

UJI DEGRADASI SELULOSA DARI JAMUR TANAH HUTAN BEKAS TERBAKAR WANARISSET-SEMBOJA, KALIMANTAN TIMUR

Suciatmih

Bidang Mikrobiologi, Puslit Biologi – LIPI
Jl. Ir. H. Juanda 18, Bogor

ABSTRACT

In order to know the effect of isolation method on the occurrence and capability of soil fungi to degrade cellulose, a study was conducted in an over-burned forest in Wanariset-Semboja, East Kalimantan. Soil fungi were isolated using three isolation methods: incubation at 45° C, treatment with 50% ethanol for 15 minutes, and heat treatment at 70° C for 15 minutes. Plates for heat incubation and for other methods were incubated at 45° C and 27° C for three days, respectively. Cellulose degradation test of isolated fungi was examined using Carboxy Methyl Cellulose (CMC) media. Results showed that isolation method affected diversity and population of soil fungi. Heat treatment at 70° C for 15 minutes appeared to have highest diversity and population of soil fungi. *Eupenicillium javanicum* var *javanicum* (van Veyma) Stolk & Scott, *Talaromyces byssoclamydoides* Stolk & Samson, *T. flavus* (Klocker) Stolk & Samson, *T. stipitatus* C.R. Benjamin, and *Penicillium argillaceum* Stolk et al. were dominant in an over-burned forest in Wanariset-Semboja, East Kalimantan. Twenty-one isolated fungi degraded cellulose.

Key words: cellulose degradation, diversity, population, soil fungi

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dapat terjadi di mana saja. Di Indonesia, kebakaran hutan biasanya terjadi pada musim kemarau. Kawasan hutan luas terutama yang ada di Sumatra dan Kalimantan setiap tahunnya mengalami kebakaran. Kebakaran hutan yang terjadi pada tahun 1997–1998, merusak paling sedikit 2 juta ha hutan di Indonesia.

Kebakaran hutan dapat menyebabkan kehilangan keanekaragaman hayati dan bisa mengubah kekayaan fisika-kimia tanah sehingga akan memengaruhi komposisi mikroba tanah. Jamur tanah merupakan salah satu mikroba tanah yang mempunyai peranan besar pada siklus bahan makanan yang selanjutnya akan menentukan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Suciatmih (2001) melaporkan bahwa kelompok jamur tanah yang tergolong marga *Acremonium*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Cunninghamella*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, dan *Trichoderma* dapat melarutkan fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dan mendegradasi selulosa.

Hutan yang berada di kawasan Wanariset-Semboja, Kalimantan Timur telah mengalami kebakaran besar sebanyak tiga kali, yaitu pada tahun 1982–1983; 1994–1995; dan 1997–1998. Untuk melihat keanekaragaman jamur tanah pada hutan yang mengalami kebakaran maka dilakukan inventarisasi jamur tersebut dengan menggunakan tiga metode isolasi yang berbeda. Dilakukan pula uji degradasi selulosa dari jamur yang berhasil diisolasi. Informasi yang diperoleh diharapkan dapat membantu upaya pendayagunaan

jamur tersebut dalam kaitannya meningkatkan kesuburan tanah guna menunjang usaha reklamasi lahan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Keadaan Tempat

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada bulan Agustus 2003 pada petak permanen (150 m × 700 m) yang dibuat pada tahun 1979 dan telah mengalami kebakaran besar sebanyak 3 kali. Petak permanen tersebut berada di kawasan hutan pamah Wanariset yang dikelola oleh Loka Litbang Satwa Primata Semboja, Kalimantan Timur. Kawasan ini berada 1,6 km dari simpang Semoy pada km 38 jalan Balikpapan–Samarinda. Hasil pencacahan tumbuhan yang dilakukan oleh Simbolon *dkk.* (2003) memperlihatkan bahwa petak penelitian berdasarkan total basal area didominasi oleh *Pholidocarpus majadum* (Arecaceae), *Eusideroxylon zwageri* (Lauraceae), dan *Dipterocarpus cornutus* (Dipterocarpaceae). Berdasarkan jumlah individunya, petak penelitian didominasi oleh *Pholidocarpus majadum*, *Macaranga gigantea*, *Diospyros borneensis* dan *Mallotus paniculatus*.

Dari petak permanen (150 m × 700 m) diambil ± 1 ha (150 m × 70 m) sebagai petak contoh. Petak contoh (150 m × 70 m) kemudian dibagi menjadi ± 100 anak-petak berukuran 10 m × 10 m. Dari petak contoh tersebut, diambil 12% luasan (12 anak-petak) secara acak untuk pengamatan jamur tanah dengan cara membuat “petak-sampling” yang berada di tengah anak-petak dan berukuran 2 m × 2 m.

Setelah bahan organik dibuang, contoh tanah diambil dari beberapa tempat pada masing-masing “petak-sampling” kemudian dicampur dan dibungkus dalam kantong plastik. Contoh tanah selanjutnya dikeringanginkan lalu diayak.

Isolasi Jamur

Untuk mendapatkan banyak jenis, jamur tanah diisolasi dengan menggunakan tiga metode isolasi, yaitu inkubasi pada temperatur 45° C, perlakuan dalam alkohol 50% selama 15 menit, dan perlakuan pemanasan pada temperatur 70° C selama 15 menit. Kedua metode terakhir diinkubasi pada temperatur ruang (27–28° C). Masa inkubasi ke tiga metode tersebut adalah masing-masing tiga hari. Pengenceran 10⁻³ digunakan untuk mengisolasi jamur pada perlakuan dalam alkohol 50% selama 15 menit dan pemanasan pada temperatur 70° C selama 15 menit, sedangkan isolasi jamur untuk perlakuan inkubasi pada temperatur 45° C menggunakan pengenceran 10⁻¹. Masing-masing contoh tanah yang diuji diulang 2 kali. Media yang digunakan untuk mengisolasi jamur adalah *Potato dextrose agar* (PDA) yang mengandung 0,01 g/liter streptomycine dan 0,01 g/liter amcillin. Koloni tunggal pada masing-masing cawan petri diambil dan ditrasfer ke media PDA.

Identifikasi Jamur

Isolat tunggal dari jamur kemudian diidentifikasi secara morfologi meliputi pengamatan makroskopis dan mikroskopis dengan mengacu referensi dari Domsch *et al.* (1980), Carmichael *et al.* (1980), dan Ellis (1993). Pengamatan makroskopis jamur meliputi: 1. pemeriksaan warna dan permukaan koloni (granular; seperti tepung; menggunung; licin; ada atau tidak adanya tetes-tetes eksudat); 2. ada atau tidak adanya garis-garis radial dari pusat koloni ke arah tepi koloni; dan 3. ada atau tidak adanya lingkaran konsentris. Pengamatan mikroskopis jamur meliputi: 1. ada atau tidak adanya septum pada hifa; 2. pigmentasi hifa (tidak berwarna atau berwarna gelap); 3. bentuk hifa (seperti spiral, bernodul, atau mempunyai rizoid); dan 4. ukuran, warna, hiasan, dan bentuk spora atau konidia.

Uji Degradasi Selulosa

Untuk melihat kemampuan jamur mendegradasi selulosa, masing-masing jenis jamur yang terisolasi ditumbuhkan pada cawan Petri berisi media *carboxy methyl cellulose* (CMC) dan diinkubasi pada temperatur ruang (27–28° C) selama 3 hari. Masing-masing jenis jamur yang diuji diulang 2 kali. Agar pembentukan zona bening menjadi lebih jelas dilakukan pewarnaan dengan menggunakan *congo red* (0,1%) (Teather dan Wood, 1981).

Selanjutnya dihitung nisbah antara diameter zona bening medium terhadap diameter koloni jamur.

HASIL

Tabel 1 memperlihatkan bahwa rerata populasi jamur yang terisolasi di hutan Wanariset-Semboja dengan menggunakan tiga metode isolasi adalah 2,08 10³–9,41 10³ cfu/g tanah kering. Metode isolasi dengan perlakuan pemanasan pada temperatur 70° C selama 15 menit menghasilkan populasi jamur terbesar (9,41 × 10³ cfu/g tanah kering) dan berbeda nyata (p < 0,05), baik dengan metode inkubasi pada temperatur 45° C maupun metode perlakuan dalam alkohol 50% selama 15 menit.

Tabel 1. Populasi jamur tanah pada berbagai metode isolasi

Perlakuan	Populasi jamur tanah (cfu/g tanah kering)
Alkohol 50%	2,08 × 10 ³ b
Inkubasi pada temperatur 45° C	2,10 × 10 ³ b
Pemanasan pada temperatur 70° C	9,41 × 10 ³ a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (p < 0,05) dengan uji LSD.

Metode isolasi dengan pemanasan pada temperatur 70° C menghasilkan jumlah jenis jamur paling banyak pula, yaitu 17, sedangkan metode inkubasi pada temperatur 45° C dan perlakuan dengan alkohol 50% masing-masing adalah 16 dan 15 jenis jamur (Tabel 2).

Dua puluh enam jenis jamur yang termasuk dalam 12 marga (genus) diidentifikasi dan diklasifikasikan ke dalam 13 jenis dari 4 marga termasuk dalam Ascomycotina, 8 jenis dari 3 marga termasuk dalam Deuteromycotina, 4 jenis dari 4 marga termasuk dalam Zygomycotina, dan 1 jenis dalam 1 marga termasuk dalam Basidiomycotina.

Berdasarkan penelitian ini diketahui ada 16 jenis jamur termofilik (jamur yang dapat tumbuh dan bersporulasi pada suhu 45° C). Jamur-jamur tersebut adalah *Eupenicillium javanicum* var *javanicum*, *Eupenicillium* sp., *Neosartorya glabra*, *Talaromyces bacillisporus*, *T. byssoclamydoides*, *T. flavus*, *T. stipitatus*, *T. wortmannii*, *Talaromyces* sp., *Aspergillus candidus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Penicillium argillaceum*., *Absidia corymbifera* dan *Mucor* sp.

Dari 26 jenis jamur yang terisolasi di hutan Wanariset-Semboja, 21 jenis jamur diketahui mampu mendegradasi selulosa. Dibandingkan dengan jamur lainnya, aktivitas selulolitik kualitatif jamur *A. candidus* Link adalah paling tinggi (1,58) diikuti oleh *Talaromyces bacillisporus* (1,20) (Tabel 3).

Tabel 2. Jamur tanah pada berbagai metode isolasi

No.	Jenis jamur	Metode isolasi			Frekuensi (%) ^a
		Alkohol	45° C	70° C	
Ascomycotina					
1	<i>Byssoclamis</i> sp.	1 ^b	-	-	1,4
2	<i>Eupenicillium brefeldianum</i> (Dodge) Stolk & Scott	10	-	1	15,3
3	<i>E. javanicum</i> var <i>javanicum</i> (van Veyma) Stolk & Scott	17	7	1	34,7
4	<i>Eupenicillium</i> sp.	5	2	2	12,5
5	<i>Neosartorya glabra</i> (Fennell & Raper) Kozakiewicz	-	12	8	27,8
6	<i>N. quadricincta</i> (Yuill) Malloch & Cain	1	-	-	1,4
7	<i>Talaromyces bacillisporus</i> C.R. Benjamin	-	7	1	11,1
8	<i>T. byssochlamydoideus</i> Stolk & Samson	11	18	2	43,1
9	<i>T. flavus</i> (Klocker) Stolk & Samson	17	1	21	54,2
10	<i>T. ohioensis</i> Pitt	1	-	-	1,4
11	<i>T. stipitatus</i> C.R. Benjamin	2	11	19	44,4
12	<i>T. wortmannii</i> C.R. Benj. In Stolk & Samson	6	3	-	12,5
13	<i>Talaromyces</i> sp.	4	1	2	9,7
Basidiomycotina					
14	<i>Rhizoctonia</i> sp.	1	-	3	5,6
Deuteromycotina					
15	<i>A. candidus</i> Link	-	2	-	2,8
16	<i>A. flavus</i> Link	-	5	1	8,3
17	<i>A. fumigatus</i> Fres.	2	-	-	2,8
18	<i>A. niger</i> van Tiegh.	-	2	1	4,2
19	<i>A. terreus</i> Thom	-	3	-	4,2
20	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzich	6	-	-	8,3
21	<i>Penicillium argillaceum</i> Stolk et al.	5	12	1	25,0
22	<i>Penicillium</i> sp.	-	-	5	6,9
Zygomycotina					
23	<i>Absidia corymbifera</i> (Cohn) Sacc. & Trotter	-	1	-	1,4
24	<i>Gongronella butleri</i> (Lend.) Peyr. & Dal Vesco	-	-	3	4,2
25	<i>Mucor</i> sp.	-	2	10	16,7
26	<i>Rhizopus</i> sp.	-	-	1	1,4
27	Tidak teridentifikasi	5	4	12	29,2
Jumlah total isolat		94	99	94	
Jumlah sampel		24	24	24	72

Keterangan: a = jumlah jamur yang terisolasi dari tiga metode isolasi/jumlah total sampel × 100%

b = jumlah jamur yang terisolasi pada masing-masing metode isolasi

PEMBAHASAN

Hasil rerata populasi jamur yang terisolasi di hutan Wanariset-Semboja dengan menggunakan tiga metode isolasi ($2,08 \times 10^3 - 9,41 \times 10^3$ cfu/g tanah kering) lebih besar dari hasil yang dilaporkan oleh Suciati (2006) pada hutan bekas terbakar di Bukit Bangkirai, Kalimantan Timur dengan menggunakan metode pengenceran standar ($1,28 \times 10^2 - 2,09 \times 10^2$ cfu/g tanah kering). Rerata populasi jamur tanah yang terisolasi merupakan refleksi dari metode isolasi yang digunakan.

Dua puluh enam jenis jamur yang terisolasi dalam penelitian ini adalah umum dan merupakan jamur tanah yang khas dan telah banyak dilaporkan secara meluas (Ito dan Nakagiri, 1997a dan 1997b; Ito et al., 1999; Suciati, 1999; Ito et al., 2001; Suciati, 2006).

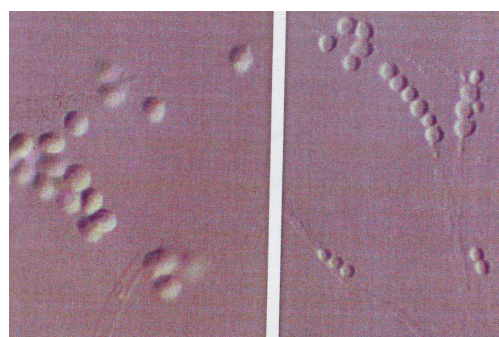
Empat marga jamur dari Ascomycotina ditemukan dalam penelitian ini. Di antara empat marga jamur tersebut, *Talaromyces* merupakan marga jamur yang banyak ditemukan, yaitu 7 jenis diikuti *Eupenicillium* dan *Neosartorya* masing-masing adalah 3 dan 2 jenis.

Tabel 3. Aktivitas selulolitik kualitatif dari jamur tanah pada media CMC

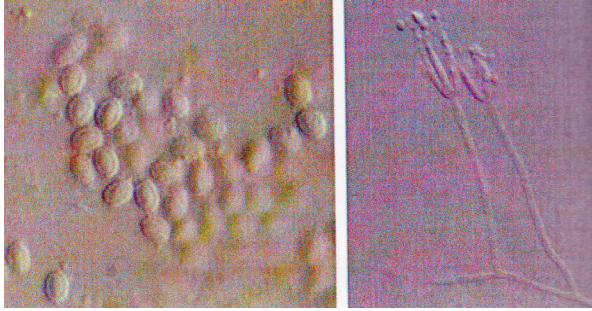
No	Jenis jamur	Aktivitas selulolitik ZB/KJ (3 hari)
Ascomycotina		
1	<i>Byssoclamis</i> sp.	0,44
2	<i>Eupenicillium brefeldianum</i> (Dodge) Stolk & Scott	0,42
3	<i>E. javanicum</i> var <i>javanicum</i> (van Veyma) Stolk & Scott	0,89
4	<i>Eupenicillium</i> sp.	1,08
5	<i>Neosartorya glabra</i> (Fennell&Raper)Kozakiewicz	0,40
6	<i>N. guadicinta</i> (Yuill) Malloch & Cain	0,30
7	<i>Talaromyces bacillisporus</i> C.R. Benjamin	1,20
8	<i>T. byssoclamydoides</i> Stolk & Samson	0,38
9	<i>T. flavus</i> (Klocker) Stolk & Samson	0,88
10	<i>T. ohiensis</i> Pitt	0,92
11	<i>T. stipitatus</i> C.R. Benjamin	0,38
12	<i>T. wortmannii</i> C.R. Benj. In Stolk & Samson	0,30
13	<i>Talaromyces</i> sp.	-
Basidiomycetes		
14	<i>Rhizoctonia</i> sp.	0,88
Deuteromycotina		
15	<i>A. candidus</i> Link	1,58
16	<i>A. flavus</i> Link	0,44
17	<i>A. fumigatus</i> Fres.	1,09
18	<i>A. niger</i> van Tiegh.	1,09
19	<i>A. terreus</i> Thom	-
20	<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penzich	1,09
21	<i>Penicillium argillaceum</i> Stolk et al.	1,09
22	<i>Penicillium</i> sp.	0,30
Zygomycotina		
23	<i>Absidia corymbifera</i> (Cohn) Sacc. & Trotter	-
24	<i>Gongronella butleri</i> (Lend.)Peyr.&Dal Vesco	0,92
25	<i>Mucor</i> sp.	-
26	<i>Rhizopus</i> sp.	-

Keterangan: ZB = zona bening; KJ = koloni jamur

Frekuensi keterdapatn jamur-jamur seperti *E. javanicum* var *javanicum* (34,7%) (Gambar 1), *T. byssoclamydoides* (43,1%), *T. flavus* (54,2%) (Gambar 2), dan *Talaromyces stipitatus* (44,4%) adalah tinggi dan semuanya terdeteksi dengan ketiga metode isolasi yang digunakan. Dengan demikian, ke empat jamur tersebut boleh dikatakan dominan di tempat ini. Jamur *T. flavus* terdeteksi dengan ketiga metode isolasi yang digunakan. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ito dan Nakagiri (1997a) pada areal mangrove di Okinawa, Jepang. Suciatmih (2006) melaporkan bahwa *Talaromyces wortmannii* ditemukan pula di hutan bekas terbakar Bukit Bangkirai.

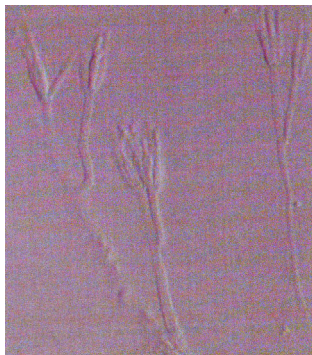


Gambar 1. Askospora *Eupenicillium javanicum* var *javanicum* (kiri) dan tingkat konidia (kanan) (Nakagiri et al., 2005)



Gambar 2. Askospora *Talaromyces flavus* (kiri) dan tingkat konidia (kanan) (Nakagiri *et al.*, 2005)

Tiga marga jamur dari Deuteromycotina yang terdeteksi dalam penelitian ini adalah *Aspergillus*, *Cladosporium*, dan *Penicillium*. *Aspergillus* merupakan marga jamur yang banyak ditemukan, yaitu 5 jenis diikuti *Penicillium* dan *Cladosporium* masing-masing adalah 2 dan 1 jenis. Frekuensi keterdapatannya jamur *Penicillium argillaceum* (Gambar 3) adalah cukup tinggi (25,0%) dan terisolasi oleh ketiga metode yang digunakan. Dapat dikatakan bahwa jamur tersebut dominan di tempat ini. Suciatmih (2006) melaporkan bahwa *A. flavus* dan *A. niger* ditemukan pula di hutan bekas terbakar Bukit Bangkirai. *Aspergillus terreus* hanya terdeteksi dengan metode inkubasi pada temperatur 45° C. Hasil yang sama dilaporkan oleh Ito dan Nakagiri (1997a) pada areal mangrove di Okinawa, Jepang.



Gambar 3. Konidia *Penicillium argillaceum* (Nakagiri *et al.*, 2005)

Empat jenis jamur dari Zygomycotina yang ditemukan di tempat ini adalah *Absidia corymbifera*, *G. butleri*, *Mucor* sp., dan *Rhizopus* sp. Dari keempat jenis jamur tersebut, tingkat keterdapatannya *Mucor* sp. adalah paling tinggi (16,7%) di tempat ini. *Absidia corymbifera* hanya terdeteksi dengan metode inkubasi pada temperatur 45° C. Hasil yang sama dilaporkan oleh Nakagiri *et al.* (2005) pada areal mangrove di Muara Angke, Jakarta. Suciatmih (2006) melaporkan

bahwa *A. corymbifera* dan *Gongronella butleri* ditemukan pula di hutan bekas terbakar Bukit Bangkirai.

Rhizoctonia sp. yang berwarna coklat kemerahan merupakan satu-satunya jenis jamur dari Basidiomycotina yang terdeteksi dalam penelitian ini. Jamur ini terisolasi dengan metode alkohol 50% dan pemanasan pada suhu 70° C. Rendahnya jamur Basidiomycotina yang terdeteksi mungkin karena metode yang digunakan tidak cocok bagi golongan jamur tersebut.

Banyaknya jamur termofilik (16 jenis) yang terisolasi tentunya sangat menggembirakan mengingat kawasan tersebut sering kali mengalami kebakaran. Jenis jamur termofilik ada kemungkinan akan tetap *survive* apabila terjadi kebakaran sehingga aktivitasnya diharapkan akan bisa berjalan sebagaimana mestinya.

Kemampuan membentuk zona bening pada substrat amorf seperti CMC menunjukkan adanya enzim endo- β -1,4-glukanase (CMC-ase) yang dapat memutuskan ikatan β -1,4-glikosida pada serat selulosa tersebut secara acak (Enari, 1983). Banyaknya jamur yang dapat mendegradasi selulosa (21 jenis) di tempat ini tentunya sangat menarik, karena jamur memainkan peranan pada siklus-C (melalui produksi CO₂) dan enzim selulasenya dapat digunakan pada banyak aplikasi bioteknologi seperti industri makanan, detergen, dan proses limbah kertas (Akiba *et al.*, 1995).

Dari hasil riset dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan tiga metode isolasi, rerata populasi jamur tanah yang terisolasi di hutan Wanariset-Semboja, Kalimantan Timur adalah $2,08 \times 10^3 - 9,41 \times 10^3$ cfu/g tanah kering. Metode isolasi dengan perlakuan pemanasan pada temperatur 70° C selama 15 menit, menghasilkan populasi ($9,41 \times 10^3$ cfu/g tanah kering) dan jumlah jenis jamur (17 jenis) terbesar.

Dari 26 jenis jamur yang terisolasi di hutan Wanariset-Semboja, 16 dan 21 jenis jamur masing-masing adalah jamur termofilik dan pendegradasi selulosa. *Eupenicillium javanicum* var *javanicum*, *T. byssoclamydoides*, *T. flavus*, *T. Stipitatus*, dan *Penicillium argillaceum* adalah jamur-jamur yang dominan di tempat ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Puslit Biologi-LIPI melalui proyek penelitian Suksesi Sekunder Hutan Pamah Pasca-Kebakaran yang telah membiayai penelitian ini. Penulis sampaikan pula terima kasih kepada Dr. Tadayoshi Ito, NBRC, Japan yang telah membantu mengidentifikasi jamur.

DAFTAR PUSTAKA

- Akiba S, Kimura Y, Yamamoto K, dan Kumagai H, 1995. Purification and characterization of a protease-resistant cellulose from *Aspergillus niger*. *J. Ferment. Bioeng* 79: 125–130.
- Carmichael JW, Kendrick WB, Connors IL, dan Sigler, L. 1980. *Genera of Hyphomycetes*. The University of Alberta Press, Canada.
- Domsch KH, Gams W, dan Anderson T. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Vol I. Academic Press, London.
- Ellis MB, 1993. *Dematiaceous Hyphomycetes*. International Mycological Institute, London.
- Enari TM, 1983. Microbial cellulases. Di dalam: Fogarty WM. (ed). *Microbial Enzymes and Biotechnology*. Appl. Science, London, 183–223.
- Ito T dan Nakagiri A, 1997a. A mycofloral study on mangrove mud in Okinawa, Japan. *IFO Research Communications* 18: 32–39.
- Ito T dan Nakagiri A, 1997b. Mycoflora of the Rhizospheres of mangrove trees. *IFO Research Communications* 18: 40–44.
- Ito T, Okane I, dan Nakagiri A, 1999. Mycoflora of the rhizosphere of *Salicornia europaea* L., a halophytic plant. *IFO Research Communications* 19: 34–40.
- Ito T, Nakagiri A, Tanticharoen M, dan Manoch L, 2001. Mycobiota of mangrove forest soil in Thailand. *IFO Research Communications* 20: 50–60.
- Nakagiri A, Okane I, Ito T, Kramadibrata K, Suciati, dan Retnowati A, 2005. *A Guidebook to Identification of Fungi Inhabiting Mangroves and Surrounding Area in Indonesia*. A Report of Global Taxonomy Initiative Pilot Study on Fungal Taxonomy.
- Simbolon H, Suciati, Suyanto A, Girmansyah D, dan Dirman, 2003. Penelitian suksesi hutan pamah pasca kebakaran, mikoriza dan mammal kecil di hutan Wanariset-Semboja, Kalimantan Timur. Laporan Perjalanan Puslit Biologi-LIPI. Bogor, 10 September 2003.
- Suciati, 1999. Keanekaragaman jamur tanah dan kemampuannya melarutkan fosfat pada lahan bekas tambang timah Singkep. *Jurnal Mikrobiologi Tropika* 2 (1 & 2): 51–54.
- Suciati, 2001. Test of lignin and cellulose decomposition and phosphate solubilization by soil fungi of gunung Halimun. *Biodiversitas Taman Nasional Gunung Halimun (I) Jurnal Ilmiah Berita Biologi Edisi Khusus* 6(5): 685–690.
- Suciati, 2006. Soil fungi in an over-burned Tropical Rain Forest in Bukit Bangkirai, East Kalimantan. *Biodiversitas* 7(1): 1–3.
- Teather RM, Wood PJ, 1981. Use of congo red-polysaccharide interactions in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from the bovine rumen. *Appl. Environ. Microbiol* 43: 777–780.

Reviewer: **Dr. Ir. Tini Surtiningsih, DEA.**