

Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Umur Tegakan Sengon di RPH Jatirejo, Kabupaten Kediri

Diversity of Soil Macrofauna at Different Stages of the Age of Sengon's Stand in Jatirejo, Kediri

SUGIYARTO

Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Diterima: 17 Mei 2000. Disetujui: 24 Juni 2000

ABSTRACT

Soil fauna have important roles on increasing and maintaining soil productivity through it's function on organic decomposition processes, and optimizing physics, chemist and biology of soil characters. The research was conducted to investigate structure of the community of soil macrofauna from different stages of the age of sengon's (*Paraserianthes falcataria*) stand in wet season of year 2000. Pit fall trap and hand-shortng methods were used to catch soil macrofauna. Sampling was done on 8 different age stages (year) of sengon plant each with triplicate repetition. Twenty-seven macrofauna species in the soil and 26 macrofauna species in soil surface were found in this study. Those species belong to the phylum of Mollusc, Annelid and Arthropod. *Pontoscolex sp* and *Lobopelta ocellifera* were species that having high important value. Similarities analysis resulting in an index of 65% indicating low level of diversity differences among soil macrofauna from different ages of the sengon stand. Simple correlation analysis indicates that macrofauna diversity in the soil was closely related with soil organic content, domination of ground vegetation and soil humidity; while macrofauna diversity of soil surface was closely related with the level of light penetration.

© 2000 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: diversity, soil macrofauna, sengon stand.

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati (biodiversitas) merupakan totalitas dari kehidupan organisme di suatu kawasan tertentu. Total biodiversitas pada suatu bentang lahan tertentu (diversitas gamma) merupakan fungsi dari diversitas lokal atau habitat tertentu (diversitas alfa) dan perbedaan komposisi spesies (diversitas beta) (Whittaker dalam Giller *et al.*, 1997). Biodiversitas tanah merupakan salah satu bentuk diversitas alfa yang sangat berperan dalam mempertahankan sekaligus meningkatkan fungsi tanah untuk menopang kehidupan di dalam dan di atasnya. Pemahaman tentang biodiversitas tanah masih sangat terbatas, baik dari segi taksonomi maupun fungsi ekologiannya. Untuk

itu diperlukan upaya untuk mengkaji dan sekaligus melestarikannya (Hagvar, 1998).

Organisme tanah dapat dikelompokkan berdasarkan pendekatan taksonomi dan fungsionalnya. Brussaard (1998) membedakan tiga kelompok fungsional organisme tanah, yaitu: biota akar (mikorizha, Rhizobium, nematoda dan lain-lain); dekomposer (mikroflora, mikrofauna dan mesofauna); dan "ecosystem engineer" (mesofauna dan makrofauna). Berbagai jenis/kelompok organisme tanah dapat menunjukkan fungsi ganda, misalnya cacing tanah yang berperan sebagai dekomposer sekaligus "ecosystem engineer". Sedangkan Wallwork (1970) mengelompokkan fauna tanah berdasarkan: ukuran tubuh (makrofauna, mesofauna dan mikrofauna), status keberadaannya di tanah

(sementara/ transien, temporer, periodik dan permanen), preferensi habitat (hidrofil, xerofil, mesofil dan lain-lain) dan aktivitasnya (karnivora, saprofit, fungifagus, fitofagus dan lain-lain).

Berbagai jenis organisme tanah yang umumnya termasuk anggota invertebrata telah banyak dilaporkan memegang peranan penting dalam proses-proses yang terjadi di dalam ekosistem, terutama di daerah tropis (Lavelle *et al.*, 1994). Dijelaskannya bahwa makrofauna tanah (fauna > 2 mm) merupakan bagian dari biodiversitas tanah yang berperan penting dalam perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah melalui proses imobilisasi dan humifikasi. Dalam proses dekomposisi bahan organik, makrofauna tanah lebih banyak berperan dalam proses fragmentasi (comminusi) serta memberikan fasilitas lingkungan (mikro habitat) yang lebih baik bagi proses dekomposisi lebih lanjut yang dilakukan oleh kelompok mesofauna dan mikro fauna tanah serta berbagai jenis bakteri dan fungi.

Diversitas makrofauna tanah dan fungsi ekosistem menunjukkan hubungan yang sangat kompleks dan belum banyak diketahui dengan pasti. Akan tetapi telah banyak dilaporkan bahwa penurunan diversitas dan perubahan peran makrofauna tanah terjadi akibat perubahan sistem penggunaan lahan seperti dari ekosistem hutan menjadi ekosistem pertanian. Tanah-tanah yang terdegradasi juga menunjukkan penurunan kompleksitas dan biomassa fauna tanah (Lavelle *et al.*, 1994). Mengingat tingginya peranan makrofauna tanah serta spesifikasi fungsinya, maka beberapa peneliti telah mempromosikan makrofauna tanah sebagai bioindikator kesehatan tanah (Doube and Schmidt, 1997).

Meskipun telah banyak laporan tentang peran makrofauna tanah dalam sistem produksi tanaman pertanian, terutama dalam sistem tradisional, tetapi perhatian pada perlunya melakukan konservasi terhadap diversitas makrofauna tanah masih sangat terbatas (Lavelle *et al.*, 1994). Banyak tema penelitian yang masih perlu dilakukan guna meningkatkan kelestarian dan daya manfaat dari makrofauna tanah. Dalam kaitannya dengan upaya perbaikan kesuburan tanah, TSBF (*Tropical Soil Biological Fertility*) antara lain telah mengidentifikasi tiga tema penelitian, yaitu: kuantifikasi struktur komunitas fauna

tanah dalam berbagai pola penggunaan lahan, deskripsi dan kuantifikasi dari peran fauna tanah dalam proses-proses utama di dalam tanah serta manipulasi komunitas fauna tanah untuk memperbaiki kesuburan tanah.

Penelitian ini dilakukan untuk menginvestigasi dan mendiskripsikan struktur komunitas makrofauna tanah pada berbagai tingkat umur tegakan sengon yang dibudidayakan secara monokultur di RPH Jatirejo, Kabupaten Kediri Jawa Timur. Di samping itu di dalam penelitian ini juga dikaji tentang beberapa variabel faktor lingkungan yang diduga terkait dengan diversitas makrofauna tanah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret tahun 2000 (musim penghujan). Penelitian lapangan dilakukan di kawasan hutan tanaman sengon (*P.falcataria*) yang termasuk dalam Resort Polisi Hutan (RPH) Jatirejo, BKPH Pare, KPH Kediri Perum Perhutani Unit II Jawa Timur. Identifikasi dan kuantifikasi makrofauna tanah dan pengukuran beberapa variabel faktor lingkungan dilakukan di Sub Laboratorium Biologi, Laboratorium Pusat MIPA UNS Surakarta.

Deskripsi Lokasi Penelitian

RPH Jatirejo terletak di daerah aliran sungai (DAS) Brantas di sebelah barat Gunung Kelud. Kondisi topografi datar/landai dengan kemiringan lahan 0-8%. Jenis tanah adalah regosol dengan bahan induk tuf vulkan intermedier. Sifat fisik tanahnya lepas, sarang, daya muat udara besar, daya muat air rendah, tidak lekat, tidak pecah dan mudah dikerjakan. Kondisi iklim termasuk tipe C menurut sistem klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson. Jenis tegakan yang diusahakan adalah sengon dengan daur 8 tahun secara monokultur, tetapi pada dua tahun pertama ditanam juga tanaman sela berupa jagung, cabe, nanas dan beberapa jenis tanaman semusim lainnya (Kuswandana, 1994).

Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini antara lain diperlukan peralatan sebagai berikut: kuadrat, cangkul, kantong tanah, pinset, botol sampel fauna tanah, perangkap Barber (pit fall trap apparatus), cawan petri, nampan plastik,

mikroskop binokuler, light-meter, higrometer, termometer, pH-meter, timbangan dan oven. Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan antara lain: formalin 4%, alkohol 70%, gliserine dan air ledeng.

Cara Kerja

Lokasi pengambilan/penangkapan sampel makrofauna tanah ditentukan secara acak pada lokasi tanaman sengon umur 0-7 tahun, masing-masing umur tegakan diambil satu blok/petak sebagai stasiun pengamatan. Pada masing-masing stasiun pengamatan tersebut diambil tiga titik sampling yang terletak minimal 10 meter dari bagian tepi petak. Masing-masing titik sampling diatur agar mempunyai jarak yang berbeda dengan posisi pohon sengon serta masing-masing saling berjauhan.

Penangkapan sampel makrofauna tanah dilakukan dengan dua metode, yaitu: metode pengambilan secara langsung dengan tangan ("*hand-shorting*") untuk fauna di dalam tanah dan metode perangkap Barber ("*pit fall trap*"). Untuk pengambilan secara langsung dilakukan dengan cara meletakkan kuadrat ukuran (30 x 30) cm pada titik sampling kemudian tanahnya digali sedalam 30 cm. Tanah galian ditampung pada kantong kain untuk kemudian dilakukan pengambilan makrofauna yang terangkut dengan menggunakan pinset. Koleksi makrofauna tanah diawetkan dengan formalin 4% di dalam botol sampel. Sedangkan metode Barber dilakukan dengan cara membuat lubang pada tanah sedalam 20 cm dan kemudian ke dalamnya dimasukkan gelas perangkap yang telah diisi dengan formalin 4% dan sedikit larutan sabun sebanyak 100 ml. Bagian atas gelas perangkap ditutup dengan seng setinggi 10 cm untuk menghindari masuknya air hujan ke dalam gelas perangkap. Perangkap tersebut dipasang selama 24 jam kemudian fauna tanah yang tertangkap dikumpulkan pada botol sampel untuk dibawa ke laboratorium.

Pada masing-masing titik sampling makrofauna tanah juga dilakukan pengukuran beberapa variabel faktor lingkungan, yaitu: penetrasi cahaya, kelembaban udara, suhu udara, suhu tanah, kelembaban tanah, pH tanah, produksi serasah sengon dan keragaman vegetasi bawah. Pengukuran variabel faktor lingkungan dilakukan pada siang hari antara pukul 12.00 sampai dengan 14.00. Produksi serasah diukur dari besarnya

serasah sengon yang tertangkap pada "*litter trap*" seluas (1 x 1) m² selama 24 jam. Analisis vegetasi bawah dilakukan dengan metode kuadrat seluas 100 m².

Analisa Data

Dari hasil identifikasi dan kuantifikasi makrofauna tanah dan vegetasi bawah dilakukan penghitungan indeks keanekaragaman/diversitas, jumlah/cacah spesies dan jumlah/cacah/dominansi individu masing-masing spesies. Indeks diversitas dihitung sebagai indeks diversitas Shanon-Wiener dengan rumus $H' = \sum p_i \ln p_i$; dimana p_i : merupakan rasio antara jumlah/dominansi individu suatu spesies dengan jumlah/dominansi total semua spesies (Cox, 1972).

Untuk mengetahui nilai penting spesies makrofauna tanah yang ditemukan, maka dihitung nilai pentingnya berdasarkan kepadatan relatif dan frekuensi relatifnya. Untuk membandingkan diversitas/tingkat keragaman makrofauna tanah pada umur tegakan yang berbeda dilakukan analisa indeks similaritas, yaitu rasio antara jumlah spesies yang sama-sama ditemukan pada kedua umur tegakan sengon dengan jumlah total spesies di kedua umur tegakan sengon yang dibandingkan. Untuk mengetahui keterkaitan antar masing-masing variabel faktor lingkungan yang diukur dengan indeks diversitas makrofauna tanah maka dilakukan analisa regresi/korelasi sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil identifikasi makrofauna tanah yang ditemukan didapatkan sebanyak 27 spesies makrofauna di dalam tanah dan 26 spesies makrofauna permukaan tanah seperti disajikan pada Tabel 1. Dari hasil klasifikasi spesies-spesies makrofauna tanah termasuk ke dalam Filum: Mollusca (Kelas: Gastropoda), Annelida (Kelas: Olygochaeta) dan Arthropoda (Kelas: Arachnida, Diplopoda, Chilopoda, Diplopoda, Crustacea dan Insecta). Di antara kelompok makrofauna tersebut kebanyakan termasuk dalam Kelas Insecta, masing-masing termasuk ke dalam Ordo: Isoptera, Orthoptera, Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Dermaptera, Tysanoptera, Hemiptera dan Lepidoptera (Elzinga, 1978; Dindal, 1990).

Tabel 1. Kelompok makrofauna dalam tanah dan permukaan tanah yang ditemukan di bawah tegakan sengon di RPH Jatirejo, Kediri.

Filum	Kelas	Ordo	Familia	Jumlah spesies		
				Dalam tanah	Permukaan tanah	
Mollusca	Gastropoda	Geophila	Achatinidae	1	0	
			Discidae	1	0	
			Arionidae	1	0	
Annelida	Chaetopoda	Olygochaeta	Megascolecidae	1	0	
			Glososcolecidae	1	0	
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Dictynidae	0	1	
			Diplopoda	Glomerida	1	0
	Chilopoda	Scutigermorpha	Scutigerae	1	0	
			Lithobiomorpha	Anopsobidae	1	0
			Geophilomorpha	Scolopendridae	1	1
	Crustacea	Isopoda	Tylidae	1	1	
			Oniscidae	1	0	
	Insecta	Isoptera	Termitidae	Termitidae	1	0
				Orthoptera	Blattidae	1
		Grillidae	2		2	
		Diptera	Mycetophilidae		1	0
		Hymenoptera	Coleoptera-1	Tipulidae	0	1
				Formicidae	2	6
				Scoliidae	1	1
		Dermaptera	Coleoptera-2 *)	Carabidae	3	3
				Ptiliidae	1	1
				Silphidae	0	1
				Scarabaeidae	2	0
				Staphylinidae	0	1
			 *)	0	1
Tysanoptera *)			0	1	
Hemiptera	Miriidae	0	1			
Lepidoptera	Pentatomidae	0	1			
Coleoptera-2 *) *)	2	1			

Keterangan: *) belum teridentifikasi

Dari perhitungan nilai penting spesies, diketahui bahwa *Lobopelta ocellifera*, *Odontomachus punctulatus* dan Coleoptera-2 (belum teridentifikasi) merupakan tiga spesies dari kelompok makrofauna di permukaan tanah dengan nilai penting tertinggi masing-masing dengan nilai penting 30, 16 dan 14. Sedangkan tiga spesies dari kelompok makrofauna di dalam tanah dengan nilai penting tertinggi adalah *Pontoscolex sp.*, Coleoptera-2 (belum teridentifikasi) dan *Pheretima sp.*, masing-masing dengan nilai penting sebesar 60, 15 dan 14.

Dari hasil analisa indeks diversitas/keanekaragaman makrofauna seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa keanekaragaman makrofauna permukaan tanah (yang kemungkinan sebagian besar merupakan 'litter fauna') lebih

tinggi dibanding makrofauna di dalam tanah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata cacah spesies dan indeks diversitas yang lebih tinggi, yaitu masing-masing 14 dan 0,87 untuk makrofauna permukaan tanah dan 8,5 dan 0,62 untuk makrofauna di dalam tanah. Tingginya keanekaragaman makrofauna di permukaan tanah dapat disebabkan oleh lebih tersedianya berbagai bahan organik tanaman yang berasal dari tegakan sengon maupun vegetasi bawah serta lebih sedikitnya faktor lingkungan pembatas, seperti terbatasnya air, udara, keasaman dan sebagainya. Di samping itu ada kemungkinan di permukaan tanah juga lebih banyak ditemukan makrofauna tanah yang keberadaannya di lingkungan tersebut bersifat sementara, temporal dan periodik. Sedangkan di dalam tanah kemungkinan kebanyakan makrofauna bersifat permanen.

Tabel 2. Hasil analisa keanekaragaman makrofauna tanah pada berbagai umur tegakan sengon

Variabel terukur	0	1	2	3	4	5	6	7	Rerata
Dalam tanah									
a.Cacah individu	30	74	89	222	285	344	92	214	169
b.Cacah spesies	4	5	9	11	10	10	13	6	8,5
c.Indeks diversitas	0,43	0,55	0,85	0,70	0,53	0,51	1,02	0,33	0,62
Permukaan tanah									
a.Cacah individu	19	38	21	38	25	25	22	49	29,6
b.Cacah spesies	11	14	15	18	18	10	13	13	14
c.Indeks diversitas	0,93	0,70	0,84	0,76	1,08	0,75	1,01	0,85	0,87

Keterangan:

*) makrofauna dalam tanah dihitung per luas (100x100) m² dalam 30 cm

***) makrofauna permukaan tanah dihitung dari 24 jam tangkapan

Dari Tabel 2 juga terlihat bahwa perbedaan umur tegakan sengon mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah. Hal ini dapat dilihat dengan adanya kecenderungan peningkatan jumlah individu, jumlah spesies maupun indeks diversitas dengan bertambahnya umur tegakan sengon dari 0 tahun hingga 5 tahun dan terjadi penurunan setelah umurnya lebih dari 5 tahun. Akan tetapi jika dilihat dari hasil perhitungan nilai indeks similaritas yang disajikan pada Tabel 3, terlihat bahwa perubahan struktur komunitas makrofauna tanah akibat perubahan umur tegakan adalah

relatif kecil, terutama untuk makrofauna permukaan tanahnya. Dari Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa rata-rata indeks similaritas makrofauna permukaan tanah adalah 58%, sedangkan makrofauna di dalam tanah 72%. Dengan demikian rata-rata nilai perbedaan keragaman makrofauna tanah pada masing-masing umur tegakan sengon yang dibandingkan adalah sebesar 35%. Sedikitnya perbedaan keragaman makrofauna tanah pada umur tegakan sengon yang berbeda ini dapat disebabkan oleh sedikitnya perbedaan kondisi lingkungan yang mendukung kehidupannya.

Tabel 3. Nilai indeks similaritas struktur komunitas makrofauna tanah pada berbagai umur tegakan sengon

Indeks similaritas makrofauna permukaan tanah (%) ==> rata-rata 72%

Umur (tahun)	0	1	2	3	4	5	6	7
0	100	99	58	61	80	56	59	60
1	86	100	99	97	97	88	30	61
2	34	36	100	85	72	66	67	47
3	69	62	72	100	91	85	55	87
4	64	63	76	77	100	76	71	89
5	66	68	68	65	88	100	75	72
6	09	07	55	31	19	18	100	45
7	74	77	80	69	88	95	18	100

Indeks similaritas makrofauna di dalam tanah (%) == > rata-rata 58%.

Tabel 4. Nilai koefisien korelasi sederhana antara berbagai variabel faktor lingkungan dengan indeks diversitas makrofauna tanah.

No.	Variabel faktor lingkungan	ID makrofauna dalam tanah	ID makrofauna permukaan tanah
1.	Produksi serasah sengon	0,11	-0,33
2.	Kandungan bahan organik tanah	0,82	-0,15
3.	Dominansi vegetasi bawah (semak)	0,78	0,04
4.	Indeks diversitas vegetasi bawah (semak)	-0,33	0,15
5.	Penetrasi cahaya matahari	-0,37	-0,63
6.	Suhu udara	-0,07	-0,30
7.	Kelembaban relatif udara	0,05	0,04
8.	Suhu tanah	-0,24	-0,05
9.	Kelembaban tanah	-0,64	0,14
10.	PH tanah	0,27	0,16

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai koefisien korelasi antara berbagai variabel faktor lingkungan dengan indeks diversitas makrofauna tanah relatif kecil, yaitu antara 0,04 sampai dengan 0,82. Variabel faktor lingkungan yang menunjukkan nilai koefisien korelasi relatif tinggi dengan indeks diversitas makrofauna di dalam tanah adalah kandungan bahan organik tanah (0,82), dominansi vegetasi bawah (0,78) dan kelembaban tanah (-0,64). Sedangkan penetrasi cahaya matahari menunjukkan koefisien korelasi sebesar -0,63 dengan makrofauna di permukaan tanah.

Meningkatnya keanekaragaman makrofauna di dalam tanah dengan meningkatnya kandungan bahan organik tanah dan dominansi vegetasi bawah disebabkan oleh karena bahan organik tanah maupun sisa-sisa tanaman dari vegetasi bawah dapat dimanfaatkan oleh makrofauna di dalam tanah sebagai sumber makanannya. Semakin banyak tersedia makanan, maka semakin beragam pula makrofauna yang dapat eksis di habitat tersebut. Di samping itu keberadaan bahan organik tanah dan vegetasi bawah dapat memberikan kondisi mikrohabitat lebih baik guna menunjang kehidupan berbagai jenis organisme tanah, termasuk makrofauna tanahnya.

Kandungan air tanah/kelembaban tanah ternyata menunjukkan korelasi negatif dengan indeks diversitas makrofauna di dalam tanah. Hal ini disebabkan oleh karena peningkatan kandungan air tanah dapat mengurangi

kandungan udara di dalam tanah. Dengan demikian berbagai jenis makrofauna tanah yang mengambil oksigen langsung dari udara tidak akan dapat beradaptasi pada lingkungan tanah dengan kandungan air yang tinggi. Sebaliknya fauna tanah yang mampu mengambil oksigen dari air akan dapat mendominasi kehidupan pada habitat tersebut. Tingginya tingkat dominansi akan menurunkan nilai indeks diversitas. Hal ini juga dibuktikan dengan tingginya nilai penting dari cacing *Pontoscolex sp* di lingkungan tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Ditemukan sejumlah 27 spesies makrofauna di dalam tanah dan 26 spesies makrofauna permukaan tanah yang termasuk dalam Filum Mollusca, Annelida dan Arthropoda
2. *Pontoscolex sp* (Ordo: Olygochaeta) merupakan spesies dengan nilai penting tertinggi dari kelompok makrofauna di dalam tanah, sedangkan *Lobopelta ocellifera* (Ordo: Hymenoptera) merupakan spesies dengan nilai penting tertinggi dari kelompok makrofauna permukaan tanah.
3. Pengaruh umur tegakan sengon terhadap keragaman struktur komunitas makrofauna tanah relatif kecil, yaitu dengan rata-rata

nilai indeks similaritas sebesar 58% untuk kelompok makrofauna di dalam tanah dan 72% untuk kelompok makrofauna permukaan tanah

4. Keanekaragaman makrofauna di dalam tanah menunjukkan korelasi relatif tinggi dengan kandungan bahan organik tanah, dominansi vegetasi bawah dan kelembaban tanah; sedangkan makrofauna permukaan tanah menunjukkan korelasi relatif tinggi dengan penetrasi cahaya matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- Brussaard, L. 1998. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Appl. Soil Ecol.* 9: 123-136.
- Cox, G.W. 1972. *Laboratory Manual of General Ecology*. Iowa: W.M.C. Brown company Publishers.
- Dindal, D.L. 1990. *Soil Biology Guide*. New York: John Wiley & Sons.
- Doube, B.M. and O. Schmidt. 1997. Can the abundance or activity of soil macrofauna be used to indicate the biological health of soils? *In* Pankhurst, E.C., B.M. Doube and V.V.S.R.Gupta (eds.) *Biological Indicators of Soil Health*. New York: CAB International.
- Elzinga, R.J. 1978. *Fundamentals of Entomology*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Giller, K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.N. Izac and M.J. Swift. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl. Soil Ecol.* 6: 3-16.
- Hagvar, S. 1998. The relevance of the Rio-convention on biodiversity to conserving the biodiversity of soils. *Appl. Soil Ecol.* 9: 1-7.
- Kuswandana, J. 1994. *Studi Pertumbuhan dan Riap Diameter Tegakan Albizia falcataria L. Fosberg di KPH Kediri, Jawa Timur*. Skripsi. Bogor: Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB.
- Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fargoso, V. Eschenbremer, D. Lopez-Haernandez, B. Pashanashi and L. Brussaard. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. *In* Woomer, P.L. and M. Swift (eds.) *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Wallwork, J.A. 1970. *Ecology of Soil Animals*. London: Mc Graw-Hill.