. 147: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103447>
- Kamaruzzaman MA, Abdullah SRS, Hasan HA, Hassan M, Othman AR, Idris M. 2020. Characterisation OF Pb-RESISTANT plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) from *Scirpus grossus*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 23. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101456>
- Kniffin JK, Balsler TC. 2008. Soil fertility and the impact of exotic invasion on microbial communities in Hawaiian forests. *Microbial Ecology*. 56: 55–63. <https://doi.org/10.1007/s00248-007-9323-1>
- Moreno-Salazar R, Sánchez-García I, Chan-Cupul W, Ruiz-Sánchez E, Hernández-Ortega HA, Pineda-Lucatero J, Figueroa-Chávez D. 2020. Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of *Capsicum chinense* biofertilized with *Purpureocillium lilacinum* under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae* 261: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108950>
- Park Y-G, Mun B-G, Kang S-M, Hussain A, Shahzad R, Seo C-W. 2017. *Bacillus aryabhatai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. *PLoS ONE* 12(3): 1–28. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173203>
- Peng H, de-Bashan LE, Bashan Y, Higgins BT. 2020. Indole-3-acetic acid from *Azospirillum brasilense* promotes growth in green algae at the expense of energy storage products. *Algal Research* 47: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101845>
- Proctor C, He Y. 2017. Quantifying root extracts and exudates of sedge and shrub in relation to root morphology. *Soil Biology and Biochemistry*. 114: 168–180. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.07.006>
- Ramli ANM, Manas NHA, Hamid AAA, Hamid H, Illias RM. 2018. Comparative structural analysis of fruit and stem bromelain from *Ananas comosus*. *Food Chemistry*. 266: 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.125>
- Salama A, Hasanin M, Hesemann P. 2020. Synthesis and antimicrobial properties of new chitosan derivatives containing guanidinium groups. *Carbohydrate Polymers*. 241. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116363>
- Schnitzer SA, Klironomos JN, Hillerislambers J, Kinkel LL, Reich PB, Xiao K, Rillig MC, Sikes BA, Callaway RM, Mangan SA, Van Nes EH, Scheffer M. 2011. Soil microbes drive the classic plant diversity–productivity pattern. *Ecology*. 92(2): 296–303. <https://doi.org/10.1890/10-0773.1>
- Shazad T, Chenu C, Genet P, Barot S, Perveen N, Mougin C, Fontaine S. 2015. Contribution of exudates, arbuscular mycorrhizal fungi and litterdepositions to the rhizosphere priming effect induced by grassland species. *Soil Biology and Biochemistry*. 80: 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.09.023>
- Sobral JK, Araujo WL, Mendes R, Geraldi IO, Kleiner AAP, Azevedo AL. 2004. Isolation and characterization of soybean associated bacteria and their potential for plant growth promotion. *Environmental Microbiology*. 6(12): 1244–1251. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00658.x>
- Syamsia, Kuswinanti T, Syam'un E, Masniawati A. 2015. The potency of endophytic fungal isolates collected from local aromatic rice as indole acetic acid (IAA) producer. *Procedia Food Science*. 3: 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.01.009>
- Weber OB, Lima RN, Crisostomo LA, Freitas JAD, Carvalho ACPP, Maia AHN. 2009. Effect of diazotrophic bacterium inoculation and organic fertilization on yield champaka pineapple intercropped with irrigated sapota. *Plant Soil*. 327(1): 355–364. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0059-1>
- Yu Z, Pei H, Jiang L, Hou Q, Nie C, Zhang L. 2018. Phytohormone addition coupled with nitrogen depletion almost tripled the lipid productivities in two algae. *Bioresource Technology*. 247: 904–914.