

Pengaruh Pemberian Kompos dan Pupuk Hayati terhadap Aktivitas Fosfatase dan Urease pada Tanah yang Ditanami Brokoli (*Brassica oleracea* L.)
[Effect of Compos and Biofertilizer to Soil Phosphatase and Urease Activities in Broccoli (*Brassica Oleracea* L.) Cultivation]

Maman Rahmansyah & Sarjiya Antonius

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

Memasukkan: Agustus 2014, **Diterima:** Januari 2015

ABSTRACT

Organic farming basically work on improving organic soil substrate which give impact to plant growth promoting bacteria. On the other hand, the use of agrochemicals leave chemical residues in the soil. In an effort to get the quality of organic matter and selected microbes as a biofertilizer material, this research had been done. Half ripe composting (HRC) process of organic substrate was utilized to enrich soil containing agrochemical residue, while ripe compost (RC) substance amended to soil free residue. That compost was used in broccoli cultivation. Microbial degrading pesticide was added to compost as biofertilizer formula. Even though plant biomass and the yield of flower was unclearly affected, but moreover the HRC application as due to "semi-on-site-composting" practices in soil containing agrochemical residue would cut off compost processing time. Soil microbial activity measured through soil respiration, urease and phosphomonoesterase indicated that the value was lower in samples collected from the soil free residue compared with soils containing residues. Utilization of chicken manure resulted in the availability of high nitrogen compounds and causing imbalance absorption by plants, compared with the use of HRC and RC in this study.

Keywords: soil respiration, phosphatase, urease, *Brassica oleracea* L.

ABSTRAK

Praktek pertanian organik pada dasarnya mengupayakan pengkayaan bahan organik di tanah yang berdampak pada bertumbuhnya mikroba penyubur tanaman. Pada sisi lain, penggunaan bahan agrokimia dapat meninggalkan residu kimia di tanah. Dalam upaya mendapatkan kualitas bahan organik dan inokulan mikroba terpilih sebagai bahan pupuk hayati maka penelitian ini dilakukan. Proses pengomposan setengah matang pada bahan organik (HRC) dimanfaatkan pada tanah yang mengandung residu agrokimia, sedangkan substansi kompos matang (RC) digunakan ke tanah yang bebas residu. Kompos-kompos tersebut digunakan pada budidaya tanaman brokoli. Mikroba pendegradasi pestisida juga ditambahkan pada kompos sebagai formula pupuk hayati. Meskipun biomassa tanaman dan hasil bunga yang tidak jelas terpengaruh oleh proses pengomposan setengah matang, namun penggunaan HRC di tanah yang mengandung residu agrokimia paling tidak masih dapat menyingkat waktu pengomposannya. Aktivitas mikroba tanah yang diukur melalui respirasi tanah, urease dan phosphomonoesterase menunjukkan bahwa nilainya didapatkan lebih rendah pada sampel yang dikumpulkan dari tanah yang bebas residu dibandingkan dengan tanah yang mengandung residu. Pemanfaatan pupuk kandang ayam mengakibatkan ketersediaan senyawa nitrogen yang tinggi sehingga menyebabkan ketidakseimbangan penyerapannya oleh tanaman, dibandingkan dengan penggunaan HRC dan RC pada penelitian ini.

Kata kunci: respirasi tanah, fosfatase, urease, *Brassica oleracea* L.

PENDAHULUAN

Upaya menurunkan subsidi pupuk kimia di dalam strateginya antara lain melakukan inventarisasi dan pemetaan lahan. Wilayah lahan yang memiliki fosfor dan kalium tinggi dikategorikan mutlak

untuk menggunakan pupuk organik dan pupuk hayati, sedangkan pada katagori derajat kesuburan lahan di bawahnya dapat menggunakan kombinasi pemupukan dengan pupuk kimia (Irsal Las *et al.* 2010). Untuk menunjang keberhasilan pelaksanaan program biofertilisasi, diperlukan ketersediaan bahan

organik atau kompos dan inokulan mikroba sebagai pupuk hayati. Ketersediaan kompos dan pupuk hayati memerlukan persyaratan kualitas yang tentunya didapati melalui rangkaian penelitian dan pengujian sehingga layak untuk dipraktikkan.

Memperhatikan beberapa hasil penelitian pada penggunaan pupuk organik atau kompos dapat dijadikan sebagai bahan acuan. Penggunaan kompos dengan bahan jerami padi menghasilkan serapan hara yang efektif. Konsistensi efek kompos terhadap hasil panen yang dilakukan oleh beberapa peneliti (Narayanamma *et al.* 1985; Thanikachalam & Rangarajan 1992; Son *et al.* 2001) ketika kompos dipadukan penggunaannya dengan pupuk hayati maupun sedikit pupuk kimia bisa menguntungkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Pasokan sumber karbon dari bahan organik mengakibatkan peningkatan proses mineralisasi yang terbangun bersama penambahan pupuk kimia yang minimal. Efeknya menjadi signifikan karena pasokan unsur kimia pada awalnya menjadi pemicu energi untuk berkembangnya mikroba di tanah sehingga dapat melakukan proses mineralisasi. Pasokan bahan organik dapat membentuk koloida organik yang memberi ruang kepada mikroba tanah menjadi berkembang secara lebih cepat (Son *et al.* 2001).

Adiningsih & Rochayati (1988) meneliti penggunaan pupuk organik dari bahan sisa tanaman dan pupuk kandang yang dapat memperbaiki lingkungan tumbuh tanaman. Penggunaan kompos jerami yang dipadukan dengan pupuk kimia nitrogen dapat meningkatnya pertumbuhan dan hasil padi, atau pun meningkatkan kualitas protein biji pada tanaman kedelai. Penggunaan kompos dianjurkan untuk dilakukan setiap awal musim tanam khususnya pada tanah yang memiliki nisbah hara karbon (C) terhadap nitrogen (N) lebih kecil dari 20 (Arafah & Sirappa 2003). Keuntungan lain dalam penggunaan kompos jerami juga dapat mengundang perkembangan mikroba penghasil *siderophore* yang mempermudah serapan mikronutrisi besi di daerah perakaran tanaman (Tu *et al.* 2006).

Mikroba tanah memiliki potensi besar untuk membantu tersedianya fosfat atau pun nitrogen bagi tumbuhan. Proses transformasi kedua unsur makro tersebut dapat terjadi dari tanah ke tumbuhan yang ditentukan oleh keberadaan mikroba pelarut fosfat dan penambat nitrogen serta kondisi eksudat akar yang memelopori terjadinya simbiosis. Proses-proses yang mendukung terselenggaranya fungsi ekologis antara mikroba dengan tanaman adalah fenomena yang harus dipahami dan menjadi pengetahuan dasar yang harus dikuasai (Gyaneshwar *et al.* 2002). Bakteri pelarut fosfat terutama *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Enterobacter* ketiganya diketahui efektif meningkatkan fosfor tersedia di tanah. Oleh karena itu, eksploitasi bakteri pelarut fosfat melalui pupuk hayati memiliki peran pada penyediaan fosfor agar selalu tersedia bagi tanaman (Khan *et al.* 2009).

Kombinasi perlakuan antara bakteri pelarut fosfat, rhizobium penghasil hormon tumbuh, dan pemanfaatan pupuk organik maupun kimia yang diformulasikan pada takaran tepat menjadikan pertumbuhan jagung dan kualitas hasil yang optimal. Praktek penggunaan inokulasi rhizobium menjadi efisien untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil buah, menurunkan biaya pupuk, serta mengurangi emisi gas rumah kaca karena tercegahnya penguapan dan pencucian unsur nitrogen yang pada akhirnya dapat menurunkan kandungan nitrogen dari standar yang telah diterapkan di lingkungan air tanah (Yazdani *et al.* 2009). Mikroba penambat nitrogen yang bersifat simbiosis dengan legum dan digunakan sebagai pupuk hayati di dalam kegiatan pertanian, semula hanya bakteri dari genus *Rhizobium* dan *Bradirhizobium*, kini telah berkembang dengan tambahan *Azorhizobium*, *Sinorhizobium*, dan *Mesorhizobium*; sedangkan bakteri yang hidup bebas di tanah antara lain genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium*, dan *Klebsiella* (Simanungkalit 2001).

Peluang untuk pembuatan dan mengembangkan pupuk kompos dan inokulan mikroba sebagai bahan pupuk hayati sangat besar mengingat beragamnya karakteristik tanah di Indonesia (Irsal

Las et al. 2010). Selain itu, keperluan untuk setiap jenis tumbuhan pun memerlukan spesifisitas bahan secara tersendiri dan juga tergantung kepada komponen panen dari tumbuhan yang diperlukan. Dalam menilai keperluan kompos dan pupuk hayati untuk tanaman sayuran maka dilakukan penelitian terhadap pemupukan brokoli. Penanaman brokoli dilakukan pada lahan yang bebas dari penggunaan pupuk dan pestisida kimia, kemudian dibandingkan terhadap lahan yang biasa menggunakannya. Pada kedua lahan tersebut diberikan kompos dan inokulan mikroba sebagai sumber pupuk hayati, sedangkan untuk pembanding digunakan pupuk lokal dari limbah ternak ayam. Kompos diberikan kepada lahan yang bebas dari penggunaan bahan agrokimia atau bebas residu, sedangkan kompos setengah matang diberikan kepada lahan yang sebelumnya menggunakan pupuk dan pestisida kimia atau mengandung residu. Inokulan mikroba dipilih dari isolat yang mampu mendegradasi bahan pestisida kimia karena pestisida digunakan pula dalam pemeliharaan brokoli di lahan yang biasa menggunakan pestisida kimia. Tujuan penelitian adalah melihat pengaruh kompos dan pupuk hayati terhadap brokoli pada dua jenis lahan yang biasa menggunakan pupuk dan pestisida kimia serta pada lahan yang tidak menggunakannya, guna mengurangi cemaran residu kimia.

BAHAN DAN CARA KERJA

Bahan organik kompos terdiri atas limbah potongan rumput kebun, daun kaliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.), dan kotoran sapi. Potongan rumput dicacah menjadi partikel organik tidak lebih dari satu sentimeter, daun kaliandra, dan kotoran sapi dikeringkan dan ditumbuk lembut kemudian dilewatkan melalui saringan 2 mm. Masing-masing bahan dicampurkan pada perbandingan volume 6:3:1, selanjutnya diperam selama 34 hari sebagai kompos matang (KM) dan selama 17 hari untuk kompos setengah matang (KS). Pada KM dan KS yang telah siap selanjutnya

ditambahkan inokulan bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp.) dan mampu mendegradasi pestisida, serta bakteri penambat nitrogen yang juga mendegradasi pestisida (*Azotobacter* sp.) sebagai mikroba koleksi kerja di Laboratorium Ekofisiologi Mikroba, Bidang Mikrobiologi, Puslit Biologi LIPI. Khusus untuk KS ditambahkan juga fungi pendegradasi substrat organik yaitu *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. Setiap satu liter isolat cair dengan kepadatan setara 10^9 CFU (*bacterial/fungal colony forming unit*) dicampurkan dengan 10 kg kompos. Penggunaan KM atau KS pada penelitian setara dengan 1 kg kompos untuk setiap meter persegi lahan penanaman.

Penanaman brokoli dilakukan pada tanah yang sebelumnya mendapat perlakuan pupuk dan pestisida kimia secara intensif, yaitu di lahan percobaan Cipanas-Cianjur; dan pada lahan lainnya yang bersih dari bahan kimia agro yang dilakukan di lahan pertanian daerah Cisarua-Bogor. Penanaman brokoli dilakukan pada petak-petak percobaan menurut masing-masing perlakuannya. Untuk melihat hasil akhir perlakuan maka diamati bobot biomasa, pembungaan, dan bobot rata-rata bunga. Untuk melihat efek perlakuan terhadap proses mineralisasi yang terjadi selama pertumbuhan maka diamati kondisi biokimiawi tanah termasuk proses respirasi, aktivitas enzim fosfatase dan urease, serta karbon dan nitrogen tanah.

Pengukuran dilakukan terhadap sampel tanah yang diambil dari lokasi tempat tumbuh pada periode seminggu dan sepuluh minggu setelah tanam (MST). Tanah dikumpulkan secara komposit dengan tiga ulangan dari setiap sampel pengamatan. Data hasil pengamatan diuji secara statistik dengan menggunakan uji beda nyata Fisher pada tingkat satu dan lima persen (Parker 1979).

Sebanyak 20 g sampel tanah dilembabkan dengan larutan gula 1.6% sebagai upaya induksi terhadap biomassa mikroba. Sampel tanah kemudian dikemas dalam kantong kain yang disimpan di dalam botol schott-250ml kedap udara. Botol sebelumnya diisi 20 ml larutan NaOH (0.05 N) yang berfungsi untuk menangkap CO_2 hasil

respirasi tanah. Setelah diinkubasi selama 24 jam, tentukan jumlah CO₂ yang tertangkap oleh NaOH dengan cara titrasi larutan HCl (0.1M); indikator fenolptalein (1 g fenol ptalein dalam 100 ml etanol) digunakan pada peneraan tritasi pertama, dan indikator merah metil (0.1 g *methylorange* dalam 100 ml H₂O) pada titrasi kedua. Setiap ml titrasi HCl setara dengan 2.2 mg CO₂, sedangkan setiap mg CO₂ (hasil respirasi dari 100 g bobot kering tanah per 60 menit) setara dengan 20.6 mg biomassa-C mikroba (Beck *et al.* 1996).

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-100ml) yang terdiri atas kelompok perlakuan dan kontrol. Pada kelompok perlakuan ditambahkan 2.5 ml substrat urea (0.48 g urea/100ml H₂O) sedangkan kelompok kontrol ditambahkan 2.5 ml H₂O; selanjutnya botol ditutup 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, selanjutnya 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.

Sebanyak 1 g sampel tanah diberi 4 ml larutan penyangga tris-(hidroksimetil)-aminometan (pH 6.5), lalu diberi 1 ml substrat p-nitrofenilfosfat 115 mM, dan diinkubasi selama 45 menit pada suhu 38°C. Selanjutnya tambahkan 1 ml larutan CaCl₂ (0.5 M), dan 4 ml NaOH (0.5 M). Untuk keperluan kontrol, dilakukan seperti pada sampel namun pemberian substrat p-nitrofenilfosfat dilakukan setelah penambahan CaCl₂. Larutan sampel dan kontrol ditera dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm. Hasilnya dikonversikan dengan hasil pengukuran standar p-nitrofenol

pada konsentrasi 0 sampai 15 mg/l dengan selang interval 3 mg/l (Margesin 1996).

HASIL

Efek kompos terhadap pertumbuhan

Pemberian kompos cenderung menghasilkan produksi tinggi pada lahan yang mengandung residu, namun tidak memberikan hasil yang berbeda secara signifikan di antara perlakuan. Bobot segar hijauan bagian atas yang terbesar diakibatkan karena perlakuan kompos lokal (P3). Artinya bahwa perlakuan kompos lokal hanya menyokong pertumbuhan daun saja namun tidak berpengaruh kepada pertumbuhan bunganya yang sebenarnya sebagai komponen produk yang diinginkan.

Kompos yang ditambah inokulan mikroba (P1) atau pun yang tanpa inokulan (P2) memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan brokoli. Pada lahan yang mengandung residu, perlakuan kompos memberi efek baik; namun tidak signifikan hasil panennya sekalipun mengindikasikan lebih tinggi dari lahan yang bebas residu. Hasil uji beda nyata tidak memberi angka yang signifikan menurut perhitungan batas beda nyata dari Fisher's. Respon pertumbuhan brokoli di lahan yang mengandung residu pertumbuhannya memiliki kisaran perbedaan yang besar pada setiap sampel ulangnya, sehingga walaupun dalam nilai rataannya berbeda tetapi setelah dianalisis nilainya tidak signifikan (Tabel 1).

Persentase bunga yang tumbuh di dalam satu petak pengamatan pada panen awal dilakukan dengan menghitung bunga yang siap dipanen. Persentase bunga per petak mengindikasikan perbedaan kecepatan tumbuh dan keserempakan yang berlainan dalam menghasilkan bunga sebagai akibat perlakuan kompos. Pada lahan yang bebas residu, brokoli lebih merespon perlakuan kompos dari pada yang tumbuh di lahan yang mengandung residu. Hasil pengamatan bobot rata-rata panen bunga menunjukkan bahwa efek perlakuan kompos lokal (P3) menghasilkan bobot bunga yang

signifikan. Semua perlakuan kompos menghasilkan bobot hasil panen yang berbeda nyata dari kontrolnya. Efek kompos yang diberi inokulan (P1) menghasilkan pertumbuhan brokoli paling baik di lahan yang bebas pestisida.

Proses biologi dan kimiawi tanah selama pertumbuhan

Terjadi keseimbangan sifat biokimia tanah selama proses aplikasi pupuk organik atau bahkan dapat memperbaiki kondisi tanah (Tabel 2). Efek aplikasi kompos matang dan setengah matang, baik yang diperkaya inokulan *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. maupun yang tidak, hasilnya memberikan perbedaan yang tidak nyata.

Aktifitas respirasi tanah pada perlakuan dengan kompos setengah matang cenderung lebih baik, dan hasil yang sama teramati pada lahan pertanian yang sebelumnya mendapat perlakuan pestisida. Aktifitas respirasi secara umum terjadi sedikit lebih tinggi pada tanah yang sebelumnya mendapat perlakuan pupuk dan pestisida kimia

(Gambar 1).

Perlakuan kompos pada kegiatan menanam sayuran organik memberi dampak positif terhadap peningkatan aktivitas fosfomonoesterase. Efek secara umum yang ditimbulkan mirip dengan aktivitas respirasi dan urease. Adanya sedikit peningkatan lebih tinggi pada kompos yang diperkaya inokulan mikroba sangat dimungkinkan karena peran inokulan bakteri pelarut fosfat yang ditambahkan sebagai inokulan. Pada kondisi kritis kekurangan P tersedia di tanah, maka efek perlakuan inokulan bakteri pelarut P akan memberikan peningkatan yang signifikan terhadap aktivitas fosfomonoesterase.

Dengan munculnya kesamaan dampak peningkatan aktivitas fosfomonoesterase mengindikasikan bahwa kompos pada penelitian ini berhasil penggunaannya sebagai bahan pengkaya yang bersifat adaptif pada kondisi lahan yang tercemar residu. Dari kedua data di atas nampak bahwa populasi bakteri denitrifikasi maupun pelarut fosfat menunjukkan tingkat kerapatan yang berbeda. Selain itu, pengaruh pemberian kompos tidak

Tabel 1. Pertumbuhan brokoli dengan perlakuan pupuk hayati

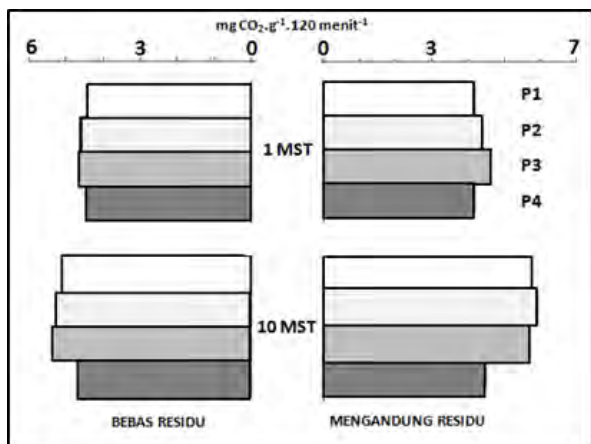
Perlakuan:	Lahan Bebas Residu Dengan Kompos				Lahan Mengandung Residu Dengan Kompos			
	P1	P2	Matang P3	P4	P1	P2	Matang P3	P4
a. Jumlah bunga per petak (%)	81 ^a	83 ^a	45 ^b	45 ^b	98	79	64	64
b. Bobot biomasa (g)	3534 ^a	2933 ^{ab}	2283 ^{ab}	1417 ^b	4067	3400	2900	2733
c. Bobot bunga (g)	296 ^b	256 ^{bc}	397 ^a	195 ^c	298	313	324	325
d. Indeks panen	0.084	0.087	0.174	0.138	0.073	0.092	0.112	0.119

Keterangan: P1 = Kompos + Inokulan; P2 = Kompos; P3 = Pupuk kandang ayam; P4 = tanpa pemberian kompos (kontrol); Tanda pangkat sebagai penanda hasil uji beda nyata hasil uji Fisher's PLSD 5%

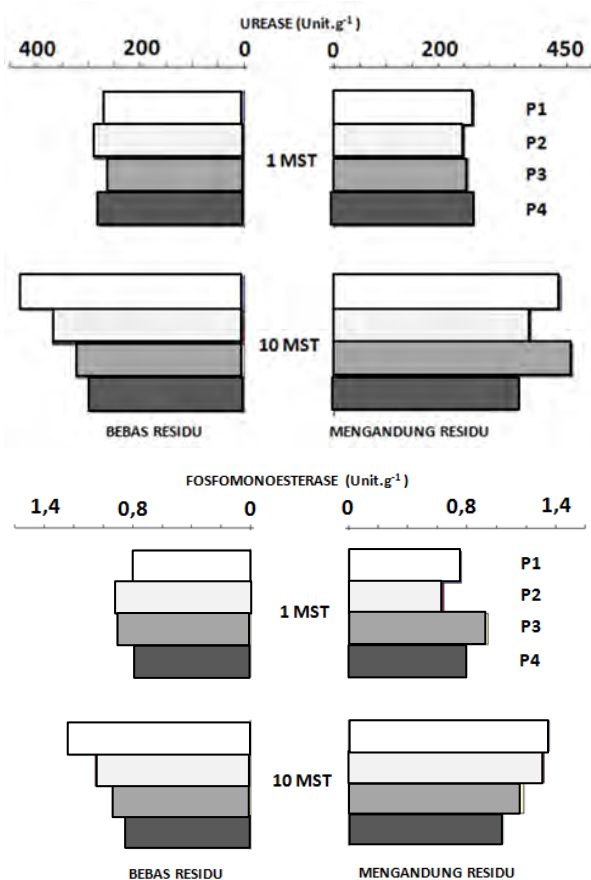
Tabel 2. Hasil analisa kimia tanah pada awal percobaan dibandingkan dengan kondisi kimia tanah 10 MST

Perlakuan	Sampel tanah					
	C (%)	N (%)	C/N	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)
Sampel komposit tanah (awal tanam)	2.39	0.21	11	1612	363	4942
Sampel dari lahan 10 MST:						
Tanpa perlakuan (kontrol) (P4)	2.48	0.19	13	1661	323	3933
Tanah diberi kompos matang (P3)	3.92	0.27	13	2039	675	6087
Tanah diberi kompos ½ matang (P2)	4.48	0.33	14	1883	860	5975
Tanah diberi kompos dan inokulan (P1)	4.98	0.33	15	1668	582	5813

senantiasa signifikan dalam meningkatkan populasi mikroba karena masih tergantung pada kondisi awal dari tanah tersebut (Gambar 2).



Gambar 1. Aktivitas respirasi tanah akibat penggunaan kimia agro pada pengamatan 1 dan 10 MST yang diberi pupuk hayati (notasi P seperti pada Tabel 1)



Gambar 2. Aktivitas enzim urease dan fosfatase sampel tanah pada brokoli umur 1 dan 10 MST (notasi P seperti pada Tabel 1)

Mineralisasi yang direpresentasikan akibat aktivitas respirasi pada penelitian ini berkorelasi dengan aktivitas enzim urease dan fosfomonoesterase. Nilai korelasi pada tanah yang mengandung residu bernilai lebih signifikan apabila dibandingkan dengan yang terjadi pada tanah yang bebas residu agrokimia (Tabel 3). Analisis parameter nitrogen tanah merupakan hal yang penting dalam upaya mengetahui efek pemberian pupuk organik yang dapat menjaga keseimbangan sifat kimia tanah atau bahkan dapat memperbaiki kondisi tanah. Nitrogen sebagai unsur kimia penting sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan juga oleh mikroorganisme tanah. Sebagian besar nitrogen pada tanah berada dalam bentuk molekul organik kompleks. Bentuk organik ini akan dikonversi menjadi amonium dan nitrat oleh mikroba yang prosesnya disebut mineralisasi. Jumlah nitrogen yang dapat digunakan oleh akar tanaman tergantung pada kecepatan mineralisasi, dan proses tersebut dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang dalam hal ini adalah keberadaan jumlah bahan organik, kondisi temperatur, ketersediaan oksigen atau kondisi aerasi dan sebagainya. Pada penelitian ini bentuk nitrogen yang dianalisa adalah amonium dan nitrat serta total nitrogen tanah direpresentasikan pada Gambar 3.

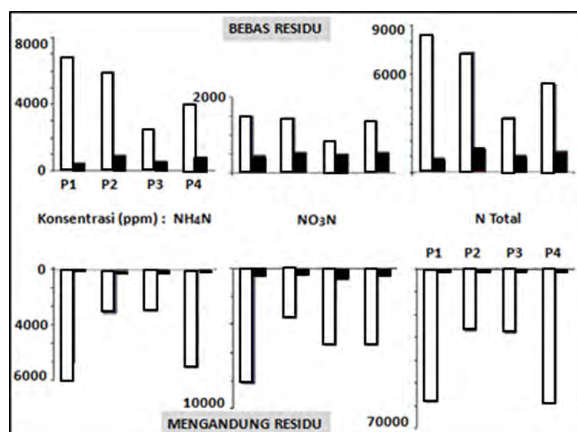
PEMBAHASAN

Penambahan kompos pada tanah menyebabkan adanya aktivitas mikroba yang tinggi dan berarti terjadi proses mineralisasi bahan organik atau sumber karbon lain pada tanah yang berasal dari pestisida (Tate 2000). Proses tersebut tercermin

Tabel 3. Nilai korelasi yang signifikan di antara parameter pengamatan

Korelasi di antara parameter:	Respirasi tanah	
	Bebas Residu	Mengandung Residu
Urease	0,736*	0.858**
Fosfomonoesterase	0,714*	0,909**

Keterangan: *p 0,05 = 0,707; ** p 0,01 = 0,834



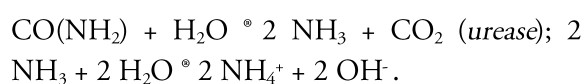
Gambar 3. Kandungan nitrogen tanah ketika brokoli umur 1 (putih) dan 10 (gelap) MST (notasi P seperti pada Tabel 1)

dalam aktivitas hidup seperti peningkatan respirasi dan proses hidup lainnya yaitu dengan meningkatnya aktivitas enzim tanah (Waldrop *et al.* 2000; Jastrzëbska *et al.* 2007). Penambahan inokulan sebagai pupuk hayati pada tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) meningkatkan pertumbuhan sampai tanaman umur 15 minggu. Pemberian pupuk hayati baik sebagai inokulan tunggal maupun campuran (beberapa jenis mikroba sebagai inokulan gabungan) menghasilkan pertumbuhan yang signifikan berbeda dibanding kontrolnya (Widawati & Rahmansyah 2009). Pemberian pupuk hayati pada penelitian ini termasuk inokulan campuran dan hasilnya berbeda dari kontrolnya.

Pupuk organik atau kompos di tanah merupakan sumber nitrogen tanah, selain juga berperan dalam perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi serta lingkungan tanah. Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah akan mengalami beberapa fase perombakan oleh mikroorganisme tanah untuk menjadi humus atau bahan organik tanah. Salah satu penunjuk penting yang menentukan kesiapan tanah untuk mendukung pertanian organik adalah sifat biologi dan kimia tanah. Oleh karena itu, pengukuran parameter kimia tanah setelah aplikasi pupuk organik penting untuk diketahui sebagai indikator terjadinya proses dekomposisi. Proses lanjut dekomposisi pada kompos setengah matang pada akhirnya akan berfungsi sama dengan kompos matang. Dengan diperolehnya hasil yang tidak berbeda di kedua macam aplikasi

kompos ini berarti akan menghemat waktu untuk mempersingkat masa penyiapan kompos untuk menanam brokoli. Hal tersebut disebabkan karena perlakuan kompos setengah matang dengan bantuan inokulan pendegradasi berarti dapat semakin mendukung terjadinya perombakan residu pestisida dalam tanah atau mendukung seperti yang dilaporkan tentang kesuksesan praktek bioremediasi tanah tercemar kimia-agro dengan menggunakan sistem *in situ composting* (Sarjiya *et al.* 2007; Rahmansyah *et al.* 2009).

Salah satu sumber N yang biasa digunakan dalam pertanian adalah urea. Pada pupuk organik di dalamnya juga banyak mengandung urea, terutama pupuk organik yang berasal dari urin dan kotoran ternak. Di dalam tanah, urea dihidrolisis secara enzimatik oleh urease, membentuk amonia dan karbondioksida. Kemudian amonia terhidrolisis lebih lanjut menjadi amonium. Persamaan reaksi tergambar seperti berikut:



Hidrolisis urea terjadi pada rentang pH antara 7 dan 8 (Schinner *et al.* 1996). Aktivitas urease yang ditentukan pada satu periode inkubasi dapat membantu dalam membandingkan aktivitas urease tanah dan mengevaluasi inhibitor urease. Secara umum, aplikasi beberapa formula kompos dapat meningkatkan aktivitas enzim urease (Karaca *et al.* 2000; Pascual *et al.* 2002). Hasil yang demikian

semakin memperkuat indikasi bahwa formula kompos yang diaplikasikan cukup bermanfaat. Perlakuan kompos matang dan setengah matang yang diperkaya dengan inokulan mikroba memberikan efek peningkatan aktivitas urease yang lebih baik. Hal tersebut semakin memperkuat bahwa kompos dapat memperbaiki lingkungan tanah setempat melalui mekanisme pengeliminasian inhibitor yang mengganggu aktivitas urease.

Fosfor (P) merupakan unsur esensial bagi tumbuhan. Enzim fosfomonoesterasi sangat penting dalam membantu penyediaan P bagi tanaman. Fungsi penting P di dalam tumbuhan membantu proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel, serta proses lainnya di dalam tumbuhan. Unsur P dalam tanah terdapat dalam bentuk persenyawaan yang sebagian besar kondisinya tidak bisa digunakan langsung oleh tumbuhan. Fosfor dalam tanah yang diserap tumbuhan dalam bentuk ion $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-} .

Enzim fosfomonoesterase dihasilkan secara dominan pada kondisi ketersediaan fosfor yang rendah. Fosfat dibebaskan dari fosfomonoester melalui hidrolisis secara enzimatis oleh fosfomonoesterase (Ponmurugan & Gopi 2006). Ketersediaan fosfor pada sampel tanah 10 MST pada penelitian ini menunjukkan lebih tinggi dari sampel tanah yang tidak mendapatkan kompos.

Hidrolisis bahan organik oleh enzim tanah sekaligus berfungsi mengatur ekosistem dan memainkan peran penting dalam siklus hara. Aktivitas ureolitik pada tanah menjadi stabil karena proses imobilisasi koloid organik dan mineralisasi pada tanah (Makoi & Ndakidemi 2008). Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi nitrogen, amonium, dan nitrat sangat tinggi pada tanah bekas perlakuan pestisida yang diberi perlakuan pupuk setengah matang. Tingginya konsentrasi nitrogen kemungkinan besar berasal dari hasil degradasi residu yang masih tersisa dalam tanah. Hal ini tercermin dari tingginya konsentrasi nitrogen pada tanah kontrol yang tidak diberi kompos (P4). Pemberian pupuk setengah matang dengan inokulan mikroba (P1)

meningkatkan konsentrasi nitrogen dalam tanah. Pada akhir tanam, atau setelah dua bulan tanam, konsentrasi nitrogen turun secara drastis dari sekitar 50.000 menjadi sekitar 800 ppm. Dari data ini terlihat bahwa tingginya konsentrasi nitrogen di awal tanam tidak menguntungkan karena sebagian besar nitrogen yang tidak terserap oleh akar akan hilang dan kemungkinan akan mencemari air dalam tanah dan perairan umum lainnya. Konsentrasi nitrogen pada tanah bebas residu tercatat sebanyak sepuluh kali lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang mengandung residu. Pada tanah yang diberi kompos matang (P1 dan P2) konsentrasi nitrogennya cenderung lebih tinggi. Namun demikian, pada akhir tanam konsentrasi nitrogen pada semua perlakuan mengalami penurunan enam kali dari 6000 menjadi 800 sampai 1000 ppm saja.

KESIMPULAN

Pengaruh kompos lebih nyata pada tanah yang bebas residu dibanding dengan tanah yang sebelumnya menggunakan pupuk dan pestisida kimia. Pemberian kompos setengah matang yang juga ditambah dengan inokulan mikroba, berpengaruh baik pada tanah yang sebelumnya mengandalkan pupuk dan pestisida kimia.

Pemberian kompos ke tanah menjadikan terpeliharanya konsentrasi nitrogen yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, karena kompos berfungsi mempertahankan keseimbangan nitrogen yang kemudian terserap secara efisien oleh tanaman.

Pemberian rabuk kotoran ayam (P3) dapat meningkatkan konsentrasi nitrogen tanah dalam bentuk amonium. Kelebihan nitrogen pada awal tanam mengurangi efisiensi penyerapannya dan sebagian nitrogen akan hilang (*run off*) atau terjadi pencucian (*leaching*) yang bisa mengakibatkan dampak buruk mencemari lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Adiningsih SJ. & S. Rochayati. 1988. Peranan

- bahan organik dalam meningkatkan efisiensi pupuk dan produktivitas tanah. Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Pupuk. Pusat Penelitian Pertanian, Bogor.
- Arafah & MP. Sirappa. 2003. Kajian penggunaan jerami dan pupuk N, P, dan K pada lahan sawah irigasi. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 4(1):15-24.
- Beck, T., R. Ohlinger & A. Baumgarten. 1996. Substrat-Induce Respiration. Dalam: Schinner F., R. Ohlinger, E. Kandeler & R. Margesin (eds). *Methods in Soil Biology*. Springer, Berlin. 64-68.
- Gyaneshwar, P., N. Kumar, L.J. Parekh & PS. Poole. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*. 245: 83–93.
- Irsal Las, S. Rochayati, D. Setyorini, A. Mulyani & D. Subardja. 2010. Peta Penghematan Pupuk Anorganik dan Pengembangan Pupuk Organik pada Lahan Sawah Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementrian Pertanian Republik Indonesia.
- Jastrz bska, E. & J. Kucharski. 2007. Dehydrogenases, urease and phosphatases activities of soil contaminated with fungicides. *Plant Soil Environment*. 53(2): 51-57.
- 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. 171-174.
- Karaca, A., A. Baran & K. Kaktanir. 2000. The effect of compaction on urease enzyme activity, carbon dioxide evaluation, and nitrogen mineralization. *Turkey Journal for Agriculture*. 24:437-441.
- Khan, AA., G. Jilani, MS. Akhtar, SMS. Naqvi & M. Rasheed. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal Agriculture and Biological Science*. 1(1):48-58.
- Makoi, JHR. & PA. Ndakidemi. 2008. Selected soil enzymes: Examples of their potential roles in the ecosystem. *African Journal of Biotechnology*. 7(3): 181-191.
- Margesin, R. 1996. 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, Berlin. 213-217.
- Narayanamma, MS., Rami Reddy, MG. Ramakrishna Reddy & P. Ramachandra Reddy. 1985. Studies on improving the productivity of groundnut on problem soils. *Andhra Agriculture Journal*. 32: 6-8.
- Ponmurugan, P. & C. Gopi. 2006. In vitro production of growth regulators and phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria. *Journal of Biotechnology*. 5(4):348-350.
- Parker, RE. 1979. *Introductory Statistics for Biology*. Enward Arnold (Publishers) Ltd. 122.
- Pascual, JA., JL. Moreno, T. Hernandez & C. Garcia. 2002. Persistence of immobilised and total urease and phosphatase activities in soil amended with soil organic waste. *Bioresource Technology*. 82: 73-78.
- Rahmansyah, M., S. Antonius & 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
- Sarjiya, A., D. Agustyani, M. Rahmansyah & B. Martono. 2007. Development of Sustainable Agriculture: Soil Microorganisms Enzymatic Activity of Organic Farming on Jabopuncur Catchment's Area Treated with Agriculture Wastes as Biofertilizer. Proceedings International. International Seminar: Advances in Biological Science: Contribution Towards a Better Human Prosperity. Yogyakarta, 7 – 8 September 2007p 139-141.
- Schinner, F., R. Ohlinger, E. Kandeler & R.

- Margesin. 1996. *Method in Soil Biology*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Simanungkalit RDM. 2001. Aplikasi Pupuk Hayati dan Pupuk Kimia: Suatu Pendekatan Terpadu. *Buletin AgroBio*. 4(2):56-61.
- Son TN., Vu van Thu, Luu Hong Man & H. Hiraoka. 2001. Effect of organic and bio-fertilizer on quality, grain yield and soil properties of soybean under rice based cropping system. *Omonrice*. 9: 55-61.
- Thanikachalam A. & Ragarajan. 1992. Bioconversion of rice straw into protein rich feed. *Madras Agriculture Journal* 79(3): 38-141.
- Tate RL. 2000. *Soil Microbiology*. John Wiley & Sons Inc. Canada.
- Tu C., JB. Ristaino & S. Hu. 2006. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry*. 38:247-255.
- Waldrop MP., TC. Balser & MK. Firestone. 2000. Linking microbial community composition to function in a tropical soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 32(13): 1837-1846.
- Widawati S. & M. Rahmansyah. 2009. Pengaruh inokulasi bakteri terhadap pertumbuhan awal jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Biologi Indonesia*. 6(1):107-118.
- Yazdani M., MA. Bahmanyar, H. Pirdashti & MA. Esmaili. 2009. Effect of Phosphate Solubilization Microorganisms (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *World Academy of Science Engineering and Technology*. 49: 90-92.