

AKTIVITAS FOSFATASE TANAH DILINGKUNGAN BENTANG HUTAN ALAMI DAN NON-ALAMI¹ [Phosphatase Activity in Soil Belongs to Natural and Non-natural Forest Landscape]

Suliasihdan Maman Rahmansyah^{13*}

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI
Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor km 46, Cibinong 16911
*e-mail: manrakam@yahoo.co.id

ABSTRACT

The spatial dispersal of acid and alkaline phosphates activity in forest soils appears to be controlled by position in the landscape and its soil microbial density. Soil bacteria expressively produced significant level of acid phosphatase in the investigation. The variety of acid phosphatase activity (8.25-37.55 μ -nitrophenol.g⁻¹soil.h⁻¹) noted higher and followed by alkaline (0.78-7.15 p -nitrophenol.g⁻¹soil.h⁻¹), correspondingly. Acid and alkaline phosphates were exist in both of soil of natural as well as for non-natural forest soil landscape, with the value ($r_{0.05}=0.6210$) of correlation are 0.6889 and 0.6532, respectively. Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB) average density in natural forest soil equivalent to 0.61×10^6 colony forming unit (cfu) and total bacteria is 160×10^6 cfu, while the PSB in non-natural forest soil is 7.75×10^6 cfu and total bacteria is 48.25×10^6 cfu. Concerning to the forest environment as soil bacteria inhabitants of PSB, there were significantly difference of PSB population in natural and non-natural landscape forest. Forest environment is negatively affect the soil enzymes activities under *Pinus maritima* and *Caliandra calothyrsus* as the lowest activities, and to the highest ones under the *Schima wallichii* and *Eucalyptus saligna* vegetation.

Kata kunci: fosfatase asam, fosfatase basa, hutan alami, hutan non-alami, bakteri pelarut fosfat, populasi bakteri tanah

PENDAHULUAN

Mikroba tanah dan akar tumbuhan menghasilkan enzim fosfatase. Fungsi enzim tersebut untuk memineralisasi fosfor (P) atau P-organik menjadi P-inorganik yang kemudian dapat diserap dan dimetabolisme oleh sel-sel akar tumbuhan maupun mikroba (Bums, 1982). Enzim fosfatase di tanah didapatkan sebagai enzim ekstraseluler. Fosfatase yang dihasilkan mikroba adalah yang aktif pada kondisi asam dan basa, dan karena itu maka untuk penamaannya disebut sebagai fosfatase asam dan fosfatase basa. Aktivitas fosfatase yang sensitif terhadap perubahan lingkungan menjadikannya representatif untuk indikator kesuburan tanah. Dalam pengamatan aktivitas fosfatase, Tabatai (1982) menyarankan bahwa karena sebagian besar P-organik tanah adalah ikatan ester maka aktifitas fosfomonoesterase dan fosfodiesterase cukup mewakili sebagai parameter untuk mengamati aktivitas enzim fosfatase di tanah.

Fosfor merupakan salah satu elemen penting sebagai pembentuk tubuh tumbuhan. Tanah mengandung berbagai komponen organik yang mengandung fosfor, dan sekitar 50 sampai 70% P-organik telah teridentifikasi (Stevenson, 1986). Menurut rangkaian unsur penyusun kimianya maka P-

organik dikenali dalam bentuk susunan karbon-fosfor (rantai C-P) yang dinamakan fosfonat, susunan fosfor-oksigen-fosfor (rantai P-O-P) yang disebut polifosfat, dan susunan karbon-oksigen-fosfor (rantai C-O-P) sebagai ester fosfat. Sebagian besar P-organik di tanah adalah kelompok ester fosfat. Rojo *et al* (1990) dalam penelitiannya mendapatkan bahwa kandungan fraksi fosfor dapat terikat dalam berbagai bahan organik asal serpihan dari hewan, tumbuhan, dan mikroba atau pun dalam bentuk ikatan polimer. Ikatan fosfor tersebut didapatkan dari mulai yang mudah diekstrak sampai kepada yang kuat terikat sehingga untuk penguraiannya perlu dalam suasana basa.

Pengamatan fosfatase dalam kaitannya dengan ketersediaan karbon, nitrogen, dan tingkat keasaman tanah menunjukkan korelasi positif sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Kramer dan Green (2000), serta Bonmati *et al* (1991). Demikian pula untuk hubungannya dengan kandungan organik maupun inorganik di tanah, tekstur dan kadar air tanah, atau pun karena praktek manajemen agronomi pada tanah pertanian. Sekalipun pada penelitian lain yang dilakukan oleh Sarapatka dan KrSková (1997) mendapatkan hasil yang berlainan, di mana fosfatase asam bekorelasi negatif terhadap keasaman tanah,

namun dibalik keseluruhan fenomena itu dapat diasumsikan bahwa aktivitas fosfatase sensitif terhadap perubahan lingkungannya. Aktivitas fosfatase dan urease mempunyai keterkaitan kuat dengan pola aktivitas biologi tanah pada proses degradasi bahan organik kompos (Cheng and Zhiping, 2007), dan residu pestisida (Rahmansyah *et al*, 2009).

Memperhatikan hasil-hasil penelitian aktivitas fosfatase di atas, serangkaian pengamatan telah dilakukan terhadap tanah di lingkungan bentang hutan yang berbeda. Beberapa sampel tanah diambil dibawah berbagai tegakan jenis pohon yang berbeda dari setiap tempat pengambilannya baik yang diambil dari hutan alami Taman Nasional Gunung Pangrango (TNGP), atau pun hutan non-alami Kebun Raya Cibodas (KRC). Sampel kemudian diamati di Laboratorium Ekologi dan Fisiologi Mikroba, Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi LIPI. Tujuannya adalah untuk mengklarifikasi aktivitas fosfatase dari kedua lokasi pengamatan yang memiliki perbedaan biodiversitas tumbuhan, serta dapat menetapkan status tanah masing-masing tempat dalam kaitannya dengan mineralisasi fosfat.

BAHANDANCAKERJA

Pengambilan sampel tanah

Sebanyak delapan sampel tanah masing-masing diambil dari bentang hutan alami TNGP (1600

m dpi; koordinat sekitar 106°59 'BT dan 6°45 'LS) dengan pH tanah rata-rata 4,5; dan hutan non-alami KRC (1400 m dpi; koordinat sekitar 107°BT dan 6°44'LS) dengan pH tanah rata-rata 5,5; pada bulan Agustus 2008. Setiap pengambilan sampel dilakukan pada lokasi di bawah tegakan yang didominasi pohon jenis tumbuhan tertentu (Tabel 1). Setiap satu lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengumpulkan tanah secara komposit dari lima titik pada kedalaman sampai 15 cm di bawah permukaan lapisan tanah yang terbebas dari lapisan organik (serasah). Pengambilan sampel dilakukan seperti berikut: tetapkan Titik Sampling Awal (TS A) untuk pengambilan pertama; selanjutnya untuk pengambilan pada titik kedua sampai kelima dilakukan masing-masing pada posisi utara, selatan, barat, dan timur pada radius 3 meter dari pusat TSA. Sampel dari lima tempat pencuplikan terkumpul sebanyak 2 kg tanah, kemudian dibawa dan diproses di laboratorium. Sampel tanah dikeringanginkan, dipisahkan antara tanah dan komponen lainnya, dilewatkan melalui saringan 2 mm, dan terhadap sampel tanah hasil penyaringan dilakukan analisis. Setiap parameter pengamatan dievaluasi dengan uji signifikan dan analisis varian yang dilanjutkan dengan uji beda nyata (Parker, 1973).

Perhitungan total bakteri dan bakteri pelarut fosfat (BPF)

Tabel 1. Daftar jenis tumbuhan di mana sampel tanah diambil dari bawahnya untuk dianalisis di laboratorium

No.	Nama jenis tegakan pohon	Famili
Hutan Alami kawasan Taman Nasional Gunung Pangrango		
1	<i>Castanopsis argentea</i> (Blume) A. DC.	Fagaceae
2	<i>Elaeocarpus stipulaceus</i> Gapnep.	Elaeocarpaceae
3	<i>Engelharatia spicata</i> Blume	Juglandaceae
4	<i>Lithocarpus pallidus</i> (Blume) Rehder	Fagaceae
5	<i>Persea rimosa</i> (Bl.) Kosterm.	Lauraceae
6	<i>Podocarpus neriifolia</i> D.Don.	Podocarpaceae
7	<i>Sauravia pendula</i> Blume.	Actinidiaceae
8	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	Theaceae
Kebun Raya Cibodas		
1	<i>Araucaria cunninghamii</i> Alton ex D.Don	Araucariaceae
2	<i>Calliandra calothyrsus</i> Meissn.	Fabaceae
3	<i>Casuarinajunghuhiana</i> Miq.	Casuarinaceae
4	<i>Cupressus</i> sp.	Cupressaceae
5	<i>Cyathea contaminans</i> Hook.	Cyatheaceae
6	<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	Myrtaceae
7	<i>Pinus maritima</i> Lam.	Pinaceae
8	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd.	Fabaceae

Penghitungan bakteri total dan bakteri pelarut fosfat menggunakan metoda *plate count*. Sepuluh gram tanah yang telah dikeringanginkan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml berisi 90 ml aquades steril, kemudian di gojlok selama 1 jam pada shaker dengan kecepatan 120rpm. Dibuatsatuseripengenceran 10^7 sampa 10^{17} dari ekstrak tanah dan masing-masing pengenceran diambil 0,2 ml dengan pipet steril, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri steril, selanjutnya ke dalamnya dituangkan media agar NA (terdiri dari: pepton 5 gr, beef extract 3 gr, agar 29 gr, akuades 1000 ml) untuk penghitungan total bakteri; sedangkan untuk menghitung populasi BPF digunakan media agar pikovskaya (terdiri dari: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 5 gr, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 gr; NaCl 0,2 gr, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,1 gr; KCl 0,2 gr; Glukosa 10 gr; ekstrak ragi 0,5 gr; agar 20 gr; MnSO_4 dan FeSO_4 sedikit, akuades 1000 ml) (Subba Rao, 1982; Gaur 1981). Setelah agarmemadat, cawan petri disimpan secara terbalik dalam inkubator dengan suhu sekitar 30°C . Perhitungan populasi dilakukan setelah tiga sampai tujuh hari pertumbuhan. Pertumbuhan BPF ditunjukkan dengan terbentuknya koloni yang dikelilingi daerah bening (*halozone*).

Pengukuran aktivitas enzim fosfatase

Pengukuran aktivitas enzim fosfatase dari tanah dilakukan dengan menggunakan p-nitrofenol fosfat (*p*-NPP) sebagai substrat (Tabatabai dan Bremner, 1969). Sebanyak 1 gram sampel tanah ditambahkan dengan 1 ml substrat-p-NPP fosfat 115 mM dan 4 ml buffer asetat pH 6,5 (untuk fosfatase asam), atau pH 7,5 (untuk fosfatase basa) dan diinkubasikan selama 1 jam pada suhu 38°C . Ke dalam tabling yang telah diinkubasi ditambahkan 1 ml CaCl_2 (0,5M) dan 4 ml NaOH (0,5M), lalu dikocok. Kontrol dibuat dengan prosedur yang sama pada sampel, tetapi penambahan 1 ml larutan substrat dilakukan setelah penambahan 1 ml CaCl_2 . Sampel dan kontrol diukur absorbannya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm. Standar dan blanko mendapat perlakuan yang sama seperti sampel. Standar menggunakan larutan p-nitrofenil dengan konsentrasi 1-6 ppm, sedangkan untuk blanko menggunakan air destilasi.

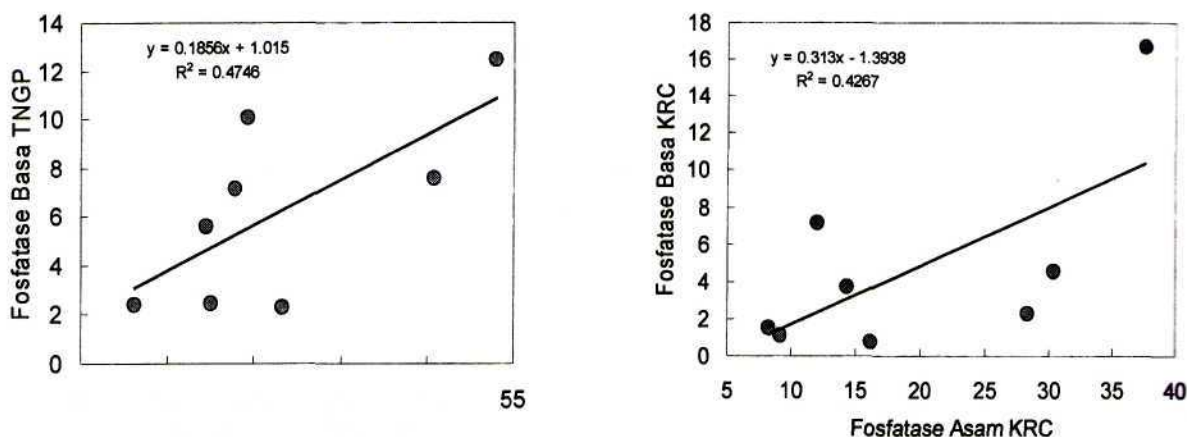
HASIL

Tempat pengambilan sampel terletak di kawasan

hutan TNGP dan KRC. Keduanya merupakan bentang alam lereng timur kaki bukit Gunung Pangrango. Lingkungan pengambilan sampel terbedakan atas diversitas vegetasi. Permukaan tanah hutan alami didominasi oleh serasah yang tebal dan vegetasi semak, sedangkan kondisi permukaan tanah di kawasan lahan hutan non-alami umumnya lebih landai, terbebas dari tutupan serasah, dan memiliki keteraturan tanaman yang terpelihara. Pembeda lainnya adalah tingkat elevasi kawasan di mana kawasan TNGH lebih tinggi (1600 m dpi), sedangkan bentang KRC (1400 m dpi) pada elevasi lebih rendah yang menyambung di bawahnya.

Hasil pengamatan aktivitas fosfatase dari masing-masing lokasi lingkungan hutan alami dan non-alami menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata pada kedua lokasi pengamatan. Aktivitas fosfatase asam lebih besar dari fosfatase basa, yang seperti umumnya terjadi pada aktivitas fosfatase mikroba tanah di lingkungan hutan. Memperhatikan hasil pengukuran aktivitas enzim mengasumsikan bahwa suasana asam pada tanah hutan menjadikan terinduksinya fosfatase ekstraseluler yang menghasilkan aktivitas fosfatase asam (8,25-37,55 μg -nitrofenol $\text{g}^{-1}\text{tanah.jam}^{-1}$) yang lebih tinggi, dibandingkan dengan aktivitas fosfatase basa (0,78-7,15 p-nitrofenol $\text{g}^{-1}\text{tanah.jam}^{-1}$) yang terukur rendah pada pengamatan ini. Fluktuasi fosfatase asam terhadap basa yang terukur pada sampel tanah asal TNGH dan KRC berkorelasi signifikan. Sekalipun setiap cuplikan sampel dari kedua lokasi memiliki lingkungan berbeda, dan setiap lokasi pengambilan sampel tanah diambil menurut lokasi tegakan vegetasi pohon yang berbeda (lihat Tabel 1), namun aktivitas fosfatase asam terhadap fosfatase basa secara keseluruhan menunjukkan korelasi (Gambar 1).

Nilai korelasi terindikasi lebih kuat pada hasil pengukuran fosfatase di TNGP ($r = 0.6889$) dibanding tanah asal KRC ($r = 0.6532$), dengan nilai batas korelasi signifikan $r = 0,01$ atau batas korelasi $r = 0,6210$. Mencermati fenomena di atas menunjukkan bahwa aktivitas enzim tanah merupakan produk bakteri pada sumber yang sama dan terjadi akibat induksi fosfat organik (buatan) $\mu\text{-nitrofenil fosfat}$, saat terkondisikan pada pH 6,5 dan 7,5 melalui pengkondisian bufer fosfat, yang hasilnya menunjukkan bahwa pola aktivitas pada



Gambar 1. Hubungan aktivitas fosfatase asam terhadap fosfatase basa (p-nitrofenol g⁻¹ tanah.jam⁻¹) pada sampel tanah dari lingkungan hutan alami TNGP dan non-alami KRC

Tabel 2. Korelasi* parameter sampel dari TNGH (kolom atas) dan KRC (kolom bawah)

	Fosfatase asam	Fosfatase basa	Populasi BPF	Total bakteri
Fosfatase asam		0.6889 s**	-0.4934 ns***	0.3848 ns
Fosfatase basa	0.6532 s		-0.4531 ns	0.0457 ns
Populasi BPF	-0.2039 ns	-0.3710 ns		-0.4244 ns
Total bakteri	0.2103 ns	0.1089 ns	0.2671 ns	

*p<0,05 = 0,621; **s=berbeda nyata; ***ns=tidak berbeda nyata

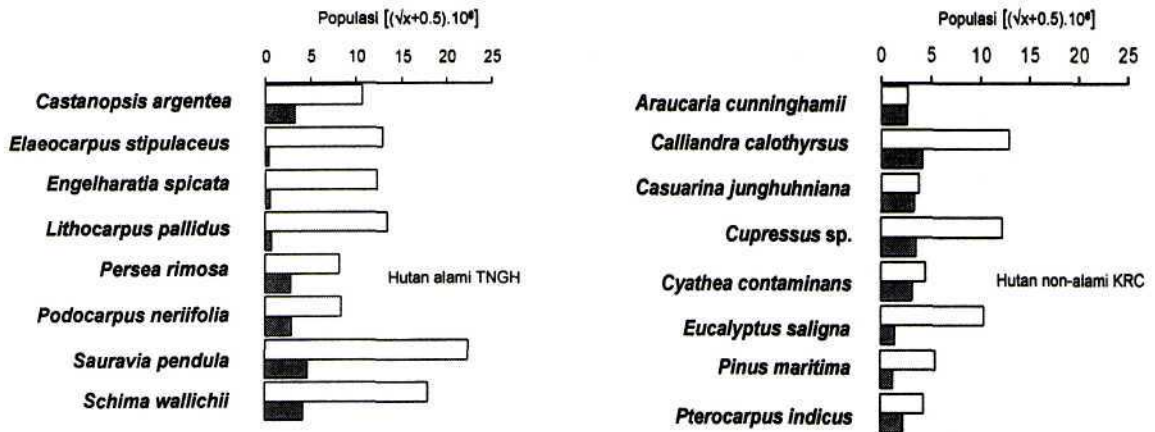
fosfatase asam yang tinggi didapati pula dengan fosfatase basa yang tinggi, dan cenderung terjadi pada semua sampel pengamatan.

Pengamatan populasi bakteri tanah pada sampel asal TNGP dan KRC menunjukkan densitas yang fluktuatif ketika dilakukan penghitungan berdasar pembentukan koloni (*colony forming unit*) pada setiap sampelnya. Pengamatan pada total bakteri yang terkandung di tanah, dan BPF yang spesifik berperan dalam pelarutan P, mendapatkan hasil rentang populasi yang luas. Total bakteri di TNGP berkisar 3 sampai 50.10⁷ cfu, sedangkan di KRC tercatat pada kisaran 7 sampai 166.10⁷ cfu. Untuk jumlah bakteri BPF jauh lebih rendah antara 3 sampai 5 kali bila dibandingkan dengan bakteri total pada seluruh hasil pengamatan sampel (Gambar 2). Perbedaan populasi BPF di TNGP (61.10⁴ cfu) berbeda nyata dengan populasi yang terdapat di tanah KRC (806.10⁴ cfu). Terdapat korelasi yang signifikan antara status aktivitas fosfatase asam terhadap basa, sebagai satu-satunya dari 3 parameter lainnya yang diukur (Tabel 2).

Bila memperhatikan populasi rata-rata BPF yang

diperoleh dari hutan alami (0,61 x 10⁶ cfu) dan dari hutan non-alami (8,06 x 10⁶ cfu) maka populasi BPF di hutan alami hanya 7,5% dari total populasi bakteri. Bila memperhatikan nilai rata-rata total bakteri maka populasinya jauh lebih tinggi di hutan alami (Tabel 3). Karena yang digunakan dalam menghitung total bakteri adalah nutrien-agar, sehingga seluruh bakteri yang memanfaatkan sumber karbon dari agar bisa tumbuh baik, termasuk yang tumbuh adalah berbagai bakteri perombak selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang tumbuh subur di lantai hutan. Rasio populasi BPF terhadap total bakteri yang terkecil terdapat pada hutan alami yang diambil dari bawah tegakan *Elaeocarpus stipulaceus*, *Engelharatia spicata*, dan *Lithocarpus pallidus*, sedangkan rasio tertinggi diperoleh dari sampel tanah hutan non-alami di bawah tegakan *Araucaria cunninghami*, *Casuarina junghuhniana*, dan *Cyathea contaminans*.

Aktivitas fosfatase asam pada sampel tanah yang diambil dari lingkungan hutan alami (TNGH) dan non-alami (KRC) mendapatkan hasil aktivitas yang tinggi, sekitar 4 sampai 5 kali lebih besar dari aktifitas



Gambar 2. Profil populasi bakteri pelarut fosfat (fa) dan total bakteri (t3) tanah hutan alami (kiri) dan hutan non-alami (kanan), menurut tempat pengambilan sampel tanah di bawah tegakan pohon

Tabel 3. Hasil uji signifikan pada sampel tanah asal bentang alam TNGP dan KRC

Parameter pengamatan:		Fosfatase asam	Fosfatase basa	Bakteri pelarut fosfat	Total bakteri
TNGP (hutan alami)					
Jumlah nilai pengamatan	$\sum X$	225,11	50,16	4,86	1281,00
Rata-rata	\bar{N}	28,14	6,27	0,61	160,13
Kuadrat jumlah	$\sum X^2$	7730,76	415,62	5,71	357787,50
Deviasi standar	S	14,1242	3,8007	0,6275	147,6808
Kuadrat dev. standar	s^2	199,49	14,44	0,39	21809,38
Jumlah dikuadratkan	$(\sum X)^2$	50674,51	2516,02	23,6191	1640961
KRC (hutan non-alami)					
Jumlah nilai pengamatan	$\sum X$	156,29	37,77	64,50	514,00
Rata-rata	\bar{N}	19,54	4,72	8,06	64,25
Kuadrat jumlah	$\sum X^2$	3904,84	373,86	716,75	63637,50
Deviasi standar	S	11,0293	5,2853	5,3012	66,1308
Kuadrat dev. standar	s^2	121,6609	27,8784	28,1027	4373,2827
Jumlah dikuadratkan	$(\sum X)^2$	24426,56	1463,83	4160,25	264196
Diasumsikan sebanding					
t-hitung (th)	\div	1,218	0,673	3,947	1,676
t-tabel (tt)	df_{14}	1,76 _{10,1}	1,76 _{10,1}	3,79 _{0,002}	1,76 _{10,1}
Berbeda nyata (s)	th>tt	∞	∞	S	∞
Tidak berbeda (ns)	th<tt	ns	ns	∞	ns
Diasumsikan tidak sebanding					
t-hitung (th)	\div	1,357	0,674	3,948	1,676
f (untuk t-tabel)	df	13,23 _{df.13}	12,78 _{df.13}	7,194 _{df.7}	9,70 _{df.10}
t-tabel (tt)	$p=0.10$	1,771	1,771	3,490	1,812
Berbeda nyata (s)	th>tt	∞	∞	S	∞
Tidak berbeda (ns)	th<tt	ns	ns	∞	ns

Tabel 1. Isolat bakteri endofitik asal Taman Nasional Batang Gadis

Isolat bakteri endofitik	Spesies tanaman	Warna koloni di media NA	Bentuk sel bakteri	Pewarnaan Gram
MSCI14.1	SBGR belum teridentifikasi	Putih bening,	Kokus merah muda	-
MSCI 15.3	SBGR belum teridentifikasi	Putih bening	Kokus merah muda	-
MSCI 15.5 a	SBGR belum teridentifikasi	Putih bening	Kokus ungu	+
MSCI 15.5 b	SBGR belum teridentifikasi	Putih bening	Kokus merah muda	-
MSCI 16.2	<i>Mikania cordata</i>	Putih bening	Kokus ungu	+
MSCI 18.3	SBGR belum teridentifikasi	Putih bening	Kokus merah muda	-
MSCI 25.1	<i>Memecylon sp</i>	Putih bening	Kokus merah muda	-
MSCI 35.5	<i>Psychotria sp</i>	Putih susu	Kokus merah muda	-
MSCI 37.1	<i>Castanopsis sp</i>	Putih bening *	Kokus merah muda	-
MSCI 37.4	<i>Castanopsis sp</i>	Putih bening **	Basil merah muda	+
MSCI 48.3	<i>Poikilospermum sp.</i>	Putih bening ***	Kokus merah muda	-
MSCI 48.4 a	<i>Poikilospermum sp</i>	Putih bening	Kokus merah muda	-
MSCI 49.1	<i>Lasianihus</i>	Putih susu	Kokus ungu	+
MSCI 53.1	<i>Phobe sp</i>	Kuning bening	Basil merah muda	-
MSCI 58.1	<i>Psychotria</i>	Putih bening ****	Kokus merah muda	-
MSCI 78.2	<i>Zingiber sp</i>	Putih susu	Kokus merah muda	-
MSCI 78.3	<i>Zingiber sp</i>	Putih	Kokus merah muda	-
MSCI 87.4	<i>BleLimiedia sp</i>	Putih bening *****	Basil merah muda	-
MSCI 95.2	<i>Ziziphus sp</i>	Putih susu	Basil ungu	+

Keterangan:
 * : media berubah menjadi warna putih bening
 ** : media berubah menjadi warna merah marun
 *** : media berubah menjadi warna putih
 **** : media berubah menjadi merah marun tua
 ***** : media berubah menjadi warna merah marun muda
 SBGR: Sibangor - Sumatera Utara
 - Bakteri Gram Negatif
 + Bakteri Gram Positif

Tabel 2. Hasil uji i mikrobiologis bakteri endofitik, kemampuannya menghasilkan senyawa aktif terhadap mikroba patogen.

Isolat Bakteri	Hasil Uji Anti Bakteri											
	Xc		Ps		Bs		Ec		Ca		Sa	
	+/-	zona	+/-	zona	+/-	zona	+/-	zona	+/-	zona	+/-	zona
MSCI 14.1	-		-		-		-		-		-	
MSCI 15.3	-		-		-		-		-		-	
MSCI15.5a	-		-		-		-		-		-	
MSCI 15.5b	++	sangat bening	-		++	sangat bening	-		-		-	
MSCI 16.2	-		-		-		-		-		-	
MSCI 18.3	-		-		+	bening	-		-		-	
MSCI 25.1	-		-		-		-		-		-	
MSCI 35.5	+	bening	-		-		-		-		-	
MSCI 37.1	+	bening	-		+	bening	+	bening			-	
MSCI 37.4	+	bening	-		+	bening	+	bening			+	kurang bening
MSCI 48.3	-		-		-		-		-		-	
MSCI 48.4a	-		-		-		-		-		-	
MSCI 49.1	+	tidak bening	-		-		-		-		-	
MSCI 53.1	-		-		-		-		-		-	
MSCI 58.1	+	bening	-		+	bening	+	kurang bening	-		+	kurang bening
MSCI 78.2	-		-		-		-		-		-	
MSCI 78.3	-		-		-		-		-		-	
MSCI 87.4	+	sangat bening	-		+	bening	+	bening	-		+	bening
MSCI 95.2	-		-		-		-		-		-	

Keterangan :
 Xc : *Xanthomonas campestris*, Ps : *Pseudomonas solanasearum*, Bs : *Bacillus subtilis*, Ec : *Escherichia coli*
 Ca : *Candida albicans*, Sa ; *Staphylococcus aureus*
 + : mampu menghambat pertumbuhan mikroba patogen, - : tidak mampu menghambat pertumbuhan mikroba patogen

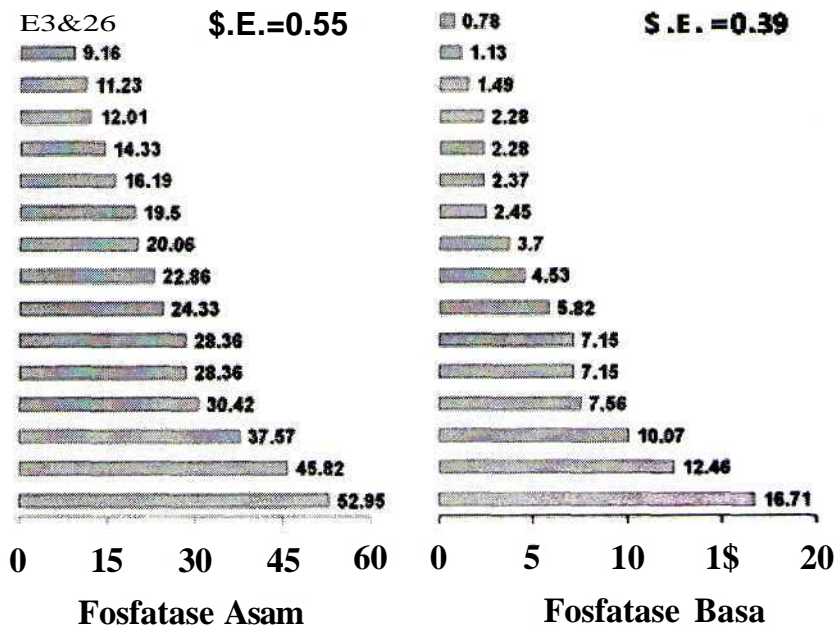
representatif untuk diperbandingkan.

Hasil pengamatan pada individu sampel memperlihatkan terdapat perbedaan yang signifikan sebagai akibat pengaruh vegetasi jenis, baik pada aktivitas fosfatase asam maupun basa (Tabel 3). Aktivitas terendah didapatkan pada tanah asal tegakan *Pirns taritima* dan *Caliandra calothyrsus*, dan yang tertinggi pada *Schima wallichii* dan *Eucalyptus saligna*. Dari kedua tegakan yang menghasilkan aktivitas tertinggi tersebut, disertai pula dengan data populasi bakteri BPF maupun total bakteri pada masing-masing sampel tanahnya. Uji beda nyata hasil yang terendah sampai yang tertinggi tergambar jelas (Gamba 3) pada enambelas tumbuhan di mana sampel diambil di bawahnya, sekali pun di antaranya terdapat pula aktivitas yang sama di antara tegakan beberapa jenis pohon tertentu.

PEMBAHASAN

Aktivitas fosfatase asam yang diteliti oleh Olander dan Vitousek (2000) pada ekosistem tanah hutan pegunungan tropis terdeteksi antara 7,8 sampai 22,7 /7-nitrofenol g⁻¹ tanah.jam⁻¹. Pada penelitian ini

didapatkan hasil yang lebih tinggi yaitu berkisar antara 8,25-37,55 p-nitrofenol g⁻¹tanah.jam⁻¹. Aktivitas fosfatase basa dipengaruhi oleh kadar air tanah, dan terjadi aktivitas yang maksimal saat tanah mengalami kondisi kapasitas lapang (*water holding capacity*) yang optimum (Mubyana *et al.*, 2001). Kondisi iklim tanah juga mempengaruhi fluktuasi aktifitas fosfatase asam dan basa. Akibat kombinasi antara suhu dan tekanan potensial air lebih nyata mempengaruhi aktivitas fosfatase. Tekanan potensial air tanah pada kisaran "0.1 MPae"0>"0.5 Mpa berpengaruh nyata terhadap aktivitas fosfatase basa (Kramer dan Green, 2000). Keasaman tanah dan kandungan organik pada tanah berpengaruh pula pada aktivitas fosfatase. Kandungan karbon organik memiliki korelasi kuat dengan aktivitas fosfatase asam dalam tanah yang sedang direhabilitasi (Claassens *et al.*, 2005). Rendahnya aktivitas fosfatase basa dan fosfodiesterase pada tanah pertanian lebih berkaitan dengan rendahnya kandungan fosfat-diester pada tanah tersebut (Senwo *et al.*, 2007). Kegiatan fosfatase asam pada penelitian ini terukur lebih dominan pada kedua lingkungan hutan alami dan non-alami,



Gambar 3. Aktivitas fosfatase (p-nitrofenol g⁻¹tanah.jam⁻¹) tanah mulai dari yang terendah sampai yang tertinggi menurut tegakan vegetasi 16 jenis tumbuhan yang menaunginya (nilai hasil rata-rata 3 ulangan). Urutannya jenis yang menaungi sama seperti pada Tabel 3, namun dengan susunan yang terbalik dari yang terkecil menuju besar.

sedangkan populasi BPF berbeda nyata pada kedua lokasi tersebut. Fosfatase yang diukur pada pengamatan ini diuji melalui kemampuan komunitas BPF dalam melakukan sintesa fosfat organik (artifisial) *p*-nitrofenil fosfat menjadi *p*-nitrofenil. Pengukuran pada uji populasi didasarkan kepada kemampuan BPF untuk melakukan sintesa kalsium fosfat, sebagai fosfat inorganik.

Pengamatan Amador *et al.* (1977) terhadap aktivitas fosfatase tanah di wilayah tepian batas hutan (*riparian-zone*) terpengaruh oleh posisi bentang lahan, kandungan organik tanah, dan kelembaban lingkungan. Keragaman aktivitas fosfatase didapati karena pengaruh distribusi perakaran vegetasi di tanah tepi hutan tersebut. Kandungan karbon organik pada permukaan tanah berkorelasi dengan aktivitas enzim fosfatase asam dan basa, serta aktivitas enzim lainnya seperti fosfodiesterase, arilsulfatase, amidase, urease, dan invertase (Frankenberger dan Dick, 1983). Mineralisasi fosfat di bawah kanopi hutan terjadi karena peningkatan keasaman tanah dan menurunnya fosfat inorganik yang labil. Aktivitas fosfatase basa menurun diakibatkan kondisi keasaman tadi (Carreira *et al.*, 2000). Aktivitas fosfatase asam menjadi tinggi pada tanah hutan yang memiliki dominasi vegetasi sejenis (*Quercus pyrenaica* Wild.) dengan kondisi tanah yang memiliki tingkat keasaman rendah, dan kaya dengan bahan organik. Serapan P oleh tumbuhan dipengaruhi oleh faktor kerapatan akar dan bahan organik yang dapat terhidrolisis (Schneider *et al.*, 2001). Eksudat akar yang berpengaruh terhadap aktivitas mikroba tanah dan ternyata berdampak pula terhadap aktivitas fosfatase dan dinamika mineralisasi fosfat. Pengamatan dilakukan pada tanah hutan bervegetasi *Pinus radiata* yang dibandingkan dengan tanah bervegetasi *Lolium perenne*, yang hasilnya berbeda signifikan (Chen *et al.*, 2004). Fluktuasi aktivitas fosfatase tanah lantai hutan dipengaruhi oleh jenis serasah dari tumbuhan tegakan hutan yang menaunginya, selain karena kondisi kimiawi dan faktor edapik serta kondisi metabolisme mikroba tanah (Kourtev *et al.*, 2002). Pengamatan aktivitas enzim fosfatase dan biomassa mikroba di hamparan tanah hutan pinus dilakukan pada lingkungan yang spesifik. Aktivitas fosfatase asam dan biomassa mikroba

meningkat pada daerah cekungan dibandingkan dengan hamparan tanah berlereng maupun hutan datar (Wang *et al.*, 2003). Keterdapatannya komunitas BPF dari tanah yang berasal dari hutan alami pada pengamatan ini lebih rendah. Lantai hutan alami yang kaya dengan lapisan humus menjadikan menurunnya ketersediaan fosfat inorganik, seperti yang dibuktikan oleh pengamatan Carreira *et al.* (2000) dimana tingkat keasaman akibat humus menjadikan lebih terbatasnya fosfat inorganik di tanah lantai hutan alami.

Biomassa mikroba yang seiring dengan kondisi aktivitas respirasi tanah, berhubungan pula dengan ekspresi aktivitas fosfatase asam terhadap kandungan karbon organik, kapasitas tukar kation, serta tingkat keasaman dan mobilitas kandungan logam berat di tanah (Klose *et al.*, 2004). Jenis-jenis fungi tertentu diketahui mampu mengeksploitasi sumber fosfat organik alami secara efektif sehingga mineral fosfat menjadi tersedia dan dimanfaatkan secara efisien oleh tumbuhan. Enzim fitase jauh lebih aktif dari enzim fosfatase asam dan basa yang dihasilkan secara ekstraseluler oleh fungi yang aktivitas enzimnya terdeteksi berurutan mulai dari yang paling potensial yaitu *Aspergillus* sp., *Emmericella* sp., dan *Penicillium* sp. (Yadav dan Tarafdar, 2003). Fosfatase dan fitase yang dihasilkan *Chaetomium globosum* menstimulasi tumbuhan muda dalam mengakumulasi biomassa tumbuhan atas (*shoot*) dan penetrasi perakaran yang maksimal bila dibandingkan dengan tumbuhan yang tidak diberi inokulan (Tarafdar dan Gharu, 2006). Pengamatan aktivitas fosfatase pada pengamatan ini hanya diukur terhadap aktivitas fosfatase pada bakteri saja, yaitu BPF.

Burns (1982) mengamati aktivitas fosfatase pada lingkungan tanah asam dan netral. Beberapa bakteri di tanah dari genus *Rhizobium*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* dan *Bacillus* memiliki aktivitas fosfatase asam yang kuat. Seperti juga yang dinyatakan oleh Greaves dan Webley (1965) bahwa sekitar 30 sampai 48% bakteri daerah perakaran (*rhizosphere*) dapat diisolasi dengan menggunakan nutrisi yang mengandung fitat (inositol fosfat). Sedangkan telaahan Richardson and Hadobas (1997) mendapatkan bakteri pengguna fitat dalam jumlah yang tidak berbeda signifikan, selain temuan

bakteri lainnya dari kelompok bakteri yang memanfaatkan sumber karbon dan fosfor yang mencapai 63%. Hasil-hasil pengamatan tersebut mendukung bahwa fungsi bakteri cukup nyata dalam menyediakan unsur P yang dapat terserap oleh tumbuhan. Pembuktian lebih lanjut dari pengamatan ini adalah bagaimana hubungan aktifitas fosfatase yang terpengaruh oleh vegetasi di atasnya terhadap kebutuhan fosfat. Pembuktian semacam ini lebih banyak dilakukan pada tanaman budidaya karena berkaitan dengan produktivitas tanaman.

KESBVDPULAN

Populasi bakteri pelarut fosfat (BPF) lebih besar di hutan non-alami (KRC) dibanding dengan di hutan alami (TNGH). Hutan alami yang mengandung humus tinggi menjadikan instabilitas pada fosfat inorganik, sehingga populasi BPF menjadi rendah.

Aktivitas fosfatase asam lebih besar dari aktivitas fosfatase basa di kedua lokasi lingkungan pengamatan, seperti pada umumnya aktifitas fosfatase yang melakukan mineralisasi fosfat organik pada tanah hutan. Perlu dilakukan penegasan tentang perbedaan aktivitas enzim dan status populasi bakteri tanah yang diambil dari bawah tegakan jenis tumbuhan yang sama dari wilayah TNGH dan KRC.

Aktivitas fosfatase tanah bervariasi dan berbeda nyata di setiap jenis tegakan yang menaunginya, baik yang terjadi di lingkungan hutan buatan maupun alami. Perbedaan kemampuan komunitas BPF dalam melakukan sintesa fosfat organik (p-nitrofenil fosfat) pada beberapa sampel yang diamati hasilnya berbeda signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Amador JA, AM Glucksmann, JB Lyons and JH Gorres. 1977. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. *Soil Science* 162(11), SOS-SIS.

Bonmati M, B Ceccanti and P Nannipieri. 1991. Spatial variability of phosphatase, urease, protease, organic carbon and total nitrogen in soil. *Soil Biology Biochemistry* 23(4), 391-396.

Burns RG. 1982. Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biology Biochemistry* 14, 423-427.

Chen C, L Condon, M Davis M and R Sherlock. 2004. Effects of plant species on microbial biomass phosphorus and phosphatase activity in a range of

grassland soils. *Biology and Fertility of Soils* 40 (5), 313-322.

- Cheng Hu and Zipping Cao.** 2007. Size and activity of the microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiment. *World Journal of Agriculture Sciences* 3(1), 63-70.
- Carreira JA, R Garcia-Ruiz, J Liétor and Harrison.** 2000. Changes in soil phosphatase activity and P transformation rates induced by application of N- and S-containing acid-mist to a forest canopy. *Soil Biology and Biochemistry* 32(13), 1857-1865.
- Claassens S, KJ Riedel, L van Rensburg, TL Morgenthal and PJJ van Rensburg.** 2005. Oil microbial properties in coal mine tailings under rehabilitation. *Applied Ecology and Environmental Research* 4(1), 75-83.
- Frankenberger WT Jr. and WA Dick.** 1983. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. *Published in Soil Sci Soc Am J* 47, 945-951.
- Gaur AC.** 1981. Phosphomicroorganism and various transformation. In compost Technology. Project Field Document No. 13 FAO p 106-111
- Greaves MP and DM Webley.** 1965. A study of the breakdown of organic phosphates by microorganisms from the root region of certain pasture grasses. *Journal Applied Bacteria* 28, 454-65.
- Klose S, KD Wernecke and F Makeschin.** 2004. Microbial activities in forest soils exposed to chronic depositions from a lignite power plant. *Soil Biology & Biochemistry* 36, 1913-1923.
- Kourtev PS, JG Ehrenfeld, WZ Huang.** 2002. Enzyme activities during litter decomposition of two exotic and two native plant species in hardwood forests of New Jersey. *Soil Biology & Biochemistry* 34, 1207-1218.
- Kramer S and DM Green.** 2000. Acid and alkaline phosphatase dynamics and their relationship to soil microclimate in a semiarid woodland. *Soil Biology and Biochemistry* 32(2), 179-188.
- Mubyana T, JE Gannon, E Acquah and MC Bonyongo.** 2001. Variation in soil organic matter and alkaline phosphatase activity as influenced by flood cycle of the Okavango delta. Harry Oppenheimer Okavango Research Centre (HOORC) Report, Botswana, p. 433-440.
- Olander LP and PM Vitousek.** 2000. Regulation of soil phosphatase and chitinase activity by N and P availability. *Biogeochemistry* 49, 175-190.
- Parker RE.** 1979. Introductory Statistics for Biology. The Institute of Biology's, Studies in Biology No. 43. Edward Arnold (Publishers) Ltd.
- Rahmansyah M, A Antonius and N Sulistinah.** 2009. Phosphatase and urease instability caused by pesticides present in soil improved by grounded rice straw. *ARPN Journal of Agriculture and Biological Science* 4(2), 56-62.
- Richardson AE and PA Hadobas.** 1997. Soil isolates of *Pseudomonas* spp. that utilize inositol phosphates. *Canadian Journal Microbiology* 43, 509-16.
- Rahmansyah M.** 2004. Acid and alkaline phosphomonoesterase activities in compost enriched soil. *Journal of Tropical Soil* 18, 163-169.
- Rojo MJ, SG Carcedo and MP Mateos.** 1990. Distribution and characterization of phosphatase and organic

- phosphorus in soil fractions. *Soil Biology and Biochemistry* **22**, 169-174.
- Sarapatka B and M KrSkovd. 1997.** Interactions between phosphatase activity and soil characteristics from some locations in the Czech Republic. *Rostlinni Vj/roba* **43**, 415-419.
- Schneider K, M Turrion, PF Grierson, JF Gallardo. 2001.** Phosphatase activity, microbial phosphorus, and fine root growth in forest soils in the Sierra de Gata, western central Spain. *Biology and Fertility of Soil* **34(3)**, 151-155.
- Senwo **Z, D Ranatunga, I Tazisong and R Taylor. 2007.** Phosphatase activity of ultisoils and relationship to soil fertility indices. *Journal of Food Agriculture and Environment* **5**, 262-266.
- Stevenson FJ. **1986.** *Cycles of Soil*. John Wiley and Sons, New York.
- Subba Rao NS. **1982.** *Biofertilizer in Agricultural*. Oxford and IBH Publishing Co.
- Tabatabai MA and JM Bremner. 1969.** Use of p-nitrophenyl phosphate assay of soil phosphatase activity. *Soil. Biol. Biochem* **1**, 301-397.
- Tabatabai MA. 1982.** Soil Enzymes. Dalam: *Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. J.M. Bigham (Editor), 775-834. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Tarafdar JC and A Gharu. 2006.** Mobilization of organic and poorly soluble phosphates by *Chaetomium globosum*. *Applied Soil Ecology* **32 (3)**, 278-283.
- Wang MJ, MK Wang, TC Tan and CM Lai. 2003.** Relation between microbial biomass, acid phosphatase activity and bioavailable phosphorus at Ta-Ta-Chia alpine forest ecosystem. *Soil and Environment* **6(3)**, 121-132.
- Yadav RS and JC Tarafdar. 2003.** Phytase and phosphatase producing fungi in arid and semi-arid soils and their efficiency in hydrolyzing different organic P compounds. *Soil Bioloey and Biochemistry* **35(6)**, 745-751.