

Pemanfaatan Bakteri Selulolitik dan Xilanolitik yang Potensial untuk Dekomposisi Jerami Padi

Hasrul Satria Nur¹, Anja Meryandini^{2,3}, dan Hamim³

Makalah diterima 14 Juli 2008 / disetujui 25 November 2008

ABSTRACT

Utilization of Potential Cellulolytic and Xilanolytic Bacteria for Decomposition of Rice Straw (H.S. Nur, A. Meryandini, and Hamim): There were 3 prospective isolates of cellulolytic bacteria resulted from the total of 31 isolates we found, i.e. C4-4, C5-1, and C11-1. Four combinations of bacteria including C4-4 + Xilanolytic (A), C5-1 + Xilanolytic (B), C11-1 + Xilanolytic (C), 45I-3 + 234P-16 (D), and control (E, without bacteria) were applied as inoculant of rice straw decomposition. In the incubation period the pH-H₂O value of C4-4 + Xilanolytic (A) and C5-1 + Xilanolytic (B) was relatively stable. The C/N ratio of all treatments decreased after 3 weeks of incubation. The C/N ratio value of A, B, C, D and E treatments were 22.48, 23.43, 27.49, 26.82, and 29.53 respectively. Decomposition rate all of combination treatments were faster than the control. The content of macro-micro nutrient of A, B, C, and D treatments increased in the end of measurement, while the control didn't. The physical characteristic of substrate after incubation was better in A and B treatments than others. The result indicated that the combination of C4-4 + Xilanolytic (A) and C5-1 + Xilanolytic (B) bacteria were the best combination for decomposition of rice straw.

Keywords: Cellulolytic, decomposition, rice straw, xilanolytic

PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) adalah sumber karbohidrat utama sebagian besar masyarakat Indonesia, namun produk samping tanaman padi belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan limbah pertanian secara optimal menjadi penting, seperti halnya pemanfaatan jerami padi untuk mengembalikan kesuburan lahan. Jerami padi merupakan sumber pupuk organik yang penting bagi petani. Produk akhir dari dekomposisi yang berupa kompos, dapat memacu keberadaan *plant growth promoting-rhizobacteria* (PGPR) dengan tersedianya sumber karbon sebagai sumber energi. Keberadaan PGPR secara langsung meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme: fiksasi nitrogen, produksi siderofor, pelarutan mineral-mineral, seperti fosfor dan sintesis fitohormon (Glick, 1995). Oleh karenanya, dekomposisi limbah merupakan topik yang menarik

dikaji guna memahami rangkaian proses untuk mendapatkan produk pengomposan yang baik. Laju dekomposisi tergantung pada kualitas substrat organik, kondisi lingkungan, sifat kimia substrat, dan aktivitas mikroorganisme (Xu dan Hirata, 2005; Haraguchi *et al.*, 2002).

Komposisi jerami padi dalam 1 mm³ terkandung C-organik 46,13%, N-total 0,52%, selulosa 32%, dan lignin 13,3% (Nandi *et al.*, 2000). Mishara *et al.* (2001) menggunakan sampel jerami padi untuk dekomposisi dan mineralisasi C, N, P dan K pada tanah perkebunan gandum. Pada jerami padi tersebut terkandung 42% C, 5,1% lignin, 40% selulosa, 22% hemiselulosa, 0,55% polifenol, 0,6% N, 0,1% P dan 1,3% K. Kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi pada substrat memberikan peluang pemanfaatan bakteri selulolitik dan xilanolitik untuk percepatan laju dekomposisi.

¹Program Studi Bioteknologi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

²Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi IPB Dramaga Bogor

³Departemen Biologi FMIPA Institut Pertanian Bogor

Korespondensi. Hasrul Satria Nur, Bag Mikrobiologi Lab Dasar FMIPA Unlam, Jl Jend. A. Yani Km 36 Banjarbaru

Kalimantan Selatan 70714, Telp/Fax 0511-4772826. Email: satrianch@yahoo.com

J. Tanah Trop., Vol. 14, No. 1, 2009: 71-80

ISSN 0852-257X

Penelitian bertujuan untuk mengisolasi bakteri selulolitik asal tanah pertanian di Jawa Barat dan Jawa Tengah serta mengkaji kemampuan bakteri selulolitik dan xilanolitik hasil seleksi (45I-3 dan 234P-16) dalam mendekomposisi jerami padi.

BAHAN DAN METODE

Isolasi dan seleksi bakteri selulolitik

Bakteri selulolitik diisolasi dari lahan pertanian di Jawa Barat (Kecamatan Majalengka, Panyingkiran, Cikalong, Dawuan, Cimande, Pedas, Losarang Inderamayu, Rengasdengklok, Tempurah, dan Gunung Sindur Bogor) dan Jawa Tengah (Kecamatan Rembang, Boyolali, Demak, dan Kebumen). Pengambilan sampel tanah secara komposit pada kedalaman 10-20 cm. Isolasi bakteri selulolitik dilakukan dengan cara membuat serangkaian pengenceran sampel tanah dan disebar pada media agar-agar *carboxymethyl cellulose* (CMC) dengan komposisi (CMC 1%, CaCl_2 0,04 g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,02 g, glukosa 0,1%, KNO_3 0,11 g, K_2HPO_4 0,02 g, ekstrak khamir 2,0 g, agar-agar 1,5%). Koloni yang ditumbuhkan selama 24-48 jam pada suhu 30 °C dimurnikan dan dihitung kemampuan pembentukan zona bening.

Hasil isolat bakteri selulolitik yang menunjukkan nilai nisbah terbesar dilanjutkan dengan uji aktivitas kemampuan produksi enzim selulase pada tiga substrat selulosa berbeda untuk melihat kompleksitas isolat bakteri dalam degradasi substrat selulosa (Cappucino dan Sherman, 2001).

Produksi selulase

Isolat bakteri selulase potensial ditumbuhkan pada media agar-agar CMC selama 48 jam pada suhu 30 °C. Bakteri diinokulasikan sebanyak 1-2 loop dalam 100 ml media CMC cair. Inkubasi dilakukan selama 5 sampai 7 hari pada inkubator bergoyang kondisi suhu ruang. Ekstrak kasar enzim diperoleh dengan mensentrifugasi kultur pada kecepatan 13.000 x g selama 15 menit untuk selulase (Heck *et al.*, 2002).

Pengujian aktivitas enzim

Ketiga jenis enzim yaitu aktivitas CMC-ase, avicelase, FP-ase diuji dengan substratnya. Aktivitas CMC-ase diukur dengan cara menambahkan larutan enzim sebanyak 1 ml dalam 1 ml substrat CMC 1,0% dalam bufer fosfat 0,2 M pH 6,5. Penentuan aktivitas avicelase dilakukan dengan cara menambahkan

larutan enzim sebanyak 2 ml dalam 2 ml substrat avicel dalam bufer fosfat 0,2 M pH 6,5. FP-ase ditentukan dengan menambahkan sebanyak 1 ml larutan enzim ke dalam 0,5 g kertas saring Whatman No.1 (1 x 6 cm²) dalam bufer fosfat pH 6,5. Inkubasi dilakukan pada suhu 50 °C selama 60 menit (Silva *et al.*, 2005; Alam *et al.*, 2004).

Jumlah gula yang diproduksi dalam supernatan ditentukan dengan metode asam dinitro salisilat (DNS) dengan glukosa sebagai standar (Miller, 1959). Aktivitas selulase dinyatakan sebagai jumlah glukosa yang dilepas dalam $\mu\text{g ml}^{-1}$ dari enzim kasar/menit (U ml^{-1}) dan diukur pada $\lambda = 540 \text{ nm}$.

Produksi *Streptomyces* sebagai inokulan

Isolat *Streptomyces* sp. 234P-16 dan 45I-3 diremajakan dalam media agar-agar xilan (ekstrak khamir 1,0%, sukrosa 10,3%, dan 0,5% *birchwood xylan*, agar-agar 1,5%). Inkubasi dilakukan selama 7-14 hari pada suhu 30 °C sampai terbentuk spora. Dua loop (berdiameter 1 cm) kultur *Streptomyces* sp. 234P-16 dan 45I-3 diinokulasikan ke dalam 100 ml media cair xilan dalam Erlenmeyer 500 ml. Inkubasi dilakukan pada inkubator bergoyang dengan agitasi 150 rpm pada suhu 30 °C selama 5 hari (Fahrurrozi, 2007; Prihandono, 2007).

Dekomposisi substrat

Substrat yang digunakan adalah jerami padi. Preparasi substrat dilakukan dengan mencacah bagian batang dan daun yang segar dengan ukuran 2-5 cm (Mishra *et al.*, 2001; Devevre dan Horwath, 2000). Kemudian substrat dimasukkan dalam kantong plastik dan disterilisasi. Banyaknya substrat yang digunakan adalah 3,0 kg/sampel. Empat kombinasi isolat bakteri yang meliputi: C4-4 + xilanolitik (A), C5-1 + xilanolitik (B), C11-1 + xilanolitik (C), 45I-3 + 234P-16 (D) serta kontrol (E, tanpa bakteri) digunakan sebagai kombinasi inokulan dalam dekomposisi jerami padi. Dekomposisi substrat dilakukan selama 6 minggu. Pengukuran parameter dekomposisi dilakukan dalam selang waktu (0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 minggu).

Parameter Dekomposisi

Beberapa parameter yang diamati dalam menilai dekomposisi substrat yang berasal dari jerami padi yaitu nisbah C/N, bobot sisa substrat, dan laju dekomposisi. Perhitungan laju dekomposisi (R) dan konstanta (k) dihitung berdasarkan rumus (Sangha *et al.*, 2006; Fioretto *et al.*, 2005; Uchida *et al.*, 2005):

$$R = \frac{X_0 - X_t}{X_t \times t}$$

$$\ln(X/X_0) = -k t$$

Keterangan: X_0 = massa awal substrat (g), X_t = massa tersisa substrat (g), t = waktu (bulan) dan k = laju dekomposisi.

Peubah-peubah yang diamati meliputi pengamatan harian, berupa suhu yang diukur pada siang hari dengan termometer. Pada minggu ke-0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 dilakukan analisis kadar C-organik dengan metode Walkley dan Black, N-total dan N-NH₄ dengan metode Mikro Kjeldahl, dan pH-H₂O dengan pH meter.

Analisis akhir dilakukan untuk menilai kematangan substrat yang meliputi unsur hara makro dan mikro (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, dan Mn). Kesemua sampel yang akan diukur dioksidasi basah dengan HNO₃ dan HClO₄. Unsur Ca, Mg, Fe, Cu dan Mn diukur dengan AAS (Atomic Absorption Spectroscopy), unsur K diukur dengan *flame fotometer* dan P diukur secara spektrofotometer. Penentuan bobot sisa, laju dekomposisi serta kondisi fisik substrat yang terjadi ditentukan pada akhir dekomposisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri dan Aktivitas Selulase

Seleksi bakteri selulolitik dari lahan pertanian di Jawa Barat dan Jawa Tengah menghasilkan tiga

isolat terpilih dari 31 isolat yang diperoleh dengan melihat nisbah selulolitik yaitu C4-4, C5-1 dan C11-1. Isolat bakteri C4-4, C5-1 dan C11-1 yang ditumbuhkan pada media CMC mempunyai aktivitas selulolitik. Keberadaan zona jernih menandakan bahwa isolat-isolat uji yang digunakan memiliki kemampuan dalam menghidrolisis substrat. Pengukuran aktivitas selulolitik dan selulase ketiga isolat disajikan pada (Tabel 1 dan Tabel 2).

Aktivitas selulase isolat C4-4, C5-1, dan C11-1 mempunyai aktivitas berbeda dalam menghidrolisis substrat. Perbedaan dalam hidrolisis substrat menunjukkan bahwa ketiga isolat memiliki karakter berbeda dalam aktivitas enzimnya. Lemos *et al.* (2003) menyatakan bahwa mikroba selulolitik adalah mikroba yang mempunyai enzim untuk menghidrolisis selulosa dan kristalin selulosa. Ada tiga enzim selulase yang berperan dalam hidrolisis, yaitu (1) endo-1,4-β-D-glukanase (EG; EC 3.2.1.4) yang bekerja secara acak sepanjang rantai selulosa menghasilkan situs baru untuk selobiohidrolase, (2) ekso-1,4-β-D-glukan (CBH; EC 3.2.1.91) yang bekerja sebagai eksoglukanase melepas selobiosa sebagai produk utama, dan (3) 1,4-β-D-glukosidase (EC 3.2.1.21) yang menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa (Jorgensen *et al.*, 2003).

Perubahan pH-H₂O dan Kadar Amonium Substrat (NH₄⁺)

Nilai derajat keasaman (pH) substrat selama dekomposisi berlangsung menunjukkan profil berbeda. Profil pH perlakuan A mencapai puncak pada minggu ke-3 (8,89), B tercapai minggu ke-2

Tabel 1. Nisbah selulolitik isolat bakteri C4-4, C5-1, dan C11-1.

Isolat	Diameter koloni (cm)	Diameter zona bening (cm)	Nisbah selulolitik
C4-4	0,3	1,2	3,0
C5-1	0,2	1,3	5,5
C11-1	0,5	1,6	2,2

Tabel 2. Aktivitas selulase isolat bakteri C4-4, C5-1, dan C11-1 pada suhu 50 °C dan pH 6,5

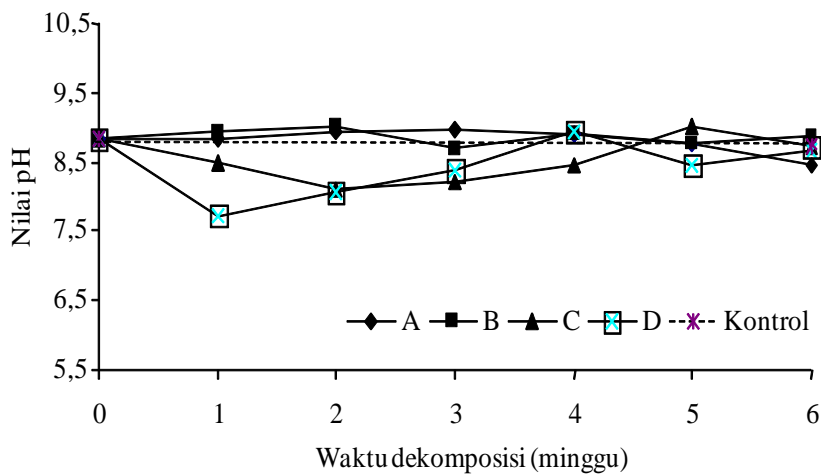
Isolat	Aktivitas Unit (nkat ml ⁻¹)		
	Carboxy methyl cellulase	Avicelase	Filter paperase
C4-4	0,0766	0,0146	0,0143
C5-1	0,0043	0,0283	-
C11-1	0,1083	0,0238	0,0200

(9,01), C terjadi minggu ke-5 (9,00), dan D dengan nilai pH 8,94 minggu ke-4 (Gambar 1). Hasil ini menunjukkan bahwa semua perlakuan inokulan bakteri selulolitik dan xilanolitik selama dekomposisi mempunyai kisaran pH dalam suasana alkalin. Hal ini terlihat diakhir dekomposisi semua perlakuan memiliki nilai kisaran pH antara 8,45 – 8,74.

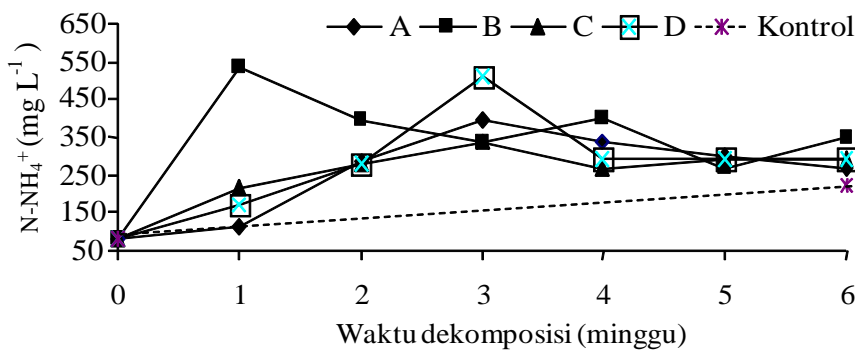
Kondisi pH alkalin mempunyai dampak yang baik dalam dekomposisi. Hal ini terlihat dari penelitian Heerden *et al.* (2002) yang menggunakan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dalam pengomposan limbah jeruk untuk menyesuaikan tingkat pH substrat. Perlakuan ini bertujuan untuk meningkatkan suasana pH substrat yang bersifat asidik menjadi alkalin, sehingga dengan demikian kondisi ikatan lignin-selulosa menjadi lebih mudah untuk dipecah oleh

enzim yang diproduksi mikroba selulolitik. Bertoldi *et al.* (1983) menyarankan bahwa pH optimum dalam pengomposan berkisar antara 5,5 dan 8,0, dikarenakan pH merupakan salah satu karakteristik penting dari proses pengomposan. Selama pengomposan terjadi mineralisasi nitrogen organik menjadi nitrogen amonia yang menyebabkan nilai pH meningkat, sedangkan penurunan pH disebabkan oleh produksi asam-asam organik yang meningkat atau proses nitrifikasi. Perubahan nilai pH juga dipengaruhi oleh pertukaran ion amonium.

Hasil pengukuran kadar amonium (N-NH_4^+) selama enam minggu dekomposisi substrat jerami padi memperlihatkan pola perubahan amonium dari setiap kombinasi perlakuan. Penurunan amonium masing-masing perlakuan berlangsung di minggu ke-



Gambar 1. Profil derajat keasaman (pH) substrat selama dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.



Gambar 2. Profil kadar amonium (N-NH_4^+) substrat selama dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.

3 dan ke-4 dekomposisi. Hal ini ditunjukkan oleh penurunan N-NH₄⁺ setiap perlakuan. Pada perlakuan A, C, dan D penurunan berlangsung di minggu ke-4 yaitu 338,10 mgL⁻¹, 264,60 mgL⁻¹, dan 294,00 mgL⁻¹, sedangkan perlakuan B kadar amonium mengalami penurunan 338,10 mgL⁻¹ (Gambar 2).

Perubahan amonium berhubungan dengan nilai pH, pada derajat keasaman yang rendah ion amonium bersaing dengan ion hidrogen diantara situs pertukaran. Akan tetapi, pada pH yang tinggi ion amonium ditransformasi menjadi gas amonia. Kithome *et al.* (1998) membuktikan bahwa dengan percobaan variasi pH antara 4 dan 7, sebagian besar amonium diadsorbsi pada pH 7. Lebih lanjut Tiquia *et al.* (1997) menyatakan bahwa kehilangan atau penurunan dalam N-NH₄⁺ merupakan indikator kematangan dan baiknya pengomposan. Penurunan konsentrasi amonium dihasilkan melalui volatilisasi amonia, rendahnya intensitas degradasi material organik, dan penggunaan sumber nitrogen yang sedikit. Peningkatan konsentrasi amonium pada awal pengomposan menandakan intensitas degradasi material organik dan amonium dihasilkan melalui mineralisasi N-organik tersebut. Di samping itu peningkatan jumlah amonium juga dapat menghambat aktivitas mikroba (Sanchez-Monedero *et al.*, 2001).

Kandungan C-organik dan N-total

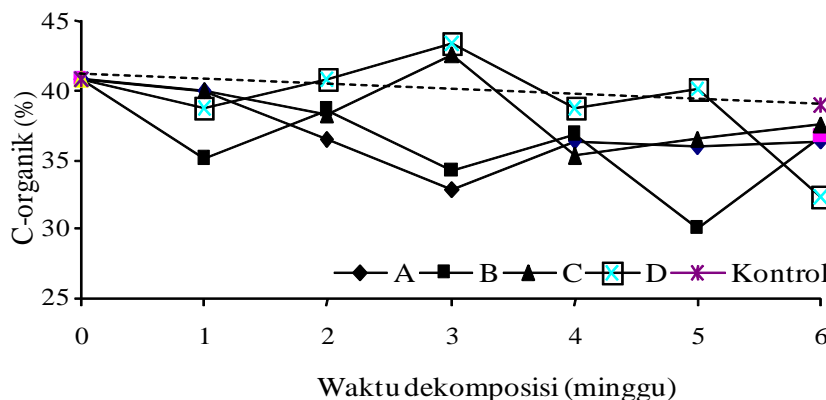
Kandungan C-organik pada substrat jerami padi yang mendapat perlakuan kombinasi isolat C4-4 + xilanolitik (A) yaitu 39,9% pada minggu ke-1, mengalami penurunan di minggu ke-3 kemudian relatif stabil hingga akhir proses. Perlakuan C5-1 + xilanolitik (B), kandungan C-organik meningkat

minggu ke-2 (38,58%) dan mengalami penurunan 30,13% pada minggu ke-5. Demikian halnya terhadap perlakuan C11-1 + xilanolitik (C), dan 45I3+234P-16 (D) juga mengalami peningkatan C-organik pada minggu ke-3 sebesar 42,53% dan 43,38%, selanjutnya mengalami penurunan (Gambar 3).

Penurunan kandungan C-organik merupakan indikator yang menandakan bahwa dekomposisi berlangsung. Goyal *et al.* (2005) melaporkan bahwa selama pengomposan bahan organik terjadi perubahan total kandungan C-organik. Atkinson *et al.* (1996) menyatakan bahwa perubahan C-organik disebabkan oleh hilangnya karbon sebagai karbon dioksida. Untuk perlakuan B menunjukkan peningkatan C-organik di akhir proses. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi isolat tersebut bersifat kemoheterotrof. Dekomposisi senyawa karbon pada pengomposan bergantung pada aktivitas mikroba yang berperan. Karbon dioksida yang dibebaskan melalui oksidasi dalam pengomposan menggambarkan tingkat aktivitas mikroba (Barrigton *et al.*, 2002).

Nilai N-total masing-masing kombinasi inokulan selama dekomposisi cenderung bervariasi. Hal ini digambarkan dari perlakuan C4-4 + xilanolitik (A) dan C5-1 + xilanolitik (B) dengan penurunan N-total setelah minggu ke-4 1,53% dan 1,37%. Pada perlakuan C11-1 + xilanolitik (C) kandungan N-total meningkat hingga akhir dekomposisi 1,75%, tetapi pada 45I3+234P-16 (D) kandungan N-total mengalami penurunan pada akhir dekomposisi dengan konsentrasi N-total 1,29% (Gambar 4).

Penurunan kandungan N-total pada pengomposan disebabkan oleh bentuk N yang hilang



Gambar 3. Profil C-organik substrat selama dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.

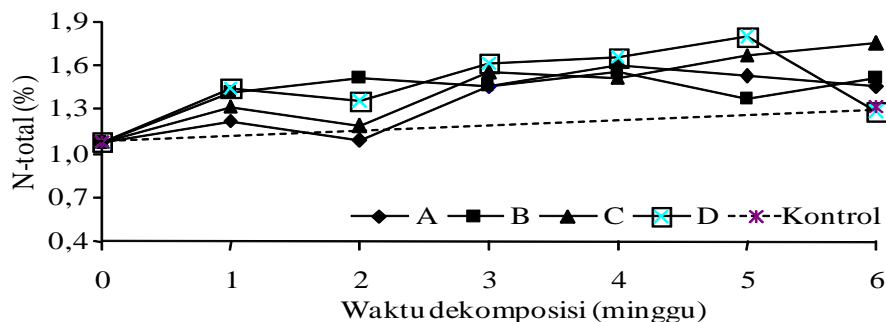
dalam bentuk amonia, tipe bahan yang dikomposkan, dan rasio C/N substrat (Goyal *et al.*, 2005). Sutanto (2002) menyatakan bahwa mikroba yang berperan dalam dekomposisi akan mengikat nitrogen, tetapi tergantung pada ketersediaan karbon. Jika ketersediaan karbon terbatas (rasio C/N rendah) tidak cukup senyawa karbon sebagai sumber energi yang dimanfaatkan mikroba untuk mengikat seluruh nitrogen bebas. Dalam hal ini jumlah nitrogen bebas dilepaskan dalam bentuk gas NH_3^+ . Dan bila ketersediaan karbon berlebih (rasio C/N tinggi) jumlah nitrogen sangat terbatas, sehingga merupakan faktor pembatas pertumbuhan mikroba.

Rasio C/N dan Suhu Dekomposisi

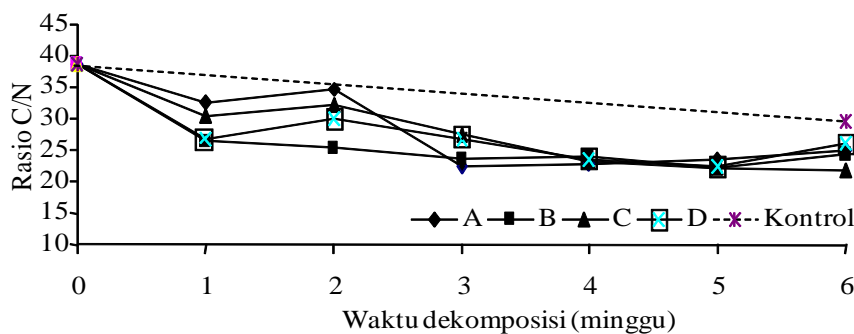
Penurunan nilai rasio C/N semua perlakuan terjadi pada minggu ke-3 dekomposisi. Hal ini terlihat dari penurunan nisbah C/N dari perlakuan A, B, C, D menjadi berturut-turut 22,48, 23,43, 27,49, dan 26,82 (Gambar 5). Rasio C/N merupakan salah satu karakteristik utama yang digunakan dalam

pengomposan, namun tidak dapat digunakan sebagai indikator mutlak dikarenakan adanya variasi yang mempengaruhi dalam pengomposan tersebut, seperti komposisi substrat yang dikomposkan (Abdelhamid *et al.*, 2004).

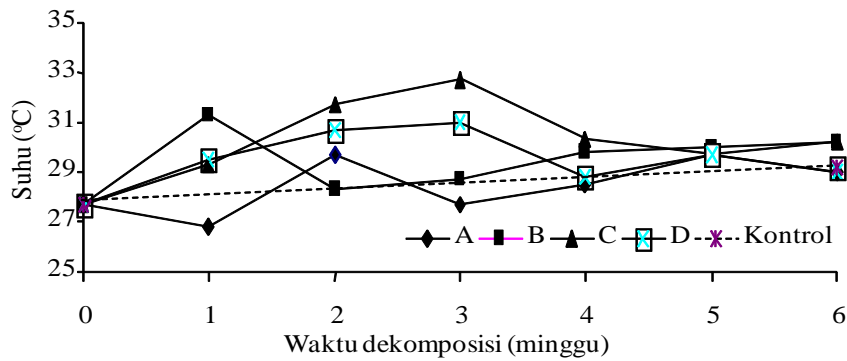
Hasil pengukuran suhu selama 6 minggu dekomposisi menunjukkan suhu yang berbeda diantara perlakuan. Peningkatan suhu dekomposisi terjadi pada minggu ke-3 sebesar 32,67 °C (C) dan 31,00 °C (D). Untuk perlakuan A peningkatan suhu di minggu ke-2 dekomposisi (29,67 °C) serta perlakuan B (31,33 °C) minggu ke-1 dekomposisi. Dari hasil pengukuran suhu terlihat bahwa semua perlakuan berada dalam fase mesofilik (Gambar 6). Dalam pengomposan aerobik terdapat dua fase suhu yaitu mesofilik (23-45 °C) dan termofilik (45-65 °C). Kisaran suhu ideal untuk pengomposan adalah 55 °C-65 °C. Lebih lanjut Liang *et al.* (2003) menyatakan bahwa pada suhu pengomposan 60 °C memperlihatkan berkurangnya aktivitas mikroorganisme, tetapi pada suhu ini aktivitas mikroorganisme



Gambar 4. Profil N-total substrat selama dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.



Gambar 5. Profil rasio C/N substrat selama dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.



Gambar 6. Profil suhu substrat selama dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.

termofilik bersifat optimum. Pada suhu pengomposan di bawah 20 °C mengakibatkan aktivitas dekomposisi mikroba yang rendah, bahkan proses dekomposisi terhenti.

Tidak tercapainya peningkatan suhu hingga batas ideal disebabkan oleh beberapa hal seperti kurangnya jumlah tumpukan bahan yang dikomposkan dan cara pengendalian suhu selama pengomposan. Akan tetapi, aktivitas mikroba yang diaplikasikan dalam penelitian ini terus berlangsung. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Sari (2007) dan Meryandini (2005) yang menyatakan bahwa isolat-isolat yang digunakan dalam aplikasi ini memiliki aktivitas enzim pada kisaran suhu yang luas. Semua isolat C4-4, C5-1, C11-1, dan 45I-3 serta 234P-16 memiliki aktivitas spesifik selulase pada kisaran suhu 30-90 °C.

Laju Dekomposisi dan Bobot Sisa Substrat

Laju dekomposisi menggambarkan aktivitas mikroba dalam pemanfaatan substrat. Dekomposisi substrat pada akhir perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda diantara kombinasi inokulan (Gambar 7). Takeda (1995) menyimpulkan bahwa dalam dekomposisi substrat dibagi ke dalam dua fase. Pada fase pertama, terjadi dekomposisi oleh mikroba terhadap senyawa yang larut dan karbohidrat yang tidak berlignin, seperti halnya selulosa dan hemiselulosa. Sementara dalam fase kedua dekomposisi, terjadi penguraian senyawa lignin dan selulosa berlignin. Lebih lanjut dinyatakan bahwa dekomposisi dipengaruhi oleh sifat fisiko-kimia substrat dan faktor-faktor lingkungan tempat dekomposisi berlangsung. Pada umumnya substrat dengan tingkat hara tinggi, seperti halnya kandungan nitrogen mampu mempercepat proses dekomposisi.

Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan positif antara konsentrasi awal nitrogen dengan laju dekomposisi (Mfilinge *et al.*, 2002).

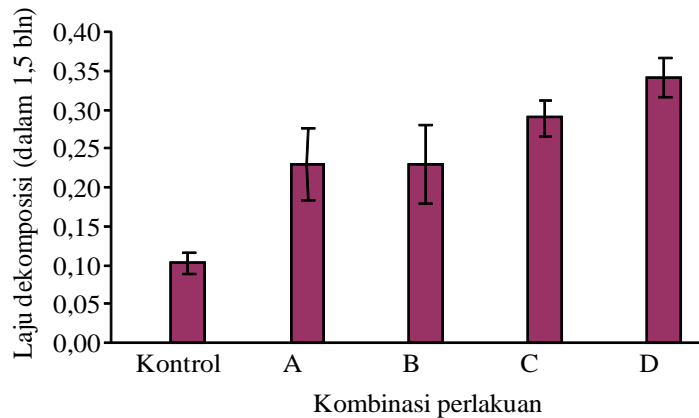
Bobot sisa substrat pada akhir dekomposisi memperlihatkan persentase berbeda di antara kombinasi inokulan dengan kontrol. Bobot sisa bahan kontrol menunjukkan persentase sebesar 84,45%, C4-4 + xilanolitik, C5-1 + xilanolitik dengan persentase yang sama 65,56%, C11-1 + xilanolitik 56,67%, dan 45I3+234P-16 48,89% (Gambar 8).

Penyusutan bobot dapat disebabkan oleh terjadinya perombakan bahan oleh mikroba sehingga kadar air bahan berkurang dan akibat panas yang ditimbulkan selama pengomposan, sehingga terjadinya penguapan. Persentase penyusutan bobot yang tinggi menghasilkan persentase bobot kompos yang rendah, sebaliknya penurunan kompos yang rendah menghasilkan prosentase bobot kompos yang tinggi. Menurut Dalzel *et al.* (1987), dalam perombakan bahan organik mikroba membutuhkan air dan oksigen dari udara dan hara dari bahan organik sebagai sumber energi. Selanjutnya akan melepaskan CO₂, air, dan energi panas sehingga menyebabkan bobot bahan semakin berkurang.

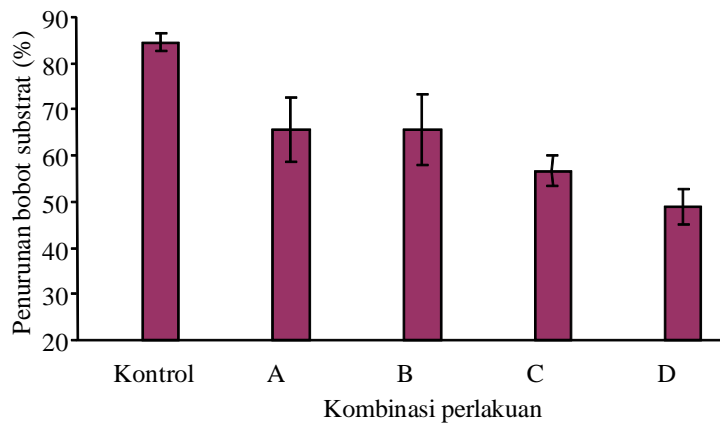
Kandungan Hara Makro-Mikro dan Kondisi Fisik Substrat

Perubahan kandungan hara makro-mikro setiap perlakuan A, B, C, dan D menunjukkan peningkatan dibandingkan kontrol, menandakan terjadinya mineralisasi selama dekomposisi, sehingga hara makro dan mikro menjadi terlepas dan tersedia (Tabel 3).

Hsu dan Lo (2001) menyatakan bahwa kandungan hara substrat meningkat seiring dengan



Gambar 7 Laju dekomposisi substrat jerami padi pada akhir dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.



Gambar 8. Bobot sisa substrat jerami padi pada akhir dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.

waktu pengomposan dan berhubungan dengan kehilangan material organik. Unsur-unsur hara makro-mikro yang meningkat disebabkan oleh terlepasnya unsur yang sebelumnya terikat dalam komponen-komponen sel, contohnya nitrogen dalam protein dan magnesium dalam klorofil (Salisbury, 1995). Peningkatan kandungan hara substrat yang dikomposkan, juga sangat bergantung pada tipe pengomposan dan bahan dasar substrat. Unsur hara juga dapat menurun, disebabkan oleh adanya penguapan atau terlarut dalam air yang dihasilkan selama pengomposan. Di samping itu kondisi iklim mikro selama pengomposan juga dapat mempengaruhi perubahan kandungan unsur hara kompos.

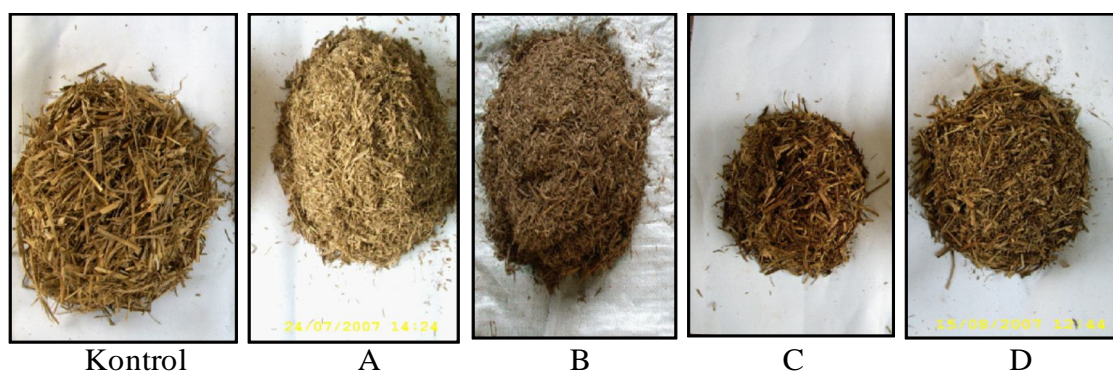
Kondisi fisik substrat selama dekomposisi menunjukkan perubahan. Hal ini dapat dilihat adanya

perubahan bentuk dan warna substrat (Gambar 9). Pengamatan terhadap kondisi fisik yang dilakukan dengan pengamatan visual terlihat bahwa struktur substrat semua perlakuan A, B, C, dan D menunjukkan struktur yang hancur dibandingkan dengan kontrol.

Murbandono (2000) menyatakan bahwa penambahan mikroba dalam pengomposan dapat mempercepat proses pematangan kompos sehingga mencapai warna kematangan yang lebih cepat pula. Kematangan kompos dikatakan tercapai bila warnanya telah menjadi coklat kehitaman. Terjadinya perubahan warna menjadi lebih hitam disebabkan oleh terbentuknya senyawa humik. Stevenson (1994) menyatakan bahwa senyawa polifenol yang merupakan hasil dekomposisi senyawa lignoselulosa menjadi kuinon dan selanjutnya bereaksi dengan

Tabel 3 Kandungan hara makro-mikro substrat selama dekomposisi.

Perlakuan	Kandungan hara substrat pada akhir dekomposisi								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	------(%)-----					------(mg l ⁻¹)-----			
Kontrol	1,32	0,09	0,33	0,20	0,09	359,2	5,4	7,1	186,8
A	1,46	0,12	0,57	0,28	0,12	470,0	6,8	11,1	213,9
B	1,52	0,16	0,92	0,32	0,14	1760,0	20,3	58,6	306,6
C	1,75	0,13	0,59	0,27	0,13	1368,3	12,6	65,0	608,3
D	1,29	0,12	0,76	0,27	0,12	2228,0	17,8	44,8	680,0



Gambar 9. Kenampakan substrat jerami padi pada akhir dekomposisi. Perlakuan A adalah kombinasi isolat bakteri selulolitik C4-4 + xilanolitik; B = C5-1 + xilanolitik; C = C11-1 + xilanolitik dan D = xilanolitik.

senyawa amino membentuk asam humik atau asam fulvik yang berwarna gelap (hitam).

KESIMPULAN

Kombinasi perlakuan C4-4 + xilanolitik (A) dan C5-1 + xilanolitik (B) memberikan profil yang lebih baik terhadap beberapa parameter dekomposisi. Kedua kombinasi ini memperlihatkan pH substrat yang relatif stabil, nilai rasio C/N 22,48 untuk perlakuan (A) dan 23,43 (B), kandungan hara makro-mikro yang meningkat serta perubahan kondisi fisik substrat yang baik di akhir dekomposisi. Dengan demikian kedua kombinasi perlakuan A dan B berpeluang sebagai bioaktivator potensial untuk dekomposisi jerami padi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelhamid, M.T., T. Horiuchi, and S. Oba. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. *Biores. Technol.* 93: 183-189.

Alam, M.Z., M.A. Manchur, and M.N. Anwar. 2004. Isolation, purification, characterization of cellulolytic enzymes produced by the isolate *Streptomyces omiyaensis*. *Pakistan J. Biol. Sci.* 7(10): 1647-1653.

Atkinson, C.F., D.D. Jones, and J.J. Gauthier. 1996. Biodegradability and microbial activities during composting of poultry litter. *Poult. Sci.* 75: 608-617.

Barrington, S., D. Choiniere, M. Trigui, and W. Knight. 2002. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Biores. Technol.* 83: 189-194.

Bertoldi, M., G. Vallini, and A. Pera. 1983. The biology of composting. *Waste. Manag. Res.* 1: 157-176.

Cappuccino, J.G., and N. Sherman. 2001. *Microbiology a Laboratory Manual*. Benjamin Cumming Publisher, New York.

Dalzel, H.W., A.J. Biddlestone, K.R. Gray and K. Thurairajan. 1987. Soil management: compost production and use in tropical and sub tropical environments. *FAO, Rome. Soil Bull.* 56: 175-177.

Devevre, O.C., and W.R. Horwarth. 2000. Decomposition of rice straw and microbial carbon use efficiency under different soil temperatures and moistures. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1773-1785.

Fahrurrozi. 2007. Pemurnian dan karakterisasi xilanase ekstraseluler dari *Streptomyces* sp. 234P-16 asal Padang. [Thesis]. Pascasarjana IPB. Bogor.

- Fioretto, A., C.D. Nardo, S. Papa, and A. Fuggi. 2005. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three litter species in Mediterranean ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 37: 1083-1091.
- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41: 109-117.
- Goyal, S., S.K. Dhull, and K.K. Kapoor. 2005. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assesment of compost maturity. *Biores. Tech.* 96:1584-1591.
- Haraguchi, A, K. Hisaya, C. Heseгава, Y. Takahashi, and T. Iyobe. 2002. Decomposition of organic matter in peat soil in Minerotrophic Mire. *Europ. J. Soil Biol.* 38: 89-95.
- Heck J.X., F.H Plinho., and A,Z.A Marco. 2002. Cellulase and xylanase production by isolated Amazon *Bacillus* strains using soybean industrial residue based solid state cultivation. *Brazil J. Microbiol.* 33: 213-218.
- Heerden, I., C. Cronje, S.H. Swart, and J.M. Kotze. 2002. Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting. *Biores. Technol.* 81:71-76.
- Hsu, J.H., and S.L. Lo. 2001. Effect of composting on characterization and leaching of Copper, Manganase, and Zinc from Swine Manure. *Environ. Poll.* 114:119-127.
- Jorgensen, H., J.P. Kutter and L. Olsson. 2003. Separation and quantification of cellulases and hemicellulases by capillary electrophoresis. *Anal. Biochem.* 317: 85-93.
- Lemos, M.A. J.A. Teixeira, M.R.M. Domingues, M. Mota, and F.M. Gama. 2003. The enhancement of the cellulolytic activity of cellobiohydrolase i and endoglucanase by the addition of cellulose binding domains derived from *Trichoderma reesei*. *Enzym Microb. Technol.* 32: 35-40.
- Kithome, M., J.W. Paul, L.M. Lavkulich, and A.A. Bomke. 1998. Kinetics of ammonium adsorption and desorption by the natural zeolite clinoptile. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62(3): 622-629.
- Liang, C., K.C. Das, and R.W. McClendon. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.* 86:131-137.
- Meryandini, A. 2005. Karakterisasi xilanase aktinomis asal Indonesia dalam upaya menggali mikroba penghasil enzim komersial. Hibah Bersaing IV. IPB Bogor.
- Mflinge, P.L.N. Atta, and M. Tsuchiya. 2002. Nutrient dynamic and leaf litter decomposition in a Subtropical Mangrove Forest at Oura Bay Okinawa. *Jpn. Tress.* 16: 172-180.
- Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
- Mishra, B., P.K. Sharma, and K.F. Bronson. 2001. Decomposition of rice straw and mineralization of carbon, nitrogen, phosphorus and potassium in wheat field soil in Western Uttar Pradesh. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 49(3): 419-424.
- Murbandono, L. 2000. Membuat Kompos. Edisi Revisi. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nandi ,N., F.H. Rahman, N.B. Sinha and J.N. Hajra. 2000. Compatibility of lignin-degrading and cellulose-decomposing fungi during decomposition of rice straw. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 48(2): 387-389.
- Prihandono, P.A. 2007. Purifikasi dan Karakterisasi **Xilanase Ekstraseluler** *Streptomyces* sp. 45I-3 Asal Kalimantan. [Thesis]. Pascasarjana IPB.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Jilid Satu. Sel: Air, Larutan, dan Permukaan. Diterjemahkan oleh D.R. Lukman dan Sumaryono. Ed ke-4. Bandung: ITB-Press.
- Sanchez-Monedero, M.A., A. Roig, C. Paredes, and M.P. Bernal. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the rutgers system and its effect on PH, EC and maturity of the composting **mixtures**. *Biores. Technol.* 78: 301-308.
- Sangha, K.K., K.J. Rajesh, and D.J. Midmore. 2006. Litter production, decomposition and nutrient release in cleared and un-cleared pasture system of Central Queensland Australia. *J. Tro. Ecol.* 22: 177-189.
- Sari, W.W. 2007. Karakterisasi selulase bakteri asal tanah pertanian Jawa Tengah dan Jawa Barat. [Skripsi]. FMIPA IPB.
- Silva, R.D., E.S. Lago, W.M. Carolina, M.M. Mariana, K.P. Yong, and G. Eleni. 2005. Production of xylanase and CMC-ase on solid state fermentation in different residues by *Thermoascus eurantiacus* miehe. *Brazilian J. Microbiol.* 36: 235-241.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction. John Wiley & Sons. New York.
- Sutanto, R. 2002. Pertanian Organik Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Takeda, H. 1995. A 5 Year Study of Litter decomposition process in a chamaecyparis obtuse. *Endl. For. Ecol. Res.* 10: 95-104.
- Tiquia, S.M., N.F.Y. Tam, and I.J. Hodkiss. 1997. Effects of Turning Frequency on Composting of Spent Pig-manure Sawdust Litter. *Biores. Technol.* 62: 37-42.
- Uchida, M., M. Wenhong, N. Takayuki, T. Yuki, H. Takao, and K. Horikoshi. 2005. Microbial activity and litter decompositon under snow cover in a cool-temperate broad-leaved deciduous-forest. *Agric. Forest Meteor.* 134: 102-109.
- Xu., X. dan E. Hirata. 2005. Decomposition patterns of leaf litter of seven common canopy species in a subtropical forest: N and P dynamics. *Plant Soil.* 273: 279-289.