

# Peranan Tanah Rhizosfer Bambu sebagai Bahan untuk Menekan Perkembangan Patogen *Phytophthora palmivora* dan Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Pepaya

*The Role of Bamboo Rhizosphere Soil for Suppressing the Growth of Phytophthora palmivora Pathogen and Promoting the Growth of Papaya Seedlings*

Winda Ika Susanti<sup>\*1</sup>, Rahayu Widyastuti<sup>2</sup>, Suryo Wiyono<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa S2 Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>2</sup> Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>3</sup> Staf Pengajar Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat artikel:

Diterima: 26 Maret 2015

Direview: 16 April 2015

Disetujui: 14 September 2015

### Kata kunci:

*Disease suppressive soil*

Media pembibitan

Bibit pepaya

*Phytophthora palmivora*

Tanah rhizosfer bambu

### Keywords:

*Disease suppressive soil*

*Nursery media*

*Papaya seedling*

*Phytophthora palmivora*

*Bamboo rhizosphere soil*

**Abstrak.** Tanah rhizosfer bambu diduga memiliki peranan sebagai bahan penekan perkembangan penyakit tanaman yang ada di dalam tanah (*disease suppressive soil*). Tujuan dari penelitian ini adalah: (i) mempelajari peranan dan mekanisme tanah rhizosfer bambu dalam mengendalikan penyakit, (ii) mempelajari keragaman fungsional mikroba rhizosfer bambu, dan (iii) mempelajari peranan dari tanah rhizosfer bambu dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan patogen tanaman, khususnya *Phytophthora palmivora*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2014 sampai April 2015 dan dibagi ke dalam dua bagian: (i) percobaan rumah kaca untuk mengetahui pengaruh tanah rhizosfer bambu terhadap pertumbuhan dan persentase kematian tanaman dan (ii) percobaan laboratorium untuk mengetahui keragaman fungsional mikroba tanah rhizosfer bambu dalam menekan *P. palmivora* melalui uji dual culture secara in vitro. Sampel tanah rhizosfer bambu diambil pada kedalaman 0-20 cm dari beberapa lokasi di Kabupaten Bogor Jawa Barat dengan empat spesies bambu, yaitu: *Gigantochloa apus*, *Dendrocalamus asper*, *Scyzosthachyum longispiculatum*, dan *Bambusa vulgaris*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroba asal tanah rhizosfer bambu memiliki keragaman yang tinggi dan kemampuan yang lebih baik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman pepaya dan menekan patogen tanaman. Persentase kematian tanaman pepaya pada *D. asper* dan *B. vulgaris* sebesar 12 dan 17%, dan persentase kematian tertinggi dijumpai pada tanah non rhizosfer bambu, yaitu sekitar 54%. Mikroba rhizosfer bambu juga berpotensi dalam menekan patogen tanaman melalui fenomena antibiosis. Persentase bakteri dan cendawan antibiosis tertinggi adalah 88 dan 80% pada *D. asper*, dan persentase terendah adalah 43 dan 0% pada tanah non rhizosfer bambu. Dengan demikian tanah rhizosfer bambu merupakan bahan yang baik untuk media pembibitan tanaman pepaya.

**Abstract.** Bamboo rhizosphere soil is expected to exhibit disease suppressive soil phenomena. The objectives of this research were to evaluate (i) the role and mechanisms of bamboo rhizosphere soil on disease suppression, (ii) the functional diversity of bamboo rhizosphere soil, and (iii) the benefits of bamboo rhizosphere soil in improving papaya seedling growth and suppressing soil-borne disease, especially the *Phytophthora palmivora*. This research was conducted from July 2014 to April 2015, and divided in two parts; (i) bio-assay in the greenhouse to determine the influence of bamboo rhizosphere soil on plant growth and the plant mortality rate and (ii) laboratory investigation of the functional biodiversity of bamboo rhizosphere in suppressing *P. palmivora* in vitro with dual culture method. Bamboo rhizosphere soil samples were taken at the depth of 0-20 cm from several locations in Bogor District, West Java Province under four bamboo species, namely: *Gigantochloa apus*, *Dendrocalamus asper*, *Scyzosthachyum longispiculatum*, and *Bambusa vulgaris*. Results showed that the microbe's diversity under bamboo rhizosphere varied highly and they increased papaya seedling growth as well as suppressed soil-borne pathogens. The death percentages of papaya seedling under *D. asper* and *B. vulgaris* were 12 and 17%, respectively. The highest death percentage was under non bamboo rhizosphere of about 54%. Microbes of bamboo rhizosphere soil were also had a potential to reduce pathogen by antibiotic phenomena. The highest percentages of antibiotic bacteria and antibiotic fungi of about 88 and 80% were found in *D. asper*, and the lowest ones of about 43 and 0% were found in non bamboo rhizosphere soil. This research suggests the use of bamboo rhizosphere soil as a good medium for papaya nursery.

\* Corresponding author: winda\_ikasukanti@yahoo.com

## Pendahuluan

Tanaman bambu merupakan tanaman yang dapat tumbuh di beberapa daerah di Indonesia. Banyak sekali spesies bambu dengan keragaman fungsinya. Di Indonesia terdapat 60 dari 200 spesies tanaman bambu yang ada di kawasan Asia Tenggara dan dapat dijumpai di daerah yang bebas dari genangan air, mulai dari dataran rendah hingga pegunungan. Sifat adaptasi bambu yang tergolong tinggi membuat tanaman ini dapat tumbuh baik hampir di setiap jenis tanah (Widjaja 1995). Para petani sering menggunakan tanah perakaran (rhizosfer) bambu sebagai media persemaian yang sudah menjadi *indigenous knowledge*. Diduga tanah rhizosfer bambu memiliki peranan dalam fenomena *disease suppressive soil*. Mekanisme *suppressive soil* dipengaruhi oleh faktor tidak langsung yaitu kondisi fisik dan kimia tanah yang meliputi: tekstur, pH, kandungan bahan organik, C-organik, dan KTK, dan faktor langsung serta paling berperan yaitu total populasi dan aktivitas mikroba tanah (Hadiwiyono 2010).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peranan tanah rhizosfer bambu dalam mengendalikan penyakit (yang dikenal sebagai fenomena *disease suppressive soil*) untuk pengendalian penyakit tanaman pepaya. Pepaya digunakan sebagai objek penelitian karena merupakan tanaman yang banyak digemari di Indonesia. Salah satu penyakit terpenting yang menyerang tanaman pepaya adalah penyakit busuk akar dan pangkal batang yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Chliyeh *et al.* 2014). Sampai saat ini belum ada cara pengendalian yang efektif untuk menanggulangi penyakit ini, baik secara fisik maupun kimia, sehingga diperlukan upaya yang bijaksana untuk mengendalikan patogen ini.

Hingga saat ini telah banyak dilaporkan mikroba antagonis potensial asal rhizosfer bambu yang memiliki daya antagonisme terhadap patogen tular tanah (*soil-borne disease*) melalui mekanisme antagonis berupa persaingan hidup, parasitisme, antibiosis, dan *induced systemic resistance* (Trianto dan Sumantri 2003). Selain menekan perkembangan patogen, mikroba rhizosfer juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme, di antaranya melalui produksi senyawa stimulan pertumbuhan seperti fitohormon (Rao 1982). Di dalam tanah banyak mikroba yang mempunyai kemampuan dalam melarutkan fosfat dan kalium, menambat N<sub>2</sub>, dan menghasilkan fitohormon. Mikroba ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memproduksi senyawa fitohormon *Indole Acetic Acid* (IAA) sebagai nutrisi bagi tanaman (Aryantha *et al.* 2004).

Penelitian terhadap keberadaan dan keragaman mikroba rhizosfer bambu telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Menurut Sharma *et al.* (2010) pada rhizosfer tanaman bambu sehat ditemukan cendawan antagonis seperti *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Trichoderma* yang mampu menekan patogen *Fusarium* dan *Phytophthora*. Penelitian yang dilakukan oleh Asniah *et al.* (2013) menunjukkan bahwa inokulasi fungi *Paecilomyces* sp. dan *Chaetomium globosum* asal rhizosfer bambu ke dalam tanah persemaian berpengaruh nyata terhadap penurunan indeks penyakit akar gada dan peningkatan bobot basah tanaman brokoli. Penelitian yang dilakukan Tu *et al.* (2013) di Cina terhadap rhizosfer 6 spesies bambu menunjukkan bahwa total populasi cendawan dan bakteri serta aktivitas mikroba pada tanah rhizosfer bambu sangat tinggi dan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peranan tanah rhizosfer bambu (dengan fenomena *disease suppressive soil*) dalam menekan patogen *P. palmivora* dan meningkatkan pertumbuhan bibit pepaya serta mengetahui mekanisme *disease suppressive soil* yang terjadi pada rhizosfer bambu tersebut dilihat dari sifat fisika, kimia, biologi tanah.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2014 sampai April 2015 di Laboratorium Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, dan Laboratorium Klinik Tanaman, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB. Uji pengaruh tanah rhizosfer bambu terhadap pengendalian *P. palmivora* dan pertumbuhan bibit pepaya dilakukan di kebun percobaan Cikabayan IPB. Penelitian terdiri atas tiga bagian, yaitu: (i) tahap pengambilan sampel tanah dan analisis sifat kimia dan fisik tanah non rhizosfer dan rhizosfer bambu, (ii) percobaan rumah kaca pembibitan pepaya dan pengendalian *P. palmivora*, dan (iii) kajian biologi tanah rhizosfer bambu yang meliputi: total populasi mikroba, kandungan IAA potensial, keragaman fungsional mikroba, serta fenomena antibiosis cendawan dan bakteri rhizosfer bambu.

### Pengambilan sampel serta analisis kimia dan fisik tanah

Pengambilan sampel tanah rhizosfer bambu dilakukan di beberapa lokasi di Kabupaten Bogor Jawa Barat dengan empat spesies bambu, yaitu: *Gigantochloa apus* (bambu apus) asal hutan bambu IPB, *Scyzosthachyum*

*longispiculatum* (bambu jalur) asal Desa Cangkurawok Dramaga-Bogor, *Dendrocalamus asper* (bambu betung) asal Kaki Gunung Salak, dan *Bambusa vulgaris* (bambu kuning) asal hutan bambu IPB. Sebagai pembandingan diambil pula sampel tanah non rhizosfer bambu di sekitar hutan IPB dengan vegetasi berupa ilalang, perdu, dan herba. Sampel tanah dari sekitar perakaran bambu diambil dengan sekop tanah pada kedalaman 0-20 cm secara komposit sebanyak lima titik per tanaman. Setelah itu, sampel tanah dicampurkan dan sebanyak 500 g dimasukkan dalam kantong plastik tipis untuk isolasi bakteri dan cendawan di laboratorium serta sebanyak 3.000-4.000 g tanah digunakan untuk uji rumah kaca. Setiap sampel tanah dari masing-masing rhizosfer tanaman bambu dan tanah non rhizosfer bambu dianalisis sifat fisik dan kimianya, yang meliputi : pH (pH meter), kadar air (metode gravimetri), C-organik (metode Walkey dan Black), N-total (metode Kjeldahl), P-total (metode HClO<sub>4</sub>: HNO<sub>3</sub> (1:5) spektrofotometer), K-total (metode HClO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub> (1:5) AAS), KTK (metode NH<sub>4</sub>OAc 1 N pH 7), serta tekstur (% pasir, debu, dan liat).

#### **Percobaan rumah kaca pengendalian hayati *Phytophthora palmivora***

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah rhizosfer bambu dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *P. palmivora*. Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah rhizosfer bambu dan sebagai kontrol digunakan tanah non rhizosfer bambu. Tanah rhizosfer dan non rhizosfer bambu dibersihkan dari akar-akar tanaman dan dimasukkan ke dalam polibag ukuran 11 x 14 cm. Benih pepaya var. Calina ditanam pada media tanah tersebut di dalam polibag dan setiap polibag ditanami dengan satu benih. Setelah berumur satu minggu, media tanah tersebut diinokulasikan *P. palmivora* (dengan cara disiramkan) dengan tingkat kepadatan sebanyak 10<sup>3</sup> spora g<sup>-1</sup> berat kering tanah. Bibit pepaya dipelihara selama 30 hari dan pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan, dan pengendalian hama. Pengamatan meliputi persentase kematian tanaman, tinggi tanaman, jumlah daun, volume akar, dan bobot basah. Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tujuh perlakuan media tanam (non rhizosfer bambu, rhizosfer *D. asper* KGS, rhizosfer *D. asper* hutan IPB, rhizosfer *B. vulgaris* KGS, rhizosfer *B. vulgaris* hutan IPB, rhizosfer *S. longispiculatum*, dan rhizosfer *G. apus*) dan 6 ulangan. Setiap ulangan terdiri atas 4 sub unit sehingga total seluruh unit adalah 168 polibag. Data hasil pengamatan dianalisis

dengan sidik ragam pada taraf  $\alpha = 0,05$ . Apabila berbeda nyata, analisis dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

#### **Kajian biologi tanah rhizosfer bambu**

##### ***Kajian total populasi mikroba dan kandungan IAA***

Isolasi mikroba dilakukan dengan teknik pengenceran dengan dua ulangan. Sebanyak 10 g contoh tanah rhizosfer bambu dari kedalaman 0-20 cm disuspensikan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 90 ml *aquadest* dan diguncang menggunakan *shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 15 menit. Suspensi yang dihasilkan dibuat seri pengenceran hingga 10<sup>-7</sup>. Untuk isolasi bakteri, suspensi diambil sebanyak 0,1 ml pada pengenceran 10<sup>-6</sup> dan 10<sup>-7</sup> kemudian dibiakkan pada media *Nutrient Agar* (NA), sedangkan cendawan pada pengenceran 10<sup>-3</sup> dan 10<sup>-4</sup> dibiakkan pada media *Martin Agar* (MA). Semua isolat bakteri dan cendawan yang diperoleh dihitung jumlah koloninya dan dimurnikan. Kandungan IAA potensial dari ekstrak tanah dihitung menggunakan metode analisis spektrofotometri.

##### ***Kajian functional biodiversity group mikroba rhizosfer bambu***

Mikroba pelarut fosfat, pelarut kalium, bakteri kitinolitik, dan bakteri penambat nitrogen masing-masing diisolasi menggunakan media Pikovskaya, Alexandrov, kitin agar, dan NFM. Sampel tanah yang akan diisolasi diencerkan hingga pengenceran 10<sup>-6</sup>. Untuk mengisolasi bakteri pelarut fosfat (BPF) dan penambat N<sub>2</sub>, suspensi diambil sebanyak 0,1 ml dari hasil pengenceran 10<sup>-5</sup> dan 10<sup>-6</sup>, sedangkan untuk mikroba pelarut kalium, bakteri kitinolitik, dan cendawan pelarut fosfat (CPF) pada pengenceran 10<sup>-3</sup> dan 10<sup>-4</sup>. Hasil isolasi kemudian dimasukkan ke dalam inkubator dengan suhu 28-31<sup>0</sup> C selama 3-7 hari. Koloni cendawan atau bakteri yang tumbuh dan membentuk zona bening pada media Pikovskaya adalah mikroba pelarut fosfat (Sharma 2011), bakteri yang membentuk zona bening pada media Alexandrov adalah bakteri pelarut kalium (Parmar dan Sindhu 2013), sedangkan koloni yang membentuk zona bening pada media kitin agar adalah bakteri kitinolitik (Muharni 2009). Bakteri penambat N<sub>2</sub> ditandai dengan adanya bakteri yang tumbuh pada media bebas N dengan koloni yang berlendir (Elkoca *et al.* 2008).

##### ***Kajian antibiosis mikroba rhizosfer bambu secara in vitro***

Uji antagonisme secara *in vitro* dilakukan dengan metode *dual culture* pada medium *Potato Dextrose Agar*

(PDA) dalam cawan petri. Mekanisme penghambatan yang terjadi adalah antibiosis yang diamati dengan terbentuknya zona bening sebagai zona penghambatan pertumbuhan terhadap *P. palmivora*. Untuk uji antagonisme bakteri, sebanyak 1 lup inokulan digoreskan ke dalam cawan petri yang telah berisi media PDA dengan jarak 2 cm dari patogen. Untuk uji antagonisme cendawan, ke dalam cawan petri yang berisi media PDA diletakkan isolat cendawan antagonis dan isolat patogen dengan diameter masing-masing sebesar 3 mm dengan jarak 3 cm. Selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang dan dilakukan pengamatan terhadap zona bening yang dihasilkan serta perhitungan persentase antibiosis bakteri dan cendawan asal rhizosfer bambu.

### Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini membuktikan bahwa tanah rhizosfer bambu bersifat *suppressive soil* dalam menekan patogen *P. palmivora* penyebab busuk pangkal batang (*damping off*) dan meningkatkan pertumbuhan bibit pepaya. Pertumbuhan tanaman yang baik diperlihatkan oleh tinggi tanaman, volume akar, dan bobot basah tanaman (Tabel 1). Tinggi dan jumlah daun bibit pepaya yang ditanam pada tanah rhizosfer bambu lebih baik dibandingkan tanah non rhizosfer bambu, kecuali rhizosfer *G. apus* tidak berbeda nyata dengan non rhizosfer bambu. Penanaman bibit pepaya pada rhizosfer *D. asper* KGS dan *B. vulgaris* berpengaruh nyata terhadap volume akar dan memberikan nilai volume akar tertinggi. Demikian juga halnya dengan bobot basah bibit pepaya yang ditanam di tanah rhizosfer bambu menunjukkan hasil yang lebih tinggi dan berbeda nyata, kecuali rhizosfer *G. apus*. Bobot basah tertinggi adalah pada bibit pepaya yang ditanam menggunakan rhizosfer *D. asper* dan *B. vulgaris* asal kaki Gunung Salak, sedangkan persentase kematian terendah diperoleh dari

penanaman menggunakan rhizosfer *D. asper* KGS dan *B. vulgaris* Hutan IPB (Tabel 1).

Nilai volume akar yang tinggi akan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang baik karena penyerapan unsur hara, nutrisi, air, dan garam-garam mineral dari tanah ke tubuh tanaman menjadi lebih baik. Nilai volume akar yang tinggi diindikasikan oleh banyaknya rambut akar yang berpengaruh pula terhadap kuantitas dari eksudat akar yang dihasilkan. Hal ini akan berpengaruh positif terhadap populasi mikroba tanah. Selain itu, volume akar juga akan berpengaruh terhadap hasil tanaman. Terlihat ada korelasi positif antara volume akar, eksudat akar yang dihasilkan, dan juga total komunitas mikroba yang mendiami rhizosfer bambu. Tanah rhizosfer bambu bersifat lebih *suppressive* dalam menekan penyakit yang disebabkan *P. palmivora*. Penekanan penyakit pada tanaman terjadi karena adanya mekanisme antibiosis yang menekan pertumbuhan patogen *P. palmivora*. Selain itu, peranan mikroba rhizosfer bambu terhadap pertumbuhan tanaman yaitu menyebabkan perubahan fisiologis tanaman sehingga tanaman tahan terhadap cekaman air dan kekeringan (Asniah *et al.* 2013).

### Mekanisme *disease suppressive soil* tanah rhizosfer bambu

Mekanisme *disease suppressive soil* tanah rhizosfer bambu dalam menekan intensitas penyakit oleh patogen *P. palmivora* dan meningkatkan pertumbuhan bibit pepaya tampaknya sangat berkaitan dengan sifat fisik dan kimia tanah yang meliputi: tekstur tanah (% pasir debu liat), kandungan bahan organik, C-organik, N-total, pH dan KTK, serta sifat biologi tanah yang meliputi: total populasi mikroba, keragaman fungsional mikroba, persentase cendawan dan bakteri antibiosis. Hasil analisis sifat kimia tanah menunjukkan bahwa nilai C-organik dan N-total dari beberapa rhizosfer bambu lebih tinggi dibandingkan

Tabel 1. Pengaruh tanah rhizosfer bambu terhadap pertumbuhan dan persentase kematian bibit pepaya

Table 1. Influence of bamboo rhizosphere soil on growth and death percentages of papaya seedlings

Jenis rhizosfer bambu	Parameter pertumbuhan tanaman 30 HST				Persentase kematian tanaman
	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Volume akar	Bobot basah	
	cm	helai	ml	g	%
Non rhizosfer bambu	13,7 e	7,0 d	0,26 b	4,1 d	54,20 a
<i>G. apus</i>	14,9 de	7,0 d	0,29 b	3,9 d	41,70 ab
<i>S. longispiculatum</i>	15,8d	8,0 c	0,36 ab	5,8 c	33,40 b
<i>D. asper</i> KGS	22,5 a	10,0 a	0,46 a	8,1 a	12,50 c
<i>D. asper</i> hutan IPB	17,5 c	9,0 b	0,32 b	5,7 c	25,00 bc
<i>B. vulgaris</i> KGS	17,8 c	8,0 c	0,28 b	7,1 b	29,20 bc
<i>B. vulgaris</i> hutan IPB	20,2 b	10,0 a	0,44 a	6,1 c	16,70 c

Keterangan: Untuk kolom yang sama, angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf nyata 5%.

dengan non rhizosfer bambu, kecuali pada rhizosfer *S. longispiculatum*. Demikian pula dengan nilai KTK dari tanah rhizosfer bambu yang berpengaruh terhadap total populasi mikroba, baik bakteri maupun cendawan serta populasi mikroba fungsional, seperti diperlihatkan pada rhizosfer *D. asper* dan *B. vulgaris* asal Kaki Gunung Salak. Semakin tinggi kandungan C- organik dalam tanah, maka total populasi mikroba fungsional juga akan tinggi karena ketersediaan bahan organik sebagai sumber nutrisi bagi mikroba terpenuhi secara optimal (Tabel 2).

C-organik merupakan penyusun utama bahan organik tanah yang mampu meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang bersifat antagonis terhadap patogen *P. palmivora*. Dalam penelitian ini, C-organik memiliki pengaruh tidak langsung dalam menekan intensitas penyakit. Hal ini diduga karena tersedianya nutrisi lebih banyak bagi tanaman dan mikroba tanah sehingga mikroba dapat berkembang lebih baik sebagai agen antagonis serta meningkatkan kesehatan akar tanaman.

KTK tanah yang tinggi mampu meningkatkan efisiensi dan penyerapan unsur hara. Pada tanah dengan nilai KTK yang tinggi, ketersediaan unsur hara juga akan meningkat sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih baik (Munawar 2011). Berdasarkan penelitian Handoko (2014), KTK yang tinggi berpengaruh terhadap serapan unsur hara oleh akar tanaman. Tanah dengan KTK tinggi mampu menjerap dan menyediakan unsur hara lebih baik sehingga pertumbuhan tanaman juga akan lebih baik. Tanah dengan KTK tinggi didominasi oleh kation basa yang dapat meningkatkan kesuburan tanah, karena unsur hara terdapat dalam

kompleks jerapan koloid sehingga tidak mudah hilang tercuci oleh air. Dengan KTK tanah yang tinggi, pertumbuhan tanaman lebih baik dan sehat sehingga dapat menurunkan intensitas penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan *P. palmivora*. Dengan demikian, semakin tinggi nilai KTK maka pertumbuhan tanaman juga akan lebih baik dan tanaman akan lebih tahan terhadap serangan penyakit.

Nilai pH dari beberapa tanah rhizosfer bambu lebih rendah dibandingkan dengan non rhizosfer bambu (Tabel 2). Berdasarkan penelitian Ruangsanka (2014) yang melakukan penelitian terhadap rhizosfer 8 spesies bambu, diketahui bahwa kelimpahan mikroba dan total populasi mikroba pelarut fosfat berkorelasi negatif dengan nilai pH tanah. Semakin tinggi populasi mikroba pelarut fosfat, maka pH tanah cenderung turun karena sekresi asam organik oleh mikroba. Penelitian yang sama dilakukan oleh Tu *et al.* (2013) terhadap 5 spesies bambu di Cina yang menunjukkan bahwa total populasi dan aktivitas mikroba tanah berkorelasi negatif dengan pH tanah. Semakin tinggi populasi mikroba dalam tanah rhizosfer bambu, nilai pH tanahnya cenderung menurun. Dengan demikian, beberapa sifat kimia tanah yang memengaruhi penurunan intensitas penyakit di antaranya adalah pH masam dan tingginya kandungan C-organik, N-total, serta nilai KTK.

Hasil analisis sifat fisik tanah menunjukkan bahwa seluruh sampel tanah didominasi oleh fraksi liat, kecuali rhizosfer *D. asper* dan *B. vulgaris* KGS yang memiliki fraksi pasir dan liat hampir berimbang. Menurut Handoko

Tabel 2. Sifat fisik dan kimia tanah rhizosfer dan non rhizosfer bambu

Table 2. *Physical and chemical properties of bamboo and non bamboo rhizospheres*

Sifat kimia	Non rhizosfer bambu	<i>D. asper</i> KGS	<i>D. asper</i> hutan IPB	<i>S. longispiculatum</i>	<i>B. vulgaris</i> KGS	<i>B. vulgaris</i> hutan IPB	<i>G. apus</i>
pH							
• H <sub>2</sub> O	6,2	4,4	5,2	5,3	4,0	4,8	3,9
• KCl	5,4	3,8	4,5	4,5	3,6	4,2	3,6
C-Organik (%)	2,69	8,54	4,75	2,55	6,06	4,65	3,23
N-Kjeldahl (%)	0,27	0,29	0,33	0,25	0,30	0,45	0,31
C/N	10	29	14	10	20	10	10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	-	9,6	4,6	9,5	6,9	-	9,3
K <sub>2</sub> O Morgan (ppm)	309	78	73	72	136	259	67
KTK (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	18,95	24,70	17,97	19,45	22,72	23,19	19,43
Kation tukar (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							
• Ca	16,02	5,50	9,50	7,90	3,08	10,07	1,04
• Mg	2,34	1,78	1,70	1,35	0,76	1,12	0,82
• K	0,61	0,15	0,14	0,14	0,27	0,51	0,12
• Na	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Silikat kasar (%)	17,66	17,58	50,56	45,96	14,54	47,96	8,44
Tekstur (% pasir:debu:liat)	5:3:92	48:2:50	14:10:76	16:9:75	40:9:51	25:6:69	7:2:92

(2014), semakin tinggi fraksi pasir, semakin berkurang intensitas penyakit yang disebabkan *P. palmivora*. Hal ini disebabkan karena fraksi pasir mempunyai partikel kasar sehingga semakin sedikit air yang diikat dalam partikel tanah yang dapat menurunkan kelembapan tanah. Rhizosfer *D. asper* KGS, *B. vulgaris* KGS, dan *B. vulgaris* hutan IPB memiliki fraksi pasir yang lebih tinggi dibandingkan rhizosfer bambu lainnya (Tabel 2) sehingga bibit pepaya yang ditanam pada ketiga rhizosfer bambu ini memiliki intensitas penyakit yang lebih rendah dibandingkan pada tanah non rhizosfer dan rhizosfer bambu lainnya berdasarkan uji bioassay tanaman di rumah kaca (Tabel 1). Tanah non rhizosfer bambu dan rhizosfer *G. apus* memiliki fraksi pasir paling rendah dan fraksi liat paling tinggi, sehingga bibit pepaya yang ditanam pada kedua jenis tanah ini memiliki intensitas penyakit yang lebih tinggi (Tabel 1). Dengan demikian, sifat fisik tanah yang memengaruhi intensitas penyakit yang disebabkan oleh patogen *P. palmivora* adalah semakin tingginya fraksi pasir dan rendahnya fraksi liat, atau fraksi pasir dan fraksi liat yang seimbang.

### Kajian biologi tanah rhizosfer bambu

Selain faktor fisik dan kimia tanah, fenomena *disease suppressive soil* juga dipengaruhi oleh faktor biologi tanah. Total populasi dan aktivitas mikroba merupakan faktor kunci yang memengaruhi tingkat *suppressive soil* (Bonilla *et al.* 2012). Total populasi bakteri dan cendawan yang berasal dari rhizosfer bambu lebih tinggi dibandingkan tanah non rhizosfer bambu. Total populasi bakteri tertinggi adalah pada rhizosfer *D. asper* dari dua lokasi dan *B. vulgaris* KGS, sedangkan total cendawan tertinggi pada rhizosfer *B. vulgaris* yang berasal dari dua lokasi. Kandungan IAA potensial tanah rhizosfer bambu bervariasi dan lebih tinggi dibandingkan kandungan IAA tanah non rhizosfer bambu (Tabel 3). Kandungan IAA rhizosfer *G. apus* tergolong sedang dan kandungan

IAA potensial seluruh rhizosfer bambu lainnya tergolong tinggi. Berdasarkan penelitian Astuti (2008) bahwa konsentrasi IAA 0-30 ppm termasuk kategori rendah, 31-60 ppm kategori sedang, dan > 60 ppm kategori tinggi. Pengukuran IAA pada ekstrak rhizosfer bambu menunjukkan kandungan IAA potensial. Kandungan IAA potensial dalam ekstrak tanah mengindikasikan banyaknya mikroba dalam sampel rhizosfer bambu yang berpotensi dalam menghasilkan IAA. Semakin tinggi kandungan IAA potensial dalam ekstrak tanah rhizosfer, maka semakin besar pula kandungan IAA yang dihasilkan oleh mikroba tersebut. Nilai kuantitatif dari konsentrasi IAA pada sampel tanah umumnya jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi IAA yang diperoleh langsung dari kultur mikrobanya. Namun, konsentrasi IAA dari ekstrak tanah dapat menggambarkan kemampuan komunitas mikroba yang terdapat dalam rhizosfer bambu tersebut dalam memproduksi hormon IAA (Saraswati *et al.* 2007).

Dari empat spesies bambu yang diambil sebagai sampel, kepadatan populasinya mencapai  $10^8$  cfu g<sup>-1</sup> tanah untuk *G. apus* dan *S. longispiculatum*, serta  $10^9$  cfu g<sup>-1</sup> tanah untuk *B. vulgaris* dan *D. asper*. Jumlah bakteri non rhizosfer bambu juga di atas  $10^8$  cfu g<sup>-1</sup> tanah ( $2,45 \times 10^8$ ). Demikian halnya dengan total populasi cendawan yang tinggi pada empat spesies bambu tersebut. Kepadatan cendawan dari rhizosfer *D. asper* dan *G. apus* mencapai  $10^4$  cfu g<sup>-1</sup> tanah dan kepadatan cendawan pada rhizosfer *B. vulgaris* dan *S. longispiculatum* mencapai  $10^5$  cfu g<sup>-1</sup>. Kepadatan populasi bakteri dan cendawan yang tinggi pada rhizosfer tanaman bambu dapat menggambarkan dinamika kehidupan mikroba yang terjadi pada tanah di sekitar perakaran bambu tersebut. Total populasi bakteri *B. vulgaris* dan *D. asper* yang berasal dari kaki Gunung Salak jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan total populasi bakteri dari rhizosfer *B. vulgaris* dan *D. asper* yang diambil dari hutan bambu IPB. Namun justru total

Tabel 3. Total populasi mikroba dan kandungan IAA potensial tanah rhizosfer bambu

Table 3. Total microbe population and IAA concentration of bamboo rhizosphere soil

Kategori rhizosfer bambu	Total populasi bakteri x 10 <sup>7</sup> cfu g <sup>-1</sup> tanah	Total populasi cendawan x 10 <sup>4</sup> cfu g <sup>-1</sup> tanah	Kandungan IAA potensial ppm
Non rhizosfer bambu	24,5	2,52	37,935
<i>G. apus</i>	75,1	7,27	53,665
<i>S. longispiculatum</i>	62,7	12,60	89,373
<i>D. asper</i> KGS	428,0	3,38	92,006
<i>D. asper</i> Hutan IPB	269,0	6,27	64,185
<i>B. vulgaris</i> KGS	127,0	17,70	62,466
<i>B. vulgaris</i> Hutan IPB	83,9	19,40	75,336

Keterangan: cfu = colony forming unit

populasi cendawan *B. vulgaris* dan *D. asper* yang diambil dari hutan bambu IPB jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan total populasi cendawan rhizosfer *B. vulgaris* dan *D. asper* yang diambil dari kaki Gunung Salak. Dari rhizosfer ke empat spesies bambu yang total populasi bakterinya paling rendah adalah *G. apus*, namun masih tetap lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanah non rhizosfer bambu (Tabel 3).

Mikroba fungsional pada tanah rhizosfer bambu meliputi bakteri penambat N<sub>2</sub> hidup bebas, mikroba pelarut fosfat dan kalium, serta bakteri kitinolitik dan mempunyai nilai populasi yang bervariasi dan secara umum lebih tinggi dibandingkan tanah non rhizosfer bambu (Tabel 4). Hal ini kemungkinan berkaitan dengan kandungan C-organik, bahan organik, N-total, dan KTK pada tanah rhizosfer bambu yang jauh lebih tinggi, kecuali nilai C-organik, N-total *S. longispiculatum* serta nilai KTK *D. asper* Hutan IPB yang lebih rendah dibandingkan tanah non rhizosfer bambu. Populasi bakteri kitinolitik hanya terdapat pada rhizosfer *D. asper*, *B. vulgaris* KGS, dan *B. vulgaris* hutan IPB. Adanya aktivitas dari bakteri kitinolitik pada tiga rhizosfer bambu tersebut mengindikasikan bahwa bibit pepaya yang ditanam pada rhizosfer bambu tersebut memiliki ketahanan terhadap patogen dan pertumbuhan tanaman yang jauh lebih baik dibandingkan rhizosfer bambu lainnya. Keragaman fungsional mikroba rhizosfer bambu memiliki peranan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman atau dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR merupakan mikroba hidup bebas yang memberikan manfaat pada peningkatan produksi tanaman dengan mengkolonisasi daerah sekitar akar (Karlidag *et al.* 2011). PGPR meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui dua mekanisme yaitu secara langsung dan tidak langsung. Mekanisme tidak langsung yaitu sebagai antagonis yang

dapat mengendalikan penyakit tanaman, dan mekanisme secara langsung di antaranya adalah dengan memproduksi fitohormon, misalnya IAA, penghasil siderofor dan antibiotik, pelarutan fosfat dan kalium, serta fiksasi N<sub>2</sub> non simbiotik (Karlidag *et al.* 2011).

Hasil kajian biologi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa komunitas dan total populasi mikroba yang terdapat pada tanah rhizosfer bambu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah non rhizosfer bambu. Demikian pula dengan komunitas fungsional mikroba rhizosfer bambu. Populasi mikroba fungsional yang tinggi akan menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit tertentu, misalnya busuk pangkal batang dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme (Asniah *et al.* 2013). Bibit pepaya yang ditanam di tanah rhizosfer bambu secara umum memiliki nilai pertumbuhan tanaman yang jauh lebih baik dibandingkan dengan yang ditanam pada tanah non rhizosfer bambu. Kajian biologi dan kimia tanah rhizosfer bambu menunjukkan hubungan yang saling mempengaruhi terhadap uji bioassay tanaman. Peningkatan pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen ditunjukkan oleh kajian biologi dan kimia tanah rhizosfer bambu. Semakin baik sifat biologi dan kimia tanah, maka akan semakin baik pula nilai pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. Bakteri dan cendawan yang ditemukan pada tanah rhizosfer bambu juga memiliki kemampuan antagonistik dalam menghambat patogen *P. palmivora* sehingga memengaruhi tingkat kematian tanaman yang disebabkan oleh patogen tersebut.

PGPR dapat mencegah adanya mikroba pengganggu (*deleterious*) serta stres lingkungan (Reetha *et al.* 2014). Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan bakteri kitinolitik secara kualitatif dari ekstrak tanah rhizosfer bambu. Bakteri kitinolitik berperan dalam pertahanan

Tabel 4. Kelompok mikroba fungsional tanah rhizosfer bambu

Table 4. Group of functional microbes of bamboo rhizosphere soil

Rhizosfer bambu	Kelompok mikroba fungsional			BPK
	BPF	CPF	Bakteri penambat N <sub>2</sub> Bakteri kitinolitik	
	..... x 10 <sup>4</sup> cfu g <sup>-1</sup> tanah .....			
Non rhizosfer	5,3	0,23	23	7,23
<i>G. apus</i>	34,5	4,10	916	-
<i>S. longispiculatum</i>	333,0	6,62	447	41,4
<i>D. asper</i> KGS	119,0	4,85	2.620	8,22
<i>D. asper</i> hutan IPB	47,6	3,84	2.220	-
<i>B. vulgaris</i> KGS	97,2	2,59	1.390	4,44
<i>B. vulgaris</i> hutan IPB	161,0	4,18	1.660	2,54

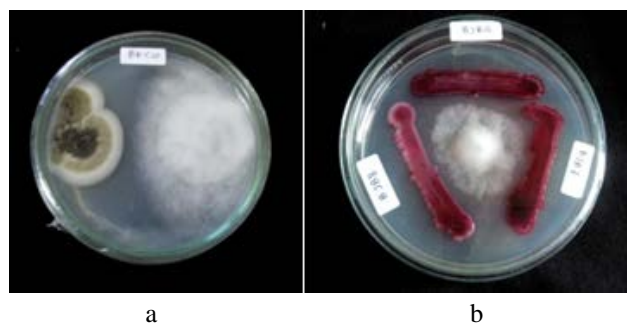
Keterangan: BPF = bakteri pelarut fosfat; CPF = cendawan pelarut fosfat; BPK = bakteri pelatur kalium; cfu = *colony forming unit*; tanda (-) = tidak ditemukan koloni mikroba

tanaman terhadap patogen karena memiliki kemampuan dalam mendegradasi dinding sel patogen yang tersusun dari kitin. Dengan demikian tanaman yang ditanam di tanah rhizosfer bambu yang mengandung bakteri kitinolitik memiliki tingkat ketahanan terhadap serangan patogen yang lebih baik dan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman (Muharni 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Chae *et al.* (2006) menunjukkan bahwa bakteri kitinolitik yang terdapat pada kompos kitin dari kulit udang mampu menurunkan intensitas penyakit yang disebabkan patogen *Phytophthora capsici* pada tanaman lada sebesar 30%. Pada penelitian ini digunakan *P. palmivora* dengan karakter morfologi yang ditunjukkan dengan adanya produksi *papillate spora* pada medium ekstrak tanah yang berbentuk elips hingga lonjong dengan panjang 15-20 um dan lebar 11-13 um. Beberapa isolat memproduksi *subglobose*, non *papillate spora*, dan *chlamydospora* yang merupakan spora seksual. Secara makroskopis *P. palmivora* ditunjukkan oleh miselium yang berwarna putih (Chliyah *et al.* 2014).

Penekanan patogen *P. palmivora* dapat diamati melalui fenomena antibiosis melalui uji *dual culture* secara *in vitro* antara bakteri dan fungi dengan patogen. Pengujian kemampuan antibiosis mikroba rhizosfer bambu dilakukan secara *in vitro* melalui metode *dual culture*. Isolat bakteri dan cendawan ditumbuhkan berdampingan dengan isolat patogen *P. palmivora* penyebab busuk akar dan batang pada tanaman pepaya. Isolat mikroba antagonis yang berpotensi sebagai agen antibiosis akan membentuk zona bening terhadap isolat mikroba patogen yang menunjukkan kemampuan antagonisme mikroba. Peristiwa antibiosis mikroba rhizosfer bambu dan isolat patogen ditunjukkan pada Gambar 1.

Peristiwa antibiosis bakteri dan cendawan asal rhizosfer bambu ditunjukkan dengan adanya zona bening sebagai zona penghambatan. Persentase bakteri dan

cendawan antibiosis asal rhizosfer bambu lebih tinggi daripada tanah non rhizosfer bambu. Persentase bakteri antibiosis tertinggi berasal dari rhizosfer *D. asper* KGS (87,50%) dan persentase cendawan antibiosis tertinggi berasal dari *D. asper* pada dua lokasi (80,00%) dan *B. vulgaris* asal hutan IPB (80,00%), sedangkan pada tanah non rhizosfer bambu tidak terdapat cendawan penghambat patogen *P. palmivora* pada uji *dual culture* secara *in vitro* (Tabel 5).



Gambar 1. Antibiosis oleh (a) cendawan dan (b) bakteri terhadap *P. palmivora*

Figure 1. Antibiosis by (a) fungi and (b) bacteria on *P. palmivora*

Hasil uji antibiosis bakteri dan cendawan secara *in vitro* melalui uji *dual culture* dalam menekan patogen tanaman dirangkum pada Gambar 2.

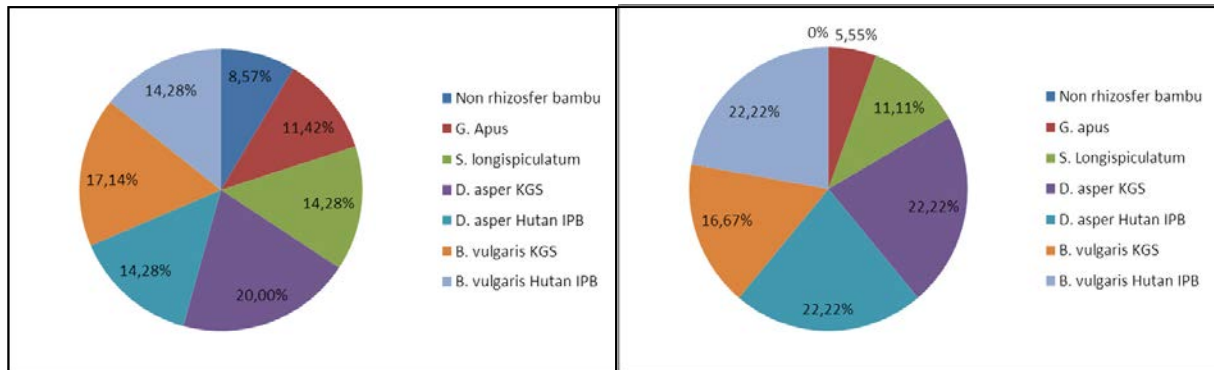
Gambar 2 menunjukkan bahwa persentase antibiosis bakteri tertinggi adalah pada rhizosfer *D. asper* dan *B. vulgaris* dari dua lokasi yang mengindikasikan bahwa kedua rhizosfer bambu tersebut paling potensial dalam menekan patogen *P. palmivora*. Sama halnya dengan antagonisme bakteri, persentase antagonisme cendawan yang tertinggi didapat pada tanah rhizosfer *D. asper* dan *B. vulgaris*, sedangkan pada tanah non rhizosfer bambu tidak ditemukan cendawan yang berpotensi menekan *P.*

Tabel 5. Uji antibiosis mikroba tanah Rhizosfer Bambu terhadap *P. palmivora*

Table 5. The test of antibiosis microbes of bamboo rhizosphere soil on *P. Palmivora*

Kategori tanah	Bakteri			Cendawan		
	Jumlah isolat	Antibiosis	Persentase antibiosis	Jumlah isolat	Antibiosis	Persentase antibiosis
Non rhizosfer bambu	7	3	42,85	4	0	0
<i>G. apus</i>	9	4	44,45	5	1	20,00
<i>S. longispiculatum</i>	10	5	50,00	5	2	40,00
<i>D. asper</i> KGS	8	7	87,50	5	4	80,00
<i>D. asper</i> hutan IPB	8	5	62,50	5	4	80,00
<i>B. vulgaris</i> KGS	8	6	75,00	5	3	60,00
<i>B. vulgaris</i> hutan IPB	7	5	71,42	5	4	80,00





Gambar 2. Persentase antibiosis (a) bakteri, dan (b) cendawan dari beberapa rhizosfer terhadap patogen *P. Palmivora*  
 Figure 2. Antibiotic percentages of (a) bacteria, and (b) fungi from rhizosphere on pathogen *P. palmivora*

*palmivora*. Persentase antagonisme bakteri dan cendawan berkaitan dengan nilai persentase kematian tanaman. Semakin tinggi nilai persentase antagonisme mikroba dalam menekan patogen, maka akan semakin kecil pula nilai persentase kematian tanaman tersebut.

Pada penelitian ini beberapa genus bakteri yang ditemukan pada rhizosfer bambu di antaranya: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, dan *Azospirillum* yang berperan dalam fenomena *disease suppressive soil* sebagai PGPR yang meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan patogen. Mikroba ini dapat meningkatkan serapan elemen nutrisi tanaman, baik unsur-unsur makro maupun mikro. Peningkatan serapan mineral oleh tanaman disebabkan karena peningkatan akumulasi mineral di batang dan daun. Pada fase reproduktif, akumulasi mineral akan ditransfer ke bagian reproduktif tanaman. *Rhizobacteria* seperti *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Azotobacter* dapat meningkatkan serapan nutrisi N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu (Elkoca *et al.* 2008, Ipek *et al.* 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa bakteri yang diisolasi dari rhizosfer bambu memiliki kemampuan dalam menghambat *P. palmivora* secara *in vitro* pada teknik *dual culture*. Bakteri tersebut diduga memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan patogen yang diindikasikan dengan sekresi substansi inhibitor yang bersifat non volatil. Filtrat tersebut dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan miselia dari patogen pada teknik *dual culture* sehingga dapat digunakan sebagai agen biokontrol yang diaplikasikan di lapang untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menurunkan indeks penyakit tanaman serta persentase kematian tanaman (Abdulkareem *et al.* 2014). Bakteri dari genus *Bacillus* memproduksi metabolit yang secara luas dapat mengontrol patogen tanaman dan menyebabkan lisis pada beberapa patogen dari genus *Fusarium* dan *Phytophthora* (Huang *et al.* 2012). Tingkat efektivitas dari metabolit yang dihasilkan tergantung pada kualitas dan kuantitas

antibiotik yang disekresikan (Fekadu dan Tesfaye 2013).

Beberapa genus cendawan yang ditemukan di tanah rhizosfer bambu adalah *Trichoderma* dan *Aspergillus* yang secara umum diketahui merupakan agen hayati yang mengendalikan patogen tanaman, di antaranya *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, dan *Phytophthora* melalui mekanisme antibiosis. Selain itu kedua agen hayati ini diketahui meningkatkan pertumbuhan akar dan produktivitas tanaman serta serapan nutrisi tanaman. Beberapa spesies dari *Trichoderma* memiliki kemampuan memproduksi metabolit volatil dan non volatil yang bersifat antifungi dan menghasilkan enzim litik ekstraseluler yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antagonistik (Anoop dan Suseela 2014; Reddy *et al.* 2014). Fenomena *disease suppressive soil* didasarkan pada interaksi mikroba antara patogen dengan semua atau sebagian mikroba saprofit. Faktor yang paling berperan dalam fenomena ini adalah faktor biologi atau hayati, sedangkan faktor fisik dan kimia berperan secara tidak langsung sebagai faktor pendukung dengan memberikan kondisi yang sesuai untuk aktivitas hayati mikroba tanah serta memberikan sumber nutrisi dan energi pada aktivitas antagonisme. Kondisi fisik dan kimia tanah rhizosfer bambu memengaruhi pembentukan kondisi yang sesuai untuk perkembangan, antagonisme atau pengimbasan resistensi tanaman oleh mikroba.

## Kesimpulan

Tanah rhizosfer bambu terbukti dapat menekan berbagai penyakit tanaman yang berasal dari tanah (bersifat *disease suppressive soil*) karena berbagai sifat fisik, kimia, dan biologinya. Pada penelitian ini faktor fisik dan kimia yang berpengaruh terhadap *disease suppressive soil* adalah tingginya kandungan fraksi pasir, pH tanah masam, dan KTK, C-organik, dan kandungan bahan organik tanah yang tinggi. Faktor biologi yang berpengaruh di antaranya adalah total populasi mikroba

baik cendawan maupun bakteri, kandungan IAA potensial, bakteri kitinolitik, serta persentase bakteri antibiosis dan cendawan antibiosis. Persentase kematian terendah tanaman yang terinfeksi *P. palmivora* adalah bibit pepaya yang ditanam pada rhizosfer *D. asper* dan *B. vulgaris*, masing-masing sebesar 12 dan 17%. Sedangkan persentase kematian tertinggi (sekitar 54%) adalah penanaman pada tanah non rhizosfer bambu. Mikroba rhizosfer bambu berpotensi dalam menekan patogen tanaman melalui fenomena antibiosis. Persentase bakteri dan cendawan antibiosis tertinggi (88 dan 80%) ditemukan pada tanah di bawah rhizosfer *D. asper*. Persentase bakteri dan cendawan antibiosis terendah (43 dan 0%) ditemukan pada tanah non rhizosfer bambu.

Dari hasil penelitian ini disarankan untuk menggunakan tanah rhizosfer bambu untuk pembibitan pepaya karena sifat menekan pertumbuhan patogen *Phytophthora palmivora* dan berbagai sifat fisik, kimia, dan biologi unggul lainnya.

## Daftar Pustaka

- Abdulkareem, M., H.M. Aboud, H.M. Saood, dan M.K. Shibly. 2014. Antagonistic activity of some plant growth rhizobacteria to *Fusarium graminearum*. *Int J Phytopathol* 3(01):49-54.
- Anoop, K. dan B.R. Suseela. 2014. Evaluation of antagonistic potential of indigenous *Trichoderma* isolates against *Pythium aphanidermatum* Fitz causing rhizome rot in turmeric (*Curcuma longa* L). *J. Sci.* 4(2):99-105.
- Aryantha, I.P., D.P. Lestari, dan N.P. Pangesti. 2004. Potensi isolat bakteri penghasil IAA dalam meningkatkan pertumbuhan kecambah kacang hijau pada kondisi hidroponik. *J Mikrobiol Indones.* 9:43-46.
- Asniah, Widodo, dan S. Wiyono. 2013. Potensi cendawan asal tanah perakaran bambu sebagai endofit dan agen biokontrol penyakit akar gada pada tanaman brokoli. *JHPT Tropika* 1: 61-68.
- Astuti, R.P. 2008. Rhizobacteria *Bacillus* sp. Asal Tanah Rhizosfer Kedelai yang Berpotensi sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor (tidak dipublikasi).
- Bonilla, N., J.A. Barranquero, A.D. Vicente, dan F.M. Cazorla. 2012. Enhancing soil quality and plant health through suppressive organic amendments. *Diversity* 4:475-491.
- Chae, D.H., R.D. Jin, H. Hwangbo, Y.H. Kim, Y.W. Kim, R.D. Park, H.B. Krishnan, dan K.Y. Kim. 2006. Control of late blight (*Phytophthora capsici*) in pepper plant with a compost containing multitude of chitinase producing bacteria. *Biocontrol Sci Techno.* 51:339-351.
- Chliyeh, M., Y. Rhimini, K. Selmaoui, A.O. Touhami, A.F. Maltouf, C.E. Modafar, A. Moukhli, A. Oukabli, R. Benkirane, dan A. Douira. 2014. Geographical distribution of *Phytophthora palmivora* in different olive growing regions in Morocco. *Int. J. Plant, Animal Environ. Sci.* 4(01): 297-303.
- Elkoca, E., F. Kantar, dan F. Sahin. 2008. Influential nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth and yield of chickpea. *J. Plant Nutr* 31: 157-171.
- Fekadu, A. dan A. Tesfaye. 2013. Antifungal activity of secondary metabolite of *Pseudomonas fluorescense* isolates as a biocontrol agent of chocolate spot disease of faba bean in Ethiopia. *Afr. J. Microbiol. Res.* (7):5364-5373.
- Hadiwiyono. 2010. Tanah supresif dalam praktik pengelolaan penyakit tumbuhan. *J Ilmu Tanah Agroklm.* 7(1):31-40.
- Handoko, S. 2014. Kajian Epidemi Penyakit Kanker Batang Duku di Provinsi Jambi. Disertasi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak dipublikasi).
- Huang, X., X. Zhang, X. Yong, X. Yang, dan Q. Shen. 2012. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping off disease in cucumber with *Bacillus pumilus* SQR-N43. *J Microbiol* 167:135-143.
- Ipek, M., L. Pirlak, A. Esitken, F. Donmez, M. Turan, dan F. Sahin. 2014. Plant growth promoting rhizobacteria increase yield, growth and nutrition of strawberry under high calcareous soil condition. *J. Plant. Nutr.* 37: 990-1001.
- Karlidag, H., A. Esitken, E. Yildirim, M.F. Donmez, dan M. Turan. 2011. Effect of plant growth promoting bacteria on yield, growth, leaf water content, membrane permeability and ionic composition of strawberry under saline condition. *J. Plant. Nutr.* 34: 34-45.
- Muharni. 2009. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Kitinase dari Sumber Air Panas Danau Ranau Sumatera Selatan. *J. Penelit. Sains.* 09:12-15.
- Munawar, A. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. Bogor: IPB Press.
- Parmar, S. dan S.S. Sindhu. 2013. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. *J. Microbiol. Res.* 3(1):25-31.
- Rao, S. 1982. Soil Microorganism and Plant Growth. Science Publisher Inc. USA
- Reddy, B.N., K.V. Saritha, dan A. Hindumathi. 2014. In vitro screening for antagonistic potential of seven species of *Trichoderma* against different plant pathogenic fungi. *J Biol.* 2:29-36.
- Reetha, S., G. Bhuvaneshwari, P. Tharmizhiniyan, dan T. Ravi. 2014. Isolation of indole acetic acid (IAA) producing rhizobacteria of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* and enhance growth of onion. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 3(2):568-574.
- Ruangsanka, S. 2014. Identification of phosphate solubilizing bacteria from the bamboo rhizosphere. *Science Asia.* 40: 204-211.
- Saraswati R., E. Husen, dan R.D.M. Simanungkalit. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sharma, R., R.C. Rajak, dan A.C. Pandey. 2010. Evidence of antagonistic interaction between rhizosphere end mycorrhizae fungi associated with *Dendrocalamus strictus* (Bamboo). *Journal of yeast and fungal research* 1(7):112-117.
- Sharma, S., V. Kumar, dan R.B. Tripathi. 2011. Isolation of phosphate solubilizing microorganism from soil. *J. Microbiol Biotech Research.* 1 (2): 90-95.
- Trianto dan G. Sumantri. 2003. Pengembangan *Trichoderma harzianum* untuk pengendalian OPT Pangan dan Hortikultura. Makalah. Lab. PHPT Wilayah Semarang (tidak dipublikasi).
- Tu, Z., L. Chen, X. Yu, dan Y. Zheng. 2013. Effect of bamboo plantation on rhizosphere soil enzyme and microbial activities in coastal ecosystem. *J. Food Agricul Environ.* 11(03): 2333-2338.
- Widjaja, E.A., S. Sastrapradja, S. Prawiroatmodjo, dan S. Soenarko. 1995. Jenis-Jenis Bambu. Jakarta: Balai Pustaka.