

Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovskaya Padat

The population of phosphate solubilizing bacteria (PSB) from Cikaniki, Botol Mountain, and Ciptarasa Area, and the ability of PSB to solubilize insoluble P in solid pikovskaya medium

SRI WIDAWATI[▼], SULIASIH

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor 16002.

Diterima: 16 Desember 2005. Disetujui: 22 Maret 2005.

ABSTRACT

Phosphate solubilizing bacteria (PSB) were collected from plant rhizosphere at Cikaniki (1100 m asl.), soil at Botol Mountain (1000, 1500, and 1800 m asl.), and Ciptarasa (600, 1000, and 1500 m asl.), area at Gunung Halimun National Park (GHNP). The soil were collected randomly from 3 areas and taken from 0-15 cm depth in the plants rhizosphere at Cikaniki and forest floor soil in Gunung Botol and Ciptarasa. The result showed that the difference of elevation area, soil pH, forest vegetation, and microbial habitat (rhizosphere and forest floor) were not the inhabitation factors of the biodiversity of PSB and their ability to solubilize insoluble phosphate, but the inhabitation factors on the growth of the PSB population. The highest population of PSB at GHNP was founded in the plant rhizosphere of *Altingia excelsa* Norona and *Schima wallichii* (Dc.) Korth (10⁸ sel/g soil) at Cikaniki and in the forest floor soil (10⁸ sel/g soil) at Botol Mountain (1000 m asl.). *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Bacillus megaterium*, and *Chromobacterium* sp. dominated Cikaniki, Botol Mountain and Ciptarasa area. Those isolates could solubilize insoluble phosphate on solid Pikovskaya medium with the range of diameter is 1.5-2.5 cm.

© 2006 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: phosphate solubilizing bacteria (PSB), Cikaniki, Gunung Botol, and Ciptarasa area.

PENDAHULUAN

Cikaniki, Gunung Botol dan Ciptarasa merupakan area yang termasuk dalam kawasan Taman Nasional Gunung Halimun (TNGH). Cikaniki adalah area dari stasiun penelitian yang masuk ke dalam resort Cisangku. Stasiun Penelitian Cisangku tersebut ada dibagian Timur kawasan TNGH, tepatnya di 06°44'37" S-106°32'10,2" T (Nijijima, 1997) dengan ketinggian 900-1200 m dpl, serta didominasi oleh tanaman *Altingia excelsa* Norona, *Schima wallichii* (Dc.) Korth, dan *Castanopsis javanica* (Bl.) Dc. (Suzuki *et al.*, 1977). Area Gunung Botol terletak pada ketinggian 06°4'24" S-105°28'47" dengan ketinggian 1000-1800 m dpl (Suzuki *et al.*, 1997), sedangkan area Ciptarasa termasuk ke dalam resort Sampora dengan ketinggian 600-1500 m dpl. Ketiga kawasan tersebut merupakan sebagian dari hutan hujan tropis TNGH yang terluas di Jawa Barat dan kaya dengan keragaman flora, fauna, dan mikroba (Kahono dan Arief, 2002). Topografinya berbukit-bukit dengan luas area 40.000 hektar (Takahashi, 1997). Kawasan tersebut mempunyai iklim tipe A dengan curah hujan cukup tinggi

antara 4000-6000 mm, dengan temperatur udara harian rata-rata 18-26°C (Schmidt & Ferguson, 1951). Jenis tanahnya latosol merah, latosol coklat, dan latosol merah kuning (Djuansyah, 1997). Tingkat pH dan kesuburan tanah yang bervariasi, serta keragaman vegetasi, memungkinkan jumlah populasi dan keragaman mikroba khususnya BPF yang bervariasi pula. Sejauh ini jenis dan jumlah populasi BPF serta kemampuannya dalam melarutkan unsur P terikat dari ke 3 area di kawasan TNGH tersebut belum banyak dipelajari secara intensif. Seperti dikemukakan oleh Jha *et al.* (1992), bahwa tanah merupakan satu satuan substansi yang saling berkaitan antara jenis iklim, sifat kimia dan fisika, variasi mikroba tanah serta vegetasi yang tumbuh berkembang di area tersebut.

Mikroba tanah merupakan bagian terpenting dari kehidupan di dunia, karena merupakan bagian dari sistem biologi dan kimia, serta kehidupan flora, fauna dan mikroba itu sendiri. Mikroba tanah seperti BPF juga berperan penting dalam ekosistemnya sebagai perombak bahan organik, mensintesis dan melepaskan kembali dalam bentuk bahan organik yang tersedia bagi tanaman, serta dapat mempertahankan ekosistem alam. Secara fungsional bahan organik dan anorganik yang dilepas tanaman ke dalam lingkungan berguna untuk keberlangsungan hidup mikroba tanah (Setiadi, 1989). Mikroba tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam proses penguraian bahan organik kompleks yang secara enzimatik akan

[▼] Alamat korespondensi:
Jl.Ir. H.Juanda 18 Bogor 16002
Tel. +62-251-324006. Fax.: +62-251-325854
e-mail: widadomon@yahoo.com

membebaskan nutrisi dari fraksi mineral tanah sehingga tersedia bagi tanaman (Atlas dan Bartha, 1993). Salah satu bakteri yang penting adalah bakteri pelarut fosfat (BPF) yang berperan dalam melarutkan fosfat organik dan anorganik menjadi fosfat terlarut sehingga dapat digunakan/diserap oleh akar tanaman dan mikroba tanah lainnya (Rao, 1982; Kpombekou dan Tabatabai, 1994). BPF juga dapat memacu pertumbuhan tanaman (Widawati dkk., 2001).

Pseudomonas sp., *Bacillus* sp., *Bacillus megaterium*, dan *Chromobacterium* sp. adalah sebagian dari kelompok BPF yang mempunyai kemampuan tinggi sebagai "biofertilizer" dengan cara melarutkan unsur P yang terikat pada unsur lain (Fe, Al, Ca, dan Mg), sehingga unsur P tersebut menjadi tersedia bagi tanaman. Unsur P adalah salah satu unsur hara penting yang berperan dalam metabolisme dan proses mikrobiologis tanah dan mutlak diperlukan oleh mikroba tanah (selain BPF) maupun kelangsungan kehidupan tanaman. Persentase kandungan unsur P dalam ekosistem tanah juga sangat tergantung dari adanya BPF dalam ekosistem tanah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya populasi dan jenis BPF yang berpotensi sebagai "biofertilizer" di area Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa pada ketinggian lokasi, pH tanah, vegetasi hutan dan habitat mikroba (daerah perakaran/rhizosfer dan lantai hutan) yang berbeda dan melihat kemampuannya dalam melarutkan P terikat di media pikovskaya padat.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel tanah di SPC (Stasiun Penelitian Cikaniki) (1100 m dpl.), dilakukan secara acak pada plot penelitian yang sudah ada, yaitu Plot Suzuki I, II, dan III. Tanah diambil dari daerah rhizosfer tanaman rasamala (*Altingia excelsa* Norona), rupa (*Schima wallichii* (Dc.) Korth) dan kianak (*Castanopsis javanica* (Bl.) Dc.) dengan kedalaman 15 cm dari permukaan tanah. Di area Gunung Botol, sampel tanah diambil secara acak dari lantai hutan dengan ketinggian 1000, 1500, dan 1800 m dpl, sedangkan di area Ciptarasa dilakukan hal yang sama dari ketinggian 600, 1000, dan 1500 m dpl. Sampel tanah dimasukkan ke dalam plastik berwarna hitam dan dimasukkan dalam termos es, kemudian dibawa ke Laboratorium tanah Mikrobiologi-LIPI. Tanah dikeringanginkan dan diukur pH, diisolasi bakterinya dan dihitung populasinya dengan teknik penghitungan cawan petri (Thompson, 1989; Ravina *et al.* (1992), dimurnikan dan diuji kemampuannya dalam melarutkan P terikat (Rao, 1982), serta diidentifikasi jenisnya dengan metode Bergey (Krieg dan Holt, 1984).

Isolasi dan penghitungan jumlah populasi BPF

Sepuluh gram tanah yang sudah dikeringanginkan dimasukkan ke dalam 90 mL aquades steril, kemudian digojok selama 1 jam dengan kecepatan 120 rpm. Sebanyak 1 mL dari ekstrak tersebut dimasukkan dalam tabung reaksi berisi 9 mL aquadest steril, kemudian di kocok hingga homogen dan 1 mL dipindahkan ke tabung berikutnya, begitu seterusnya hingga terjadi seri pengenceran 10^{-1} - 10^{-7} . Sebanyak 0,2 mL ekstrak dari seri pengenceran tersebut (10^{-3} , 10^{-5} , 10^{-7}) dimasukkan ke dalam petridish steril dan kemudian dituangkan media selektif Pikovskaya (5 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 10 g glukosa, 0,2 g NaCl, 0,2 g KCl, 0,1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g NH_4SO_4 , 0,5 ekstrak ragi, sedikit MnSO_4 dan FeSO_4 dilarutkan dalam 1 liter H_2O , pH = 6,8) ke dalamnya dan diinkubasi selama 3-7

hari pada suhu 28°C. Koloni yang mempunyai daerah bening (selanjutnya ditulis "holozone") diamati dan dihitung. Koloni tersebut dimurnikan.

Uji kemampuan BPF melarutkan P dalam media pikovskaya padat dan identifikasi BPF

Bakteri pelarut fosfat yang telah murni kemudian diuji kemampuannya melarutkan P dalam cawan petri berisi media pikovskaya padat steril. Sebagai sumber fosfat digunakan P alam dari Ciamis. Dosis P alam yang digunakan sebanyak 2,5 g/l media (pH pupuk alam = 7; P_2O_5 larut dalam HCl = 9,0%; larut dalam asam sitrat = 0,7%; larut dalam CaO = 0,5%). Bakteri pelarut fosfat yang membentuk "holozone" di sekitar koloni paling cepat dengan diameter paling besar akan diidentifikasi jenisnya dengan melihat: morfologi (bentuk sel: coccus, rod, short rod), gram (positif/negatif), gerakan sel (motil, formasi spora, single, paired atau chain). Isolat tersebut diuji dengan reaksi gula-gula metode Bergey (Krieg dan Holt, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis populasi BPF dan kemampuannya dalam melarutkan P tak larut di media pikovskaya padat pada sampel tanah daerah rhizosfer tanaman *A. excelsa*, *S. wallichii*, dan *C. javanica*. diketinggian 1100 m dpl. (Cikaniki) dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan hasil analisis yang sama dengan Tabel 1 untuk sampel tanah lantai hutan di ketinggian 1000-1800 m dpl. (Gunung Botol) dan 600-1500 m dpl. (Ciptarasa).

Populasi BPF

Tanah hutan mampu memberikan sumber karbon organik dan sumber energi untuk flora, fauna, dan mikroba. Seperti terlihat pada Tabel 1, populasi BPF dalam tanah di daerah Cikaniki (1100 m dpl.), menunjukkan bahwa BPF di daerah rhizosfer (plot A1, A2, A3, B1, B2, B3) yang diambil dari kedalaman 15 cm pada tanaman *A. excelsa*, *S. wallichii*, dan *C. javanica*, populasinya lebih tinggi dibandingkan dengan plot tanpa tanaman (kontrol A dan B). Hal tersebut mungkin disebabkan pengaruh perubahan fisik-kimia tanah, temperatur tanah. Kemungkinan penyebab lainnya adalah hilangnya vegetasi yang hidup di lokasi kontrol A dan B sehingga terjadi "leaching" material organik dan nutrisi akibatnya nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri hilang dan jumlah populasi BPF menurun.

Jumlah BPF di daerah rhizosfer rata-rata 10^6 - 10^7 sel/g tanah, sedangkan di luar daerah rhizosfer 10^5 sel/g tanah (Tabel 1). Hal ini karena daerah rhizosfer merupakan daerah yang kaya akan komponen karbon (C) yang dapat digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan mikroba tanah dan salah satunya adalah BPF. Jumlah populasi BPF tertinggi didapatkan pada daerah rhizosfer tanaman *S. wallichii* ($6,8 \times 10^7$ sel/g tanah) di plot suzuki A2 dan *A. excelsa* ($7,5 \times 10^7$ sel/g tanah) di plot suzuki A3, sedangkan jumlah populasi terendah dijumpai pada area tanpa tanaman (kontrol B), yaitu $1,1 \times 10^5$ sel/g tanah. Terjadinya hal tersebut tidak terlepas dari mikroba rhizosfer yang merupakan kelompok aktivitas kehidupan mikroba sekitar perakaran tumbuhan. Waksman (1963) mengemukakan, bahwa bakteri rhizosfer dapat meningkat dengan cepat berdasarkan adanya hubungan kelompok yang menguntungkan, kelompok yang merugikan, dan

Table 1. Populasi dan nama BPF di daerah rhizosfer di area Cikaniki (1100 m dpl.) serta kemampuannya melarutkan P terikat yang ditunjukkan pada besar kecilnya "holozone".

Plot	No.	Daerah rhizosfer tanaman	Σ PSB (sel/g tanah)	Φ Holozone (cm)	Nama BPF
Suzuki A1	425	<i>Altingia excelsa</i> Norona	2,3 x10 ⁷	2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
	486	<i>Schima wallichii</i> (Dc.) Korth	3,7 x10 ⁷	2,50	<i>Bacillus megaterium</i>
				2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
				2,50	<i>Bacillus megaterium</i>
494	<i>Castonopsis javanica</i> (Bl.) Dc.	5,7 x10 ⁶	2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.	
			2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.	
			2,50	<i>Bacillus megaterium</i>	
Suzuki A2	524	<i>Altingia excelsa</i> Norona	1,9 x10 ⁷	2,50	<i>Bacillus</i> sp.
				2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
	518	<i>Schima wallichii</i> (Dc.) Korth	6,8 x10 ⁷	2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
				2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
519	<i>Castonopsis javanica</i> (Bl.) Dc.	4,2 x10 ⁶	2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.	
			2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.	
			2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.	
			2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.	
Suzuki A3	580	<i>Altingia excelsa</i> Norona	7,5 x10 ⁷	2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Bacillus</i> sp.
	579	<i>Schima wallichii</i> (Dc.) Korth	2,1x10 ⁷	2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Bacillus</i> sp.
				2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Bacillus</i> sp.
567	<i>Castonopsis javanica</i> (Bl.) Dc.	3,5 x10 ⁶	2,00	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,00	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,00	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,00	<i>Bacillus</i> sp.	
Kontrol A	C	Tanpa tumbuhan	1,4 x10 ⁵	0,80	Unidentified
Suzuki B1	113	<i>Altingia excelsa</i> Norona	1,3 x10 ⁷	2,50	<i>Bacillus megaterium</i>
				2,00	<i>Bacillus</i> sp.
	120	<i>Schima wallichii</i> (Dc.) Korth	1,5 x10 ⁷	2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,50	<i>Bacillus megaterium</i>
				2,50	<i>Bacillus</i> sp.
				2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
96	<i>Castonopsis javanica</i> (Bl.) Dc.	2,0 x10 ⁶	2,50	<i>Pseudomonas</i> sp.	
			2,50	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,50	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,50	<i>Bacillus</i> sp.	
Suzuki B2	45	<i>Altingia excelsa</i> Norona	1,5 x10 ⁷	2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Bacillus megaterium</i>
	53	<i>Schima wallichii</i> (Dc.) Korth	2,0 x10 ⁷	2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
				2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
				2,00	<i>Bacillus</i> sp.
				2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
63	<i>Castonopsis javanica</i> (Bl.) Dc.	3,5 x10 ⁶	2,00	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.	
			2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.	
			2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.	
Suzuki B3	6	<i>Altingia excelsa</i> Norona	3,5 x10 ⁷	2,00	<i>Bacillus megaterium</i>
				2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.
	19	<i>Schima wallichii</i> (Dc.) Korth	2,5 x10 ⁷	2,00	<i>Bacillus</i> sp.
				2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
				2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
				2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.
7	<i>Castonopsis javanica</i> (Bl.) Dc.	3,5 x10 ⁶	2,00	<i>Chromobacterium</i> sp.	
			2,00	<i>Bacillus</i> sp.	
			2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.	
			2,00	<i>Pseudomonas</i> sp.	
Control B	C	Tanpa tumbuhan	1,1 x10 ⁵	0,80	Unidentified

Keterangan: Identifikasi BPF dilakukan hanya pada bakteri yang mempunyai diameter "holozone" \geq 1,00 cm.

kelompok yang netral. Di luar daerah rhizosfer populasi BPF tidak sebanyak di daerah rhizosfer, sehingga kesuburan tanah hutan merupakan keseimbangan antara aspek kimia, fisika dan biologi tanah. Daerah rhizosfer merupakan daerah yang kaya dengan aktivitas biologi seperti aktivitas bakteri pelarut fosfat dan mikroba lainnya.

Hasil penghitungan populasi BPF di tanah lantai hutan pada ketinggian yang berbeda, pH tanah berbeda dengan vegetasi yang bervariasi didapatkan jumlah populasi BPF yang bervariasi pula (Tabel 2). Populasi populasi BPF di ketinggian yang sama (1000 m dpl.) dan pH berbeda (5,5 dan 3,5) populasinya lebih tinggi di area Gunung Botol ($5,8 \times 10^8$ sel/g tanah) dari pada Ciptarasa ($3,5 \times 10^5$ sel/g tanah). Di area Gunung Botol didapatkan jumlah populasi BPF rata-rata 10^7 - 10^8 sel/g tanah untuk ketinggian area 1000-1800 m dpl dengan pH tanah 5,5, sedangkan di area Ciptarasa didapatkan jumlah populasi BPF rata-rata 10^5 - 10^6 sel/g tanah untuk ketinggian tertinggi area 600-1500 m dpl. dengan variasi pH 6,0; 3,9; dan 3,5. Jumlah populasi BPF yang beragam dan fluktuatif mungkin disebabkan oleh pengaruh faktor suhu lingkungan, tipe vegetasi, kemasaman tanah, kelembaban, suhu dan aerasi tanah di ke dua area tersebut (Gunung Botol dan Ciptarasa). Seperti dikemukakan oleh Taha *et al.* (1969), bahwa faktor kimia dan fisika tanah serta vegetasi, rotasi tanaman, dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi populasi mikroba tanah termasuk BPF. Selanjutnya Jha *et al.* (1992), mengemukakan bahwa komposisi populasi dan aktivitas mikroba tanah (BPF) akan beraneka ragam karena adanya perbedaan sifat fisika-kimia tanah, iklim dan vegetasi yang berbeda. Menurut Setiadi (1989), mikroba disekitar tanah jumlah populasinya tergantung kepada kepekaan mikroba itu sendiri, kesuburan tanah, kelembaban, dan intensitas cahaya, serta temperatur tanah. Jadi populasi BPF dalam tanah dipengaruhi oleh suhu, karena suhu selain berperan dalam reaksi fisiologi sel, juga pada ciri fisika-kimia lingkungan yang meliputi antara lain volume tanah, tekanan, potensi, oksidasi-reduksi, difusi, gerakan brown, viskositas, tegangan permukaan dan struktur air (Paul dan Clark, 1989).

Analisis penghitungan jumlah populasi BPF pada Tabel 1 dan 2, menunjukkan bahwa pada tanah di daerah rhizosfer tanaman *A. excelsa* yang tumbuh pada tanah berpH 5,5 di ketinggian 1100 m dpl. (Cikaniki) didapatkan jumlah populasi tertinggi $7,5 \times 10^7$, sedangkan pada tanah lantai hutan di ke dua area berbeda (Gunung Botol dan Ciptarasa) pada ketinggian 1000 m dpl. dan 600 m dpl. dengan pH 5,5 dan 6,0 didapatkan jumlah populasi

Table 2. Populasi dan nama BPF di lantai hutan Gunung Botol (ketinggian 1000, 1500, 1800 m dpl.) serta Ciptarasa (ketinggian 600, 100, 1500 m dpl.).

No tanah	Ketinggian m dpl.	Gunung Botol				Ciptarasa			
		pH	∑ PSB (sel/g tanah)	Φ Holo zone (cm)	Nama BPF	pH	∑ PSB (sel/g tanah)	Φ Holo zone (cm)	Nama BPF
1	600	-	-	-	-	6,0	3,0x10 ⁶	1,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
2	1000	5,5	5,8x10 ⁸	1,50	<i>Chromobacterium</i> sp. <i>Bacillus megaterium</i> <i>Chromobacterium</i> sp.	3,9	3,5x10 ⁵	1,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
								1,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
								1,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
3	1500	5,5	4,0x10 ⁷	1,50 1,50	<i>Bacillus</i> sp. <i>Pseudomonas</i> sp.	3,5	1,5x10 ⁵	1,50	<i>Pseudomonas</i> sp.
								1,50	<i>Bacillus</i> sp.
4	1800	5,5	4,0x10 ⁷	1,50 1,00 1,00	<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Pseudomonas</i> sp. <i>Pseudomonas</i> sp.	-	-	-	-
								-	-
								-	-

Keterangan: Identifikasi BPF dilakukan hanya pada bakteri yang mempunyai diameter holozon $\geq 1,00$ cm.

tertinggi 5,8x10⁸ dan 3,0x10⁶ sell/g tanah. Hal tersebut secara lebih jelas menunjukkan bahwa pH, keanekaragaman vegetasi, ketinggian area, dan jenis habitat mikroba (rhizosfer dan lantai hutan) yang berbeda membuat pertumbuhan populasi BPF berbeda pula. Hal ini karena di area rhizosfer terdapat bahan organik yang mencukupi dan merangsang pertumbuhan mikroba tanah pada permukaan akar sehingga jumlahnya akan mencapai 10-100 kali lebih banyak pada daerah rhizosfer dibandingkan dengan daerah dekat areal tanah mineral (Setiadi, 1989). Jumlah populasi BPF yang masih lebih tinggi di tanah lantai hutan, menurut Setiadi (1989), disebabkan oleh adanya kegiatan yang umumnya jauh lebih aktif di dalam tanah hutan dari pada perladangan. Pada tanah hutan juga mengandung sejumlah besar bahan organik dan mineral yang tersedia sebagai karbon dan sumber-sumber energi yang cocok untuk berbagai populasi tanaman, hewan dan mikroba tanah. Secara fungsional bahan organik dan anorganik yang dilepas oleh tanaman (vegetasi hutan) ke dalam lingkungan (berupa eksudat), akan dimanfaatkan oleh mikroba tanah dan sebaliknya mikroba tanah berperan penting dalam menyintesis dan melepaskan kembali zat hara ke dalam bentuk bahan organik yang tersedia bagi tanaman (Setiadi, 1989). Ketinggian area, pH tanah, vegetasi hutan dan habitat mikroba (rhizosfer dan lantai hutan) yang berbeda merupakan faktor penghambat bagi pertumbuhan populasi BPF.

Uji kemampuan BPF melarutkan P terikat pada media pikovskaya padat dan identifikasi BPF

Jenis BPF yang didapat di area Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, rata-rata mampu melarutkan unsur P yang terikat pada unsur lain. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas BPF pada area tersebut cukup baik untuk membantu menyediakan unsur P bagi keberlangsungan hidup vegetasi hutan. Mekanisme pelarutan unsur P terikat oleh BPF terjadi karena adanya beberapa enzim fosfatase (fosfomonoesterase, fosfodiesterase, trifosfomonoesterase, dan fosfoamidase) yang umumnya terdapat dalam tanah. Enzim-enzim tersebut mungkin bertanggung jawab dalam hidrolisis bahan organik yang mengandung fosfor menjadi fosfat organik (HPO₄⁻² dan HPO₄⁻¹) yang tersedia bagi tanaman (Tabatabai, 1982). Dikemukakan oleh Illmer dan Schinner (1995), bahwa proses pelarutan fosfat terjadi karena efektivitas BPF mereduksi pH substrat dengan mensekresi sejumlah asam-asam organik "non-volatile"

(asam sitrat, asam glutamat, asam suksinat, asam laktat, asam oksalat, asam glikooksalat, asam malat, asam fumarat, asam tartarat, asam alfa ketobutirat) yang dihasilkan oleh mikroba tersebut dan berakibat pada terjadinya pelarutan P terikat. Asam-asam tersebut akan mengikat kation dalam bentuk kompleks yang stabil dengan Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, dan Al³⁺ (Rao, 1994).

Uji kemampuan BPF melarutkan unsur P terikat pada unsur lain sehingga menjadi tersedia bagi tanaman ditandai dengan reaksi positif pada media pikovskaya padat + batu fosfat alam dengan membentuk daerah yang berwarna putih bening ("holozone") di sekeliling koloni (Tabel 1 dan 2). Aktivitas BPF dalam melarutkan P tak larut sangat tergantung pada temperatur, kelembaban, pH, suplai makanan kondisi lingkungan dan selama pertumbuhannya. Rachmiati (1995) berpendapat, bahwa setiap jenis BPF mempunyai kemampuan berbeda secara genetik dalam menghasilkan jumlah jenis asam-asam organik yang berperan dalam menentukan tinggi rendahnya pelarutan P. Hasil uji pelarutan unsur P terikat oleh BPF menunjukkan, bahwa daerah di luar rhizosfer, populasi BPF dan kemampuan melarutkan P terikat/tak larut tidak sebanyak dan sebaik di daerah rhizosfer (Tabel 1 dan 2). Hal ini ditandai oleh rata-rata diameter "holozone" yang terbentuk di sekeliling koloni BPF dari daerah rhizosfer (2,00-2,50 cm) (Tabel 1) lebih besar dibandingkan dengan diameter "holozone" yang terbentuk disekeliling koloni BPF dari lantai hutan (1,50 cm)(Tabel 2). Hasil penelitian Rachmiati (1995), diketahui bahwa luas "holozone" yang terbentuk disekitar koloni BPF secara kualitatif memang menunjukkan besar kecilnya kemampuan BPF dalam melarutkan unsur P dari fosfat yang sukar larut.

Diameter "holozone" di sekeliling koloni BPF dari area Cikaniki (kontrol A dan B) merupakan diameter "holozone" terkecil (0,8 cm). Kemungkinan pada daerah di luar rhizosfer tersebut tidak terjadi hubungan asosiasi antara mikroba dengan vegetasi setempat (rumput), sehingga populasi BPF kurang baik. Jika tidak terjadi asosiasi antara mikroba dan vegetasi, maka akar tanaman akan melepaskan bahan organik dan anorganik berupa eksudat yang penting ke dalam daerah rhizosfer dan menciptakan lingkungan baru untuk keberlangsungan hidup mikroba tanah seperti BPF. Mikroba tanah (BPF) sebagai perombak dan pelarut bahan organik terikat, akan mensintesis dan melepaskan kembali dalam bentuk bahan organik yang tersedia bagi tanaman (Setiadi, 1989).

Identifikasi BPF dilakukan pada isolat yang membentuk “holozone” lebih cepat, berwarna bening dan berdiameter lebih dari 1 cm. Hal ini dilakukan karena banyak sekali koloni tunggal BPF dengan “holozone” di sekelilingnya yang terbentuk lebih lambat dan diameternya kurang dari 1. Alasan lain adalah karena mencari BPF yang kelak berpotensi sebagai “biofertilizer”, dalam hal ini berpedoman pada pendapat Rachmiati (1995), bahwa luas diameter “holozone” yang terbentuk di sekitar koloni BPF secara kualitatif memang menunjukkan besar kecilnya kemampuan BPF dalam melarutkan unsur P dari fosfat yang sukar larut.

Hasil identifikasi menunjukkan, bahwa pada area TNGH khususnya Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa banyak didominasi oleh BPF jenis *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Chromobacterium* sp., dan sedikit dijumpai *Bacillus megaterium*. Jenis *B. Megaterium* dijumpai di area Cikaniki pada ketinggian 1100 m dpl. dalam plot Suzuki A1 No. 425 (rhizosfer *A. excelsa*), A1 No. 486 (rhizosfer *S. wallichii*), A1 No. 494 (rhizosfer *C. javanica*), B1 No. 113 (rhizosfer *A. excelsa*), B1 No. 120 *S. wallichii*, B2 No. 45 (rhizosfer *A. excelsa*), dan B3 No. 6 (rhizosfer *A. excelsa*), sedangkan di area Gunung Botol hanya dijumpai pada tanah lantai hutan di ketinggian 1000 m dpl. dan pada area Ciptarasa di ketinggian yang sama tidak dijumpai jenis BPF tersebut. Menurut Rao (1994), genus *Pseudomonas*, *Bacillus* merupakan jenis BPF yang umumnya dijumpai dalam tanah hutan. Ketinggian area, pH tanah, vegetasi hutan dan habitat mikroba (rhizosfer dan lantai hutan) yang berbeda bukan merupakan faktor penghambat keanekaragaman jenis BPF dan kemampuan BPF dalam melarutkan P terikat.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketinggian area, pH tanah, vegetasi hutan dan habitat mikroba (rhizosfer dan lantai hutan) yang berbeda bukan merupakan faktor penghambat keanekaragaman jenis BPF dan kemampuan BPF dalam melarutkan P terikat, tetapi cenderung merupakan faktor penghambat bagi pertumbuhan populasi BPF. Populasi tertinggi dijumpai di area rhizosfer tanaman *Altingia exelsa* Norona dan *Schima wallichii* (Dc.) Korth (10^7 sel/g tanah) di Cikaniki pada ketinggian 1100 m dpl. dan di tanah lantai hutan (10^8 sel/g tanah) di Gunung Botol pada ketinggian 1000 m dpl. Daerah Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa didominasi oleh BPF jenis *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Bacillus megaterium*, dan *Chromobacterium* sp. yang rata-rata mempunyai kemampuan melarutkan P terikat di media Pikovskaya padat dengan diameter sebesar 1,5-2,5 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, R. M. and R Bartha. 1993. *Microbial Ecology, Fundamentals and Applications*. Reading: Addition Wesley.
- Djuansah, M. 1997. The soil of Gunung Halimun National Park. In: Yoneda, M., J. Sugardjito, and S. Herwin. (Eds.). *Research and Conservation of Biodiversity in Indonesia Vol.II. The Inventory of Natural Resources in Gunung Halimun National Park*. Bogor: LIPI-JICA-PHPA.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1995. Solubilization of organic calcium phosphates solubilization mechanisms. *Soil Biology Biochemistry* 27 (3): 257-263.
- Jha, D.K., G.D. Sharma, and R.R. Mishra. 1992. Ecology of soil microflora and mycorrhizal symbionts. *Biologi Fertilizer Soils* 12: 272-278.
- Kahono, S. dan A.J. Arief. 2002. Kegiatan penelitian keanekaragaman hayati di Taman Nasionaal Gunung Halimun (TNGH). *Workshop Review BCP-JICA*. LIPI-JICA-PHPA, Jakarta, 28 Januari 2002.
- Kpomblekou, K. and M. Tabatabai. 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rock. *Soil Science* 158: 442-449.
- Krieg, N.R. and J.G. Holt. 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 1. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Nijjima, K. 1997. Summary of draft of Gunung Halimun National Park. Management Plan Book II. In: *General Review of the Project. Research and Conservation of Biodiversity in Indonesia*. Vol.1A. Bogor: LIPI-JICA - PHPA.
- Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego: Academic Press Inc.
- Rachmiati, Y. 1995. Bakteri pelarut fosfat dari rizosfer tanaman dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat. *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*, Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Rao, N.S.S. 1982. *Advances in Agricultural Microbiology*. Bombay: Oxford and IBH Publishing Co.
- Rao, N.S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi ke 2. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Ravina, M.D. M.J. Acea, and T. Carballas. 1992. Seasonal Fluctuations in microbial populations and available nutrients in forest soil. *Biologi Fertilizer Soils* 16: 198-204.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. *Rain Fall Types based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea*. Jakarta: Kementrian Perhubungan, Djawatan Meteorologi dan Geofisik. Verhandelingen No. 42.
- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suzuki, E., M. Yoneda, H. Simbolon, A. Muhidin, and S. Wakiyama. 1997. Establishment of two 1-ha plots in Gunung Halimun National Park for study Vegetation Structure and Forest Dynamics. In: Yoneda, M., J. Sugardjito, and S. Herwin. (Eds.). *Research and Conservation of Biodiversity in Indonesia Vol.II. The Inventory of Natural Resources in Gunung Halimun National Park*. Bogor: LIPI-JICA-PHPA.
- Tabatabai, M.A. 1982. Soil enzyme. In: Stevenson, F.J. (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Chemical and Microbiological Properties, 2nd edition, Agronomy Monograph 22*. Madison: American Society of Agronomy.
- Taha, S.M. S.A.Z. Machmoud, A. Halim El Damaty and A.M. Abd. El Hafez. 1969. Activity of phosphate dissolving bacteria in Egyptian soils. *Plant and Soil* 31 (1): 151-160
- Takahashi, S. 1997. Review and prospects of the biodiversity conservation project. In: *Research and Conservation of Biodiversity in Indonesia*. . Bogor: LIPI-JICA - PHPA.
- Thompson, J.P. 1989. Counting viable *Azotobacter chroococcum* in vertisols. *Plant and Soil* 117: 1-9.
- Waksman, S A. 1963. *Soil Microbiology*. New York: John Willey and Sons Inc.
- Widawati, S., Suliasih, dan A. Kanti. 2001. Pengaruh isolat BPF efektif dan dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Prosiding Seminar Nasional Biologi XVI*. Volume 2. PBI cabang Bandung dan ITB. Bandung, 26-27 Juli 2001.