

Ragam Aktivitas Urease dan Fosfomonoesterase serta Perannya dalam Ketersediaan Nutrisi N dan P pada Tanah Kebun Biologi Wamena

Maman Rahmansyah[✉], H.J.D. Latupapua, & I Made Sudiana
Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi LIPI, Bogor

ABSTRACT

Discrepancy of urease and phosphomonoesterase activities and its role in establishing N and P nutrition in soil collected from Wamena Biological Research Station. Microbial activities in soil lead to know for establishing soil nutrient status. Accordingly, soil collected from Biological Research Station in Wamena then sent to the laboratory and determined on its enzymatic activities and the physicochemical, as well. In this work, the enzymatic activities of urease and phosphomonoesterase were examined in relation with soil microbial respiration, in order to understand the mineralization of nitrogenous and phosphorus compound in soil. Soil respiration rate (2.43-3.21 mg CO₂ g⁻¹dm²/hour) designated variation in each sample, as well as urease (8.6-23.5 unit/g soil) and phosphomonoesterase (5.5-7.9 unit/g soil) activities. Phosphomonoesterase activity showed strong correlation with respiration rate within soil; and reveal to the configuration of the bioactivities and physicochemical soil figures concluded that the B sample has the poor fertility. The phenomenon of data fulfill that bioactivities had correlation with the physicochemical compound in the soil.

Keywords: respiration, urease, phosphomonoesterase, Wamena Biological Research Station.

PENDAHULUAN

Aktivitas enzim akibat kegiatan mikroba tanah merupakan peristiwa penting dalam mengetahui status biomasa mikroba dan sebagai indikator terjadinya siklus nutrisi. Aktivitas tersebut bukan hanya sebagai peristiwa kimia semata, namun lebih merupakan suatu proses biologi yang kompleks sehubungan dengan interaksi kepentingan hidup antar organisme. Kegiatan setiap kelompok mikroba tanah lebih mempertegas status keanekaragamannya, dan berdampak kepada berbagai peristiwa bioproses yang memungkinkan terjadinya degradasi maupun proses sintesa bahan organik

tanah. Peristiwa respirasi merupakan gambaran akselerasi bioproses yang dilakukan oleh biomasa mikroba tanah. Implementasi proses enzimatik dapat mencerminkan suatu integrasi proses kimia, fisika dan mineralisasi yang terjadi pada tanah sebagai hasil aktivitas mikroba, dalam memelihara dan mewujudkan ketahanan ekosistemnya (Zvyagintsec, 1994).

Enzim yang berperan dalam menunjang kelangsungan siklus unsur hara N (nitrogen) dan P (fosfor), masing-masing di antaranya adalah urease dan fosfomonoesterase (Pascual *et al.*, 1998). Enzim tersebut berfungsi menstabilkan molekul organik tanah menjadi suatu

✉ Jl. Ir H. Juanda 18 Bogor 16122. Telp 0251- 321038. Fax 325854

kondisi ekosistem yang permanen. Urease merupakan enzim ekstraseluler yang dihasilkan mikroba dan berperan menghidrolisis substrat urea pada humus tanah, sehingga tersedia sumber N dalam bentuk amonium yang berguna bagi tumbuhan maupun mikroba. Sedangkan fosfomonoesterase adalah enzim yang mentransformasikan fosfat organik menjadi berbagai fosfat inorganik sehingga mampu diasimilasi tumbuhan. Kandungan fosfat di tanah terdapat dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik. Fosfomonoesterase yang dihasilkan oleh mikroba dapat merombak P-organik yang ada di tanah, dan menghasilkan senyawa ortofosfat ($H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}) sebagai sumber hara tumbuhan. Perhatian terhadap kedua fenomena tersebut memberi asumsi bila pengukuran aktivitas enzim dapat menjadi indikator tingkat kesuburan tanah (Balasubramanian *et al.*, 1972). Pola aktivitas enzim tersebut dapat menjadi acuan dalam manajemen aktivitas agronomi atau sejenisnya (Dick *et al.*, 2000), maupun dalam proses perbaikan suatu lingkungan tanah (Sparling *et al.*, 1994).

Kebun Biologi Wamena (KBW), berlokasi di Wamena-Irian Jaya, sedang melakukan penanaman koleksi *ex-situ* tumbuhan dataran tinggi tropika. Sarana tersebut dibuat untuk kepentingan konservasi keanekaragaman hayati Indonesia. Dampak pembangunan koleksi secara alami akan berpengaruh kepada lingkungan tanah yang berkaitan dengan aktivitas mikroba di dalamnya menuju kepada ekosistem (mikroba) yang stabil. Pengamatan terhadap respirasi dan aktivitas enzim yang dihasilkan mikroba tanah dapat menjadi indikator aktivitas mikroba. Aktivitas respirasi dapat mencerminkan status biomasa mikroba tanah, sedangkan aktivitas enzim urease

dan fosfomonoesterase berguna dalam menentukan kondisi nutrisi yang berkaitan dengan mineralisasi unsur hara N dan P. Sehubungan dengan hal tersebut maka telah dilakukan pengamatan terhadap kondisi respirasi dan aktivitas enzim pada sampel tanah asal KBW. Pendekatan ini bertujuan untuk memberi gambaran tentang ragam aktivitas enzim urease dan fosfomonoesterase yang berkaitan dengan tingkat kesuburan tanah, sehingga dapat menjadi acuan dalam manajemen koleksi tumbuhan di lahan KBW.

BAHAN DAN CARA KERJA

Sampel tanah dan analisa

Tanah diambil dari lokasi KBW pada luasan lahan 150 ha dan terletak pada ketinggian 1700 m di atas permukaan laut. Tanah diambil dari 5 lokasi dengan mencuplik 3 sampel (*multiple soil core samples*) dari setiap lokasi yang mewakili (Tabel 1). Tanah diambil sampai kedalaman 10 cm, dibebaskan dari unsur bukan tanah, dikeringanginkan, dan disaring (2 mm). Sampel kemudian dikemas dalam kantong plastik hitam dan segera dikirim ke Laboratorium Mikrobiologi, Puslit Biologi LIPI, Bogor. Untuk menstabilkan respirasi, sampel tanah dibiarkan selama satu minggu (Srivastava & Singh, 1988) termasuk dalam proses pengangkutan ke laboratorium. Di laboratorium, selama tidak digunakan, tanah disimpan pada suhu $4^{\circ}C$.

Keasaman diukur dengan pH meter pada larutan 2 bagian bobot tanah ke dalam 5 bagian larutan 0.5 M $CaCl_2$. Kadar amonium diukur menurut cara Kandeler (1996) yang dimodifikasi, yaitu dengan melarutkan 150 g tanah ke dalam 600 ml 0.0125 M $CaCl_2$, dikocok 60 menit, disaring; kemudian sebanyak 5 ml filtrat dimasukkan ke dalam tabung reak-

si dan ditambahkan 0.2 ml pereaksi Nessler (10 g KI dilarutkan dalam 10 ml H₂O -- kelarutannya dibantu dengan meneteskan larutan 60 g HgCl₂/L H₂O – kemudian ditambahkan 80 ml 9M KOH dan diencerkan dengan H₂O sampai 200 ml), setelah didiamkan 10 menit kemudian absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Kandungan fosfor tanah juga ditentukan secara fotometrik pada panjang gelombang 882 nm, dengan mengamati kelarutan fosfor dari ekstrak tanah pada asam fosfat molibdat biru, menurut metode Ohlinger (1996) yang merupakan modifikasi cara Olsen & Sommers.

Respirasi

Respirasi diukur menurut cara Beck *et al.*(1996). Sampel tanah kering dilembabkan dengan larutan glukosa (0.08%) sehingga mencapai 50% kadar kapasitas lapang. Sebanyak 20 - 30 g sampel tanah tadi ditempatkan di dalam wadah (Schottbottle-250 ml) yang telah berisi 20 ml 0.05 N KOH. Tanah disimpan terbuka dalam botol (bertutup rapat), dan terpisah dari KOH yang berfungsi menangkap CO₂ hasil respirasi tanah. Karbon dioksida yang diikat KOH kemudian dititrasikan dengan 0.1 N HCl; setiap ml titrat HCl mengikat 2.20 mg CO₂, dan setiap mg CO₂ yang dihasilkan oleh 100 g tanah setara dengan 20,6 mg biomasa-C. Untuk mendapatkan CO₂ hasil respirasi digunakan rumus seperti berikut:

$$\text{Jumlah CO}_2 = \frac{(S-C).(2.2).100}{\text{BT}.\%dm}$$

Keterangan :

- S = volume HCl sampel (ml)
- C = volume HCl kontrol (ml)
- 2.2 = faktor konversi (1 ml HCl 0.1N ≈ 2.2 mg CO₂)
- BT = bobot tanah (g)
- 100.%⁻¹dm = faktor bobot kering tanah

Aktivitas enzim

Aktivitas urease diukur menurut cara Kandeler (1996) yang dimodifikasi, yaitu dengan menimbang 5 g tanah dari setiap sampel, kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam botol (Erlenmeyer-100 ml) yang terdiri dari kelompok perlakuan dan kontrol. Pada kelompok perlakuan ditambahkan 2.5 ml substrat urea (0.48 g urea/100 ml H₂O) sedangkan kelompok kontrol ditambahkan 2.5 ml H₂O, selanjutnya botol diberi penutup dan diinkubasi 37°C selama 120 menit. Setelah inkubasi, pada kelompok perlakuan diberikan 2.5 ml H₂O, dan kepada

kelompok kontrol ditambahkan 2.5 ml substrat urea. Seluruh botol kemudian diberi 50 ml larutan 1M KCl, lalu dikocok 30 menit, dan disaring sehingga diperoleh filtrat ekstrak. Sebanyak 1 ml dari masing-masing filtrat ekstrak dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 0.2 ml pereaksi Nessler dan 9 ml H₂O, dikocok, lalu diamkan 10 menit sebelum absorbansinya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm. Aktivitas urease dinyatakan dengan unit.g⁻¹ tanah dengan rumusan seperti berikut:

$$\text{Aktivitas urease} = \frac{(S-C) \cdot 10.55.100}{5.\%dm.a.b}$$

Keterangan :

- S = konsentrasi sampel ($\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$)
- C = konsentrasi kontrol ($\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$)
- 10 = faktor pengenceran
- 55 = volume ekstrak (ml)
- 5 = bobot tanah (g)
- 100.%⁻¹dm = faktor bobot kering tanah
- a = bobot molekul NH_4^+ ($\text{g}.\text{mol}^{-1}$)
- b = waktu inkubasi (jam)

Fosfomonoesterase diamati menurut cara Margesin (1996), yaitu dengan menimbang 1 g tanah dari setiap sampel, kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam botol (Erlenmeyer-100 ml) yang terdiri dari kelompok perlakuan dan kontrol. Kelompok perlakuan diberi 1 ml substrat *p*-nitrofenol (10.8 mM) dan 4 ml buffer tris(hidroksimetil)aminometan (pH 6.5), lalu dikocok, ditutup dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 60 menit. Setelah inkubasi kemudian ditambahkan 1 ml

0.5M CaCl_2 dan 4 ml 0.5M NaOH. Selanjutnya diencerkan dengan 90 ml H_2O dan absorbansinya diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm. Pengerjaan kelompok kontrol dilakukan seperti urutan kerja pada perlakuan, namun pemberian substrat dilakukan setelah penambahan 1 ml 0.5M CaCl_2 . Aktivitas fosfomonoesterase dinyatakan dengan unit. g^{-1} tanah dengan rumusan seperti berikut:

$$\text{Aktivitas fosfomonoesterase} = \frac{(S-C) \cdot 10.100}{\%dm.a.b}$$

Keterangan :

- S = konsentrasi sampel ($\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$)
- C = konsentrasi kontrol ($\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$)
- 10 = faktor pengenceran
- 100.%⁻¹dm = faktor bobot kering tanah
- a = b.m. *p*-nitrofenol ($\text{g}.\text{mol}^{-1}$)
- b = waktu inkubasi (jam)

Analisis statistik

Analisis varian dengan klasifikasi ganda tanpa ulangan dan analisis korelasi dilakukan menurut Parker (1979) terhadap parameter bioaktivitas (aktivitas respirasi/*Rs*, urease/*Urs*, fosfomonoesterase/*Pme*), dan kondisi fisik-kimiawi tanah (kadar air/*Ka*, fosfor/*P*, amonium/*N*) pada seluruh sampel tanah, setelah data dikonversi menjadi persentase dengan nilai seratus persen untuk nilai tertinggi pada masing-masing parameter. Korelasi bioaktivitas terhadap fisik-kimiawi dikalkulasikan berdasar pasangan data *Rs/Ka*, *Urs/N*, dan *Pme/P* dengan

mengasumsikan parameter bioaktivitas sebagai faktor tidak bebas (Gambar 2).

HASIL

Kondisi fisik-kimiawi

Hasil pengukuran terhadap keasaman tanah menunjukkan nilai pH antara 3.68 – 4.71, dengan nilai rata-rata 4.05 untuk seluruh kondisi tanah KBW (Tabel 1). Pengukuran dilakukan terhadap sampel tanah pada kondisi *ex-situ* dan dengan kadar air rendah, dimana pada kondisi demikian tanah tidak seperti pada lingkungan aslinya, namun hal itu tidak

Tabel 1. Tempat pengambilan tanah KBW dan kondisi keasamannya

Sampel tanah	pH
A. Puncak Koliken, elevasi tertinggi, dominan alang-alang (<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.) dan duaga (<i>Vaccinium varingiaefolium</i> (Bl.) Miq.), terbuka; berwarna coklat.	3.68
B. Lereng Koliken, vegetasi alang-alang dan seno (<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Blume) A. DC.); berwarna kuning.	
C. Dekat kolam, di luar vegetasi hutan seno; berwarna coklat.	3.79
D. Tepi kali Dupuk, vegetasi campuran; berwarna kuning kecoklatan.	4.14
E. Lembah Koliken, vegetasi alang-alang, nyatamuk (<i>Rhododendron macgregoriae</i> F.v.M.), wiep (<i>Grevillea papuana</i> Diels.) dan duaga; berwarna coklat tua	4.71
Rata-rata	4.05

mempengaruhi dalam prosedur baku yang digunakan untuk pengukuran kimiawi dan aktivitas mikroba (Srivastava dan Singh, 1988). Kandungan fosfor pada pengamatan ini merupakan hitungan total terhadap fosfor organik dan anorganik. Kandungan amonium pada tanah merupakan gambaran kondisi sumber hara N bagi tanaman yang diakibatkan aktivitas mikroba penghasil urease.

Kadar air diukur berbasis pada bobot kering tanah, yang kondisinya berada pada kisaran 17.47--22.84%, dengan nilai rata-rata 19.92%. Sedangkan kadar amonium dan fosfor masing-masing memiliki nilai rata-rata 1.99 $\mu\text{g N.g}^{-1}$ tanah dan 1424 $\mu\text{g P.g}^{-1}$ tanah (Tabel 2). Aktivitas urease pada sampel tanah B dan C hanya sepertiga dari aktivitas sampel A. Pola respirasi dan aktivitas fosfomonoesterase di antara setiap sampel tanah tidak berbeda jauh. Hasil analisis keseluruhan parameter mengindikasikan tidak terdapat perbedaan yang nyata pada seluruh sampel pengamatan. Hal itu ditunjang dengan kalkulasi nilai kritis maksimum deviasi standar (F_{\max}) yang bernominal lebih kecil dari nilai deviasi standar tabel (F_t) dengan selang kepercayaan 5%. Nilai berdasar

pengamatan parameter memperoleh $F_{\max} = 9.06$ dan $F_t = 29.5$, sedangkan perhitungan berdasar kondisi sampel tanah mendapatkan nilai $F_{\max} = 2.48$ dan $F_t = 16.3$.

Penampilan nilai rata-rata setiap parameter merupakan gambaran umum tanah KBW, karena pada kenyataannya di lapangan walaupun kondisi tanah dari setiap sampel tersebut terdiri dari berbagai variasi warna, tekstur, agregat kandungan kapur, bahkan vegetasinya; namun kelima sampel tersebut diambil dari lahan yang berada pada satu hamparan tanah KBW.

Bioaktivitas

Pengukuran respirasi yang dilakukan merupakan cara baku untuk mengukur aktivitas mikroba tanah (Beck *et al.* 1996). Nilai respirasi berkorelasi signifikan dengan aktivitas fosfomonoesterase (Tabel 3), yang merupakan indikasi bila mikroba pelarut fosfat banyak berperan aktif pada tanah KBW. Mikroba pelarut fosfat mendominasi lebih dari separuh temuan populasi mikroba tanah KBW, dibanding dengan temuan mikroba penambat N dan yang lainnya.

Tabel 2. Sifat fisik-kimia dan bioaktivitas pada tanah KBW

Sampel tanah*	Fisik-kimiawi	Bioaktivitas				
	Kadar air (%)	Amonium ($\mu\text{g N.g}^{-1}$ tanah)	Fosfor ($\mu\text{g P.g}^{-1}$ tanah)	Respirasi ($\text{mgCO}_2\text{g}^{-1}$ tanah/2jam)	Urease (unit.g^{-1} tanah)	Fosfomono-esterase (unit.g^{-1} tanah)
A	19.02	2.31	1765	2.73	23.50	6.16
B	17.47	1.25	1316	2.43	8.58	5.53
C	22.84	1.78	1233	2.66	8.74	5.72
D	19.12	2.57	1239	3.21	17.38	7.91
E	21.19	2.04	1566	2.88	12.70	6.63
Rata-rata	19.92	1.99	1424	2.78	14.18	6.39

*notasi sampel tanah seperti pada Tabel 1

Tabel 3. Korelasi antara parameter pengamatan

Parameter	Kadar air	Amonium	Fosfor	Respirasi	Urease	Fosfatase
Kadar air		0.159	-0.145	0.168	-0.282	-0.051
Amonium			0.241	0.888**	0.764*	0.829**
Fosfor				-0.099	0.666	-0.121
Respirasi					0.447	0.973***
Urease						0.454
Fosfatase						

* berbeda nyata pada $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tingkat respirasi juga berkorelasi dengan kadar amonium tanah. Pembentukan amonium dilakukan oleh aktivitas mikroba penambat nitrogen secara simbiosis maupun nonsimbiosis. Temuan isolatnya memiliki fluktuasi populasi dan karakter yang dipengaruhi oleh jenis tanah dan kondisi vegetasi yang dominan. Bakteri penambat N ini dapat diisolasi dari setiap tanah sampel KBW namun temuannya lebih kecil dari mikroba (bakteri dan jamur) pelarut fosfat.

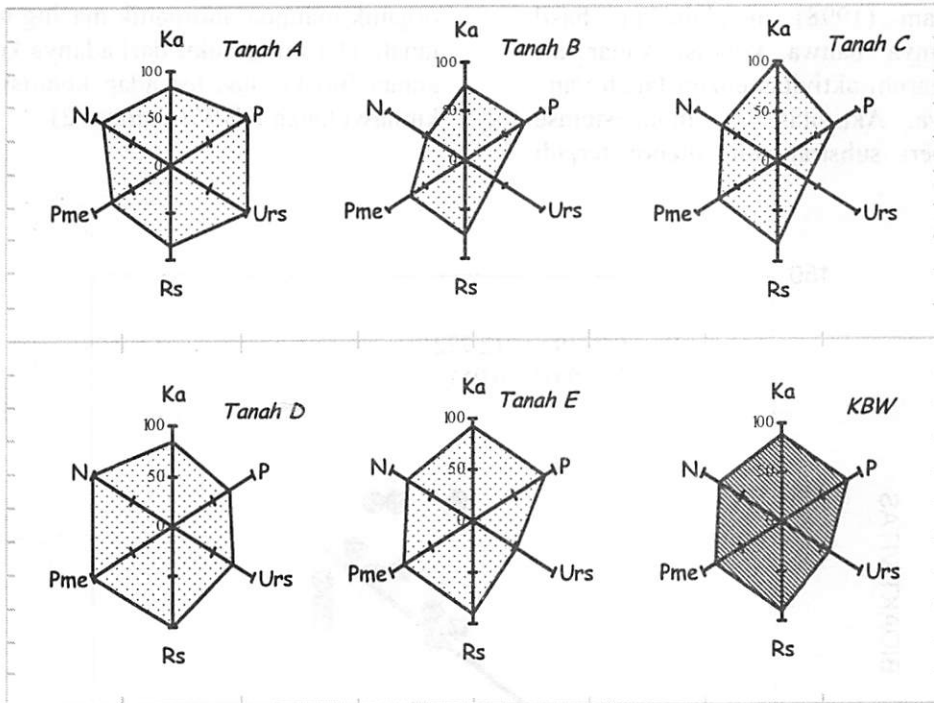
Kondisi tanah

Hasil pengamatan terhadap lima sampel yang dikumpulkan dari berbagai lokasi tanah KBW memperlihatkan konfigurasi seperti pada Gambar 1. Gambaran parameter dari kondisi fisik-kimiawi tanah (kadar air, N, dan P) berpasangan dengan keadaan bioaktivitasnya (aktivitas respirasi, urease dan fosfomonoesterase). Tanah yang dicuplik sebagai sampel tanah B memiliki konfigurasi paling kecil dibanding sampel tanah lainnya. Kondisi lapangan tempat dimana tanah tersebut diambil adalah merupakan lereng yang ditumbuhi alang-alang dengan warna tanah yang dominan

berwarna kuning. Untuk melihat kondisi tanah secara umum dapat dilihat pada konfigurasi rata-ratanya sebagai gambaran keseluruhan tanah KBW.

Hubungan kedua kelompok parameter pada pengamatan tersebut dipertegas dengan hasil analisis korelasi pada setiap pasangan parameter masing-

masing, dan tervisualisasi seperti pada Gambar 2. Data yang terinterpretasi pada persamaan garis memberi asumsi bila seluruh pasangan parameter berkorelasi. Kondisi tersebut mampu menafsirkan bahwa secara fungsional mikroba yang melakukan aktivitas dipengaruhi oleh kondisi fisik-kimiawi tanah.



Gambar 1. Konfigurasi sampel tanah (A, B, C, D dan E) dan nilai rata-rata kondisi tanah KBW berdasar kondisi fisik-kimiawi dan bioaktivitasnya

PEMBAHASAN

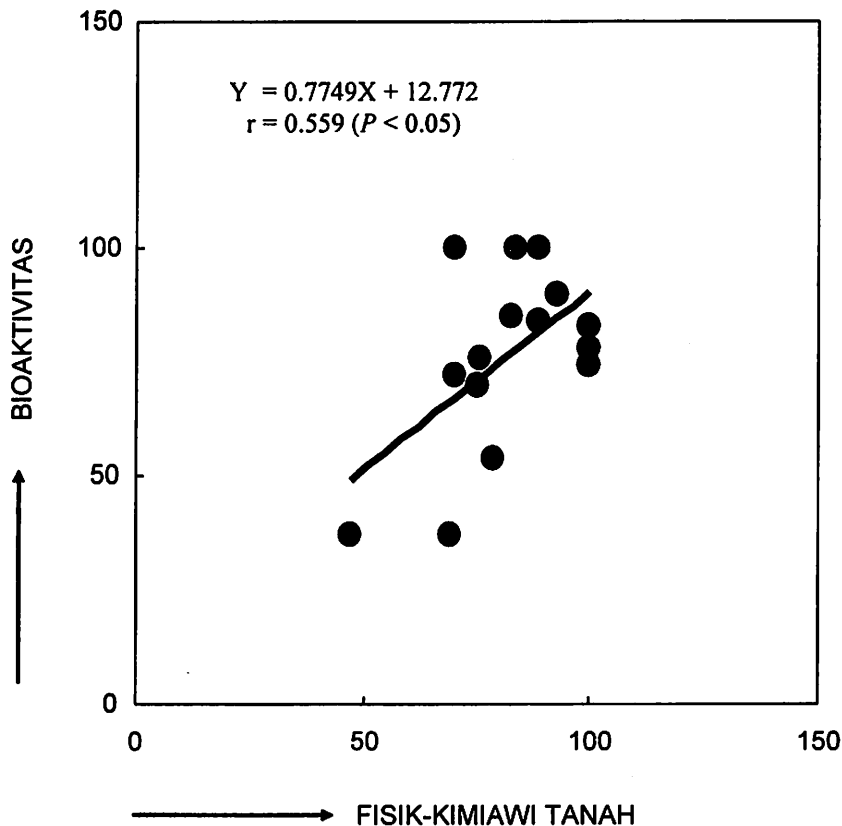
Keragaman fisik-kimiawi tanah pada setiap lokasi pengambilan sampel sesuai dengan ciri keragaman warna dan kondisi vegetasi serta lingkungannya masing-masing. Kelima sampel tanah yang diamati memiliki variasi keragaman, dan itu merupakan pengaruh interaksi proses kimiawi dan biologi yang terjadi secara

berkelanjutan. Keasaman (pH) tanah sangat berpengaruh terhadap komposisi dan keragaman komunitas mikroba tanah, serta keberadaan hara yang dapat digunakan tumbuhan. Selain itu pH juga mempengaruhi bagian molekul aktif pada enzim sehingga sifat katalis enzim maupun proses pengikatannya bisa terhambat (Dick *et al*, 2000). Sensitifitas enzim fosfatase terhadap pH rendah dapat mengaktifkan

enzim fosfomonoesterase asam, sedangkan fosfomonoesterase basa menjadi aktif pada tanah netral sampai kondisi basa (Eivazi & Tabatai, 1977; Dick & Tabatai, 1984). Fosfomonoesterase pada pengamatan ini yang diukur adalah bersifat asam karena sesuai dengan kondisi tanah KBW yang memiliki kisaran pH antara 3.68-4.71.

Salam (1998) mendapatkan hasil penelitiannya bahwa kondisi kadar air mempengaruhi aktivitas enzim tanah yang diamatinya. Aktivitas fosfomonoesterase yang diberi substrat *p*-nitrofenol terjadi

optimum pada nilai nisbah air dan tanah satu banding dua (0.5). Pengkondisian kadar air pada sampel tanah KBW tidak berpengaruh langsung terhadap aktivitas mikroba yang diukur melalui proses respirasi dan aktivitas enzimnya. Bioaktivitas tanah pada pengamatan ini cenderung dipengaruhi kondisi kimiawi (N dan P), baik dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik masing-masing tanah. Hal itu terbukti dari adanya korelasi antara bioaktivitas terhadap kondisi fisik-kimiawi tanah KBW (Gambar 2).



Gambar 2. Profil kondisi fisik-kimiawi tanah KBW terhadap bioaktivitasnya (signifikan pada nilai $p < 0.05$)

Kontribusi biomassa mikroba dalam menyediakan sumber hara N dan P untuk pertumbuhan dan hasil tanaman dibuktikan melalui pengamatan Srivastava & Lal (1994). Setiap biomassa mikroba, khususnya yang hidup pada daerah perakaran merupakan kantung-kantung nutrisi bagi tumbuhan (Marumoto, 1984; Srivastava & Singh, 1991). Mikroba tersebut kebanyakan hidup bersifat simbiosis dan sekaligus menjadi kompetitor bagi mikroba lainnya yang bersifat patogen pada tanaman. Kondisi respirasi mikroba tanah di KBW pada sampel tanah B aktivitasnya sangat rendah karena keragaman vegetasinya rendah, hal ini didukung oleh hasil uji beda nyata yang tidak signifikan dengan respirasi sampel tanah lainnya (Tabel 2).

Kondisi biologi tanah mencirikan status yang berhubungan erat dengan kesuburan tanah secara alami. Aktivitas mikroba adalah indikator dari kondisi biologi tanah sehubungan dengan kemampuannya mensekresikan enzim ekstraseluler. Enzim tersebut berfungsi mengubah molekul yang kompleks (seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin) menjadi molekul yang lebih sederhana (disakarida dan monosakarida) sehingga dapat diasimilasikan oleh mikroba maupun tumbuhan (Burn, 1982). Pascual *et al.* (2002) memberikan bukti tentang perubahan aktivitas enzim urease dan fosfatase sehubungan dengan intervensi bahan organik yang mempengaruhi stabilitas siklus N dan P. Asupan bahan organik kompos dapat menstabilkan kondisi enzim pada tanah dibandingkan dengan asupan bahan yang belum mengalami proses pengomposan. Enzim hidrolase ekstraseluler dapat terjaga oleh asam humus dari kompos, sehingga enzim tersebut tidak mengalami degradasi oleh enzim protease yang sama keterdapatannya

di lingkungan tanah. Dengan hadirnya enzim hidrolase tadi maka akan berperan dalam mineralisasi bahan organik. Hasil mineralisasi yang berupa hara, kemudian dimanfaatkan oleh tumbuhan.

KESIMPULAN

Pola respirasi pada seluruh sampel pengamatan berkorelasi dengan aktivitas fosfomonoesterase dan kondisi amonium hasil aktivitas urease. Aktivitas urease dan fosfomonoesterase tanah KBW memberi indikasi terjadinya proses mineralisasi N dan P yang disebabkan oleh aktivitas mikroba. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi fisik-kimia dan biologi pada masing-masing lokasi tempat pengambilan sampel adalah sama. Berdasar pada rendahnya nilai respirasi pada tanah yang diambil dari lokasi B, maka diperlukan perlakuan khusus misalnya asupan bahan organik lebih banyak dibanding pada lokasi lain, apabila tanah tersebut akan dikelola. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pemberian bahan organik yang tepat untuk masing-masing lokasi bila akan dikelola untuk perluasan lahan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Balasubramanian A., R. Siddaramappa, & G. Rangaswati. 1972. Effect of organic manuring on the activities of the enzymes hydrolysing sucrose and urea on soil aggregation. *Plant and Soil*. 37 : 319-328.
- Beck T., R. Ohlinger, & A Baumgarten. 1996. Indirect estimation of microbial biomass: substrate-induced respiration. Dalam : Schinner F, R..

- Ohlinger, E. Kandeler, & R. Margesin (eds.). *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. h. 64-68
- Burns, R.G. 1982. Enzyme activity in soil: location and a possible role in microbial ecology. *Soil Biol. and Biochem.* 14 : 423-427.
- Dick, W.A., L. Cheung, & P. Wang. 2000. Soil acid and alkaline phosphate activity as pH adjustment indicators. *Soil Biol. and Biochem.* 32 : 1915-1919.
- Dick, W.A. & M.A. Tabatabai. 1984. Kinetic parameters of phosphatases in soil and organic waste materials. *Soil Sc.* 137 : 7-15.
- Eivazi, F. & M.A. Tabatabai. 1977. Phosphatases in soils. *Soil Biol. and Biochem.* 9 : 167-172.
- Kandeler, E. 1996. Enzymes involved in nitrogen metabolism: Urease activity by colorimetric technique. Dalam : Schinner F, R. Ohlinger, E. Kandeler, & R. Margesin (eds.). *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. h. 171-174.
- Margesin, R. 1996. Enzymes involved in phosphorus metabolism: Acid and alkaline phosphomonoesterase activity with the substrate p-nitrophenyl phosphate. Dalam : Schinner F, R. Ohlinger, E. Kandeler, & R. Margesin (eds.). *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. h. 213-217.
- Marumoto, T. 1984. Mineralization of C and P from microbial biomass in paddy soils. *Plant and Soil.* 76 : 165-173.
- Ohlinger, R. 1996. Methodes in soil chemistry: Phosphorus in soil extract. Dalam : Schinner F, R. Ohlinger, E. Kandeler, & R. Margesin (eds.). *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. h. 410-412.
- Parker, R.E. 1979. Introductory Statistics for Biology. Studies in Biology no. 43. Edward Arnold Ltd. London.
- Pascual J.A., T. Hernandez, M. Ayuso, & C. Garcia. 1998. Enzymatic activities in an arid soil amended with urban waste. Laboratory experiment. *Bioresour. Techno.* 64 : 131-138.
- Pascual J.A., J.L. Moreno, T. Hernandez, & C Garcia. 2002. Persistence of immobilised and total urease and phosphatase activities in a soil amended with organic waste. *Bioresour. Technol.* 82 : 73-78.
- Salam, A.K. 1998. Peranan kadar air dan waktu inkubasi dalam penetapan aktivitas enzim fosfatase dalam tanah. *Jurnal Tanah Tropika.* 6 : 129-134.
- Sparling, G.P., P.B.S. Hart, J.A. August, & D.M. Leslie. 1994. A comparison of soil and microbial carbon, nitrogen and phosphorus contents, and macro-aggregate stability of soil under native forest and after clearance for pastures and plantation forest. *Biol Fertil Soils.* 17 : 91-100.
- Srivastava, S.C. & J.P. Lal. 1994. Effect of crop growth and soil treatments on microbial C, N, and P in dry tropical arable land. *Biol Fertil Soil.* 17 : 108-114. Srivastava, S.C. & J.S. Singh. 1988. Carbon and phosphorus in soil biomass of some tropical soils of India. *Soil Biology and Biochemistry.* 20 : 743-747.

Srivastava, S.C. & J.S. Singh. 1991. Microbial C, N, and P in dry tropical forest soil: Effect of alternate land-uses and nutrient flux. *Soil Biol. and Biochem.* 23 : 117-124.

Zvyagintsec, D.G. 1994. Vertical Distribution of Microbial

Communities in Soils. Dalam: Ritz, K., J. Dighton, & KE Giller (eds.). *Beyond the Biomass: Compositional and Functional Analysis of Soil Microbial Communities*. British Society of Soil Science, University of Reading, UK. h. 29-37.