

Struktur Komunitas Mikroartropoda Tanah Di Hutan Wisata Gonoharjo Kecamatan Limbangan Kabupaten Kendal

Nindya Putra Wahyu Nugroho¹⁾, Rully Rahadian¹⁾, Mochamad Hadi¹⁾

1) Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang 50275

Telepon/Fax. (024) 76480923

email: putrapurifa@yahoo.com

Abstract

The study on community structure of soil microarthropod in Gonoharjo Tourism Forest has been done. The objective of this research are to compare community structure of soil microarthropod and to know the effect of abiotic environmental factors on abundance of soil microarthropod in Tourism Forest of Gonoharjo. This research was conducted using transect method in four sampling locations i.e., coffe vegetation, pine vegetation, mixed vegetation in hot spring water area, and mixed vegetation of riverside area. Soil sampling were used soil corer, and then the sample were extracted using barlese-tullgren. The finding shows 4 Sub Orders and 22 Families from 10 Orders. Acari was the most dominant group in each observed locations. The most diverse was found in mixed vegetation on hot spring water area, while the least one was found in coffe vegetation. Then, the highest evenness index was found in mixed vegetation on riverside area, while the lowest evenness was found in coffe vegetation. Moreover , the richest soil microarthropods found in mixed vegetation on hot spring water area and the lowest richness was found in mixed vegetation on riverside area. Statistically, abiotic environmental factors that have big impact on soil microarthropod abundance were soil organic matter, soil pH, and soil moisture.

Keywords : *community structure, soil microarthropod, Acari, Tourism Forest of Gonoharjo*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai struktur komunitas mikroartropoda tanah di Hutan Wisata Gonoharjo. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan struktur komunitas mikroartropoda tanah dan mengetahui pengaruh faktor lingkungan abiotik terhadap kelimpahan mikroartropoda tanah di Hutan Wisata Gonoharjo. Penelitian ini dilakukan di 4 area sampling yaitu vegetasi kopi, vegetasi pinus, vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas, dan vegetasi campuran di tepian sungai dengan menggunakan metode transek. Pengambilan sampel tanah dengan menggunakan bor tanah, dan kemudian dilakukan ekstraksi sampel tanah menggunakan *barlese-tullgren*. Takson yang diperoleh yaitu 4 Sub Ordo dan 22 Famili yang termasuk ke dalam 10 Ordo. Ordo Acari adalah ordo yang mendominasi di tiap lokasi pengamatan. Keanekaragaman tertinggi terdapat pada vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas, sedangkan keanekaragaman terendah pada vegetasi kopi. Perataan tertinggi terdapat pada vegetasi campuran di tepian sungai, sedangkan perataan terendah pada vegetasi kopi. Kekayaan mikroartropoda tanah tertinggi terdapat pada vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas dan kekayaan terendah pada vegetasi campuran di tepian sungai. faktor lingkungan abiotik yang berpengaruh nyata secara statistik terhadap kelimpahan mikroartropoda tanah adalah kadar organik tanah, pH tanah, dan kelembaban tanah.

Kata kunci : struktur komunitas, mikroartropoda tanah, Acari, Hutan Wisata Gonoharjo

PENDAHULUAN

Salah satu komunitas biotik yang memegang peranan penting di dalam tanah adalah fauna tanah. Peran utama dari fauna tanah menjadi kurang mendapat perhatian manusia, padahal tanpa kehadirannya perombakan tumpukan materi organik di lingkungan berproses lambat

(Suhardjono, 1998). Fauna tanah khususnya kelompok mikroartropoda yang ada pada setiap habitat memiliki perbedaan keanekaragaman dan kelimpahannya. Doles (2001) menyatakan bahwa kelompok fauna tanah yang tertinggi kepadatan populasinya adalah mikroartropoda tanah. Kehidupan mikroartropoda tanah sangat

tergantung pada kondisi lingkungan hidupnya. Keberadaan dan kepadatan populasi suatu spesies mikroartropoda tanah pada suatu daerah ditentukan oleh kondisi daerah tersebut, baik faktor abiotik atau biotik (Suin, 2003).

Hutan memiliki kekayaan spesies flora dan fauna. Vegetasi sebagai faktor biotik dapat memberikan sisa kehidupannya berupa serasah sebagai sumber makanan mikroartropoda tanah. Tipe vegetasi yang berbeda akan memberikan pengaruh terhadap kondisi fisika kimia tanah. Hutan Wisata Gonoharjo dipilih sebagai tempat penelitian ini karena hutan ini memiliki potensi dalam usaha konservasi hutan. Penelitian dan inventarisasi mengenai fauna tanah khususnya mikroartropoda tanah yang terdapat di Hutan Wisata Gonoharjo belum pernah dilakukan. Penelitian bertujuan untuk: (1) Membandingkan struktur komunitas mikroartropoda tanah meliputi kelimpahan, keanekaragaman, dan kekayaan pada berbagai tipe vegetasi di Hutan Wisata Gonoharjo. (2) Menganalisis pengaruh faktor lingkungan abiotik terhadap kelimpahan mikroartropoda tanah di berbagai tipe vegetasi berbeda di Hutan Wisata Gonoharjo.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah sampel tanah dan alkohol 70%.

Penentuan Titik Sampling

Hutan Wisata Gonoharjo secara administrasi terletak di Desa Gonoharjo, Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal. Total luas kawasan 77 Ha dan luas kawasan yang dikelola sekitar 15 Ha, terletak di kaki Gunung Ungaran pada ketinggian 700-1.000 m dpl. Hutan Wisata Gonoharjo memiliki beberapa macam tipe vegetasi yaitu vegetasi pinus, vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas, vegetasi kopi dan vegetasi campuran tepi sungai yang di dalamnya terdapat beberapa jenis tumbuhan (Anonim, 2009).

Lokasi sampling dibagi menjadi 4 titik yaitu vegetasi kopi, vegetasi pinus, vegetasi campuran area wisata pemandian air panas, dan vegetasi campuran tepian sungai.

Pengambilan Sampel Tanah

Metode pengambilan sampel tanah yang digunakan adalah metode transek, yaitu dengan

cara membuat titik secara garis lurus dengan jarak antara titik-titik telah ditetapkan. Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak 5 kali. Transek berupa garis sepanjang 100 meter. Tanah diambil dengan menggunakan bor tanah. Sampel tanah yang diperoleh di ekstraksi menggunakan *Barlesee-tullgren* untuk mendapatkan mikroartropoda tanahnya. Mikroartropoda tanah diidentifikasi sampai dengan tingkat taksa yang paling memungkinkan.

Pengukuran Parameter Lingkungan Abiotik

Parameter lingkungan abiotik yang diukur adalah suhu tanah, pH tanah, kelembaban tanah, dan kadar organik tanah. Kadar organik tanah di uji kadarnya di laboratorium Kimia Organik UNDIP.

Analisis Data

a. Kelimpahan Relatif

Perhitungan kelimpahan relatif menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Di = \frac{n_i}{N} \times 100\%$$

b. Indeks Keanekaragaman

Untuk mengetahui keanekaragaman mikroartropoda tanah pada suatu kawasan digunakan indeks Shanon-Wiener (Odum, 1998)

$$H' = -\sum (n_i/N) \ln (n_i/N)$$

c. Uji Hutcheson

Perbedaan keanekaragaman mikroartropoda tanah antar stasiun dapat diketahui dengan uji Hutcheson.

$$thit = \frac{H^1 - H^2}{\sqrt{\text{var } H^1 + \text{var } H^2}}$$

d. Indeks Perataan

Untuk menggambarkan penyebaran individu dalam suatu komunitas menggunakan indeks perataan. dengan rumus yakni :

$$\acute{e} = H' / \ln S$$

e. Indeks Kekayaan

Indeks kekayaan suatu taksa dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

f. Analisis statistik

Analisis perbedaan rerata parameter lingkungan abiotik antar stasiun pengamatan menggunakan uji Anova. Kemudian analisis korelasi faktor lingkungan abiotik terhadap kelimpahan mikroartropoda tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan Mikroartropoda Tanah Tiap Stasiun Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan dari semua stasiun pengamatan diperoleh 4 sub Ordo dan 22 Famili yang termasuk ke dalam 10 Ordo. Empat ordo yang paling melimpah jumlah individunya adalah Acari, Diptera, Collembola, dan Hymenoptera. Kelimpahan masing-masing kelompok takson mikroartropoda tanah yang ditemukan bervariasi pada lokasi penelitian (Tabel 1).

Mikroartropoda tanah yang ditemukan di Hutan Wisata Gonoharjo antara lain kelompok Acari, Collembola, Protura, Hymenoptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera, Isoptera, Geophilomorpha, dan Polydesmida.

Ordo yang paling melimpah adalah Acari yang didominasi oleh sub Ordo Oribatida, Mesostigmata, dan Prostigmata. Mikroartropoda tanah paling melimpah ditemukan pada vegetasi kopi. Kelimpahan relatif (KR) tertinggi adalah Prostigmata sebanyak 65,6%. Melimpahnya Prostigmata diduga karena mikroartropoda tersebut berperan sebagai karnivora yang memangsa mikroartropoda tanah lainnya. Selain Prostigmata, pada vegetasi kopi ini taksa yang dominan lainnya adalah Mesostigmata.

Pada Vegetasi kopi memiliki kelimpahan individu mikroartropoda tanah yang paling tinggi dari semua stasiun dengan 8.917 individu/m². Pada vegetasi pinus mikroartropoda yang melimpah adalah anggota Ordo Acari yaitu sub Ordo Prostigmata dan Mesostigmata. Nilai kelimpahan relatif (KR) tertinggi adalah Prostigmata (KR = 31,9%). Mesostigmata dan Prostigmata termasuk dalam kelompok yang dominan pada vegetasi pinus. Hal ini karena persebarannya yang mendominasi di lokasi tersebut.

Pada vegetasi pinus kelimpahan mikroartropoda tanah yang diperoleh 6730 individu/m². Pada vegetasi ini, lantai tanah cenderung tidak banyak serasah. Selain itu,

penutupan vegetasi pinus yang kurang rapat diperkirakan mempengaruhi kehadiran fauna tanah. Shahabudin (1998) menyatakan bahwa penutupan vegetasi yang ada secara langsung mempengaruhi iklimat dan secara tidak langsung mempengaruhi kehadiran artropoda yang ada di suatu ekosistem hutan.

Pada vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas nilai kelimpahan relatif (KR) tertinggi adalah Cecidomyiidae (KR = 21,2%). Kelimpahan individu mikroartropoda tanah yang diperoleh pada vegetasi campuran area wisata pemandian air panas adalah 2629 individu/m² dengan kekayaan sebanyak 17 taksa. Sumber air panas yang ada di lokasi ini diperkirakan mempengaruhi suhu tanah disekitarnya menjadi tinggi. Sehingga kehadiran mikroartropoda tanah berkurang pada lokasi tersebut. Hal ini menurut Suin (2003) bahwa keberadaan hewan tanah pada suatu tempat tergantung pada faktor lingkungannya yaitu biotik dan abiotik. Pada vegetasi campuran tepi sungai nilai kelimpahan relatif (KR) tertinggi adalah Cecidomyiidae (KR = 21,1%).

Pada vegetasi campuran tepian sungai yang termasuk taksa dominan (Di > 10%) selain Cecidomyiidae adalah Prostigmata dan Mesostigmata. Kelimpahan jumlah individu pada stasiun ini lebih rendah dari stasiun pengamatan lainnya yaitu sebanyak 2071 ind/m². Kelembaban tanah pada stasiun ini termasuk tinggi. Kondisi lingkungan yang cenderung lembab diduga menjadi alasan kelimpahan mikroartropoda tanah rendah pada lokasi tersebut. Kelimpahan jumlah individu pada stasiun ini lebih rendah dari stasiun pengamatan lainnya yaitu sebanyak 2071 ind/m². Susanto (2000) menyatakan jika kondisi kelembaban lingkungan tanah sangat tinggi, hewan dapat mati atau bermigran ke tempat yang cenderung tidak terlalu lembab.

Pada lokasi vegetasi kopi, vegetasi pinus, dan vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas kehadiran Prostigmata dan Mesostigmata lebih melimpah dan dominan. Hal ini diperkirakan karena kedua mikroartropoda tanah tersebut berperan sebagai karnivora sehingga memangsa mikroartropoda tanah lainnya. Suhardjono (2012) menyatakan bahwa fauna tanah yang bersifat

karnivora antara lain Prostigmata, Mesostigmata, Staphylinidae, dan Formicidae.

Pada vegetasi campuran di area pemandian air panas, anggota dari Ordo Diptera lebih mendominasi, antara lain Cecidomyiidae dan Psycodidae. Melimpahnya kedua famili tersebut kemungkinan berhubungan dengan lebih beragamnya vegetasi yang ada di lokasi tersebut antara lain berbagai jenis tumbuhan bawah, sehingga tercukupinya ketersediaan nutrisi bagi kelangsungan hidupnya. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Lilies (1992) bahwa Cecidomyiidae biasa memanfaatkan kulit kayu sekitar jamur dan daun/pelelepah muda untuk tempat hidup serta peletakkan telur. Serta pada stasiun ini dimungkinkan memiliki relung yang lebih luas sehingga kehadiran mikroartropoda tanah lebih beragam.

Keanekaragaman Mikroartropoda Tanah Tiap Stasiun Pengamatan

Hasil pengamatan pada Tabel 2 menunjukkan nilai keanekaragaman, perataan, dan kekayaan (*richness*) tiap stasiun pengamatan yang diperoleh.

Indeks Keanekaragaman

Keanekaragaman mikroartropoda tanah tertinggi terdapat pada vegetasi campuran area wisata pemandian air panas sedangkan indeks keanekaragaman mikroartropoda tanah yang terendah pada vegetasi kopi. Menurut Soegianto (1994), keanekaragaman takson yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi karena interaksi yang terjadi dalam komunitas tersebut tinggi. Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil uji t Hutcheson, keanekaragaman mikroartropoda tanah antar stasiun pengamatan berbeda nyata terkecuali antara vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas dan vegetasi campuran di tepi sungai. Hal ini kemungkinan karena pada kedua lokasi tersebut memiliki komposisi vegetasi yang sama yaitu vegetasi campuran. Sehingga cenderung kehadiran mikroartropoda tanah tidak ada yang mendominasi.

Indeks Perataan

Indeks perataan vegetasi campuran di tepian sungai memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi pengamatan lainnya.

Hal ini memberi gambaran bahwa penyebaran individu dari masing-masing kelompok takson dari mikroartropoda tanah di vegetasi campuran tepi sungai dan vegetasi campuran area wisata pemandian lebih merata karena tidak ada kemelimpahan individu suatu takson yang mendominasi. Hal ini menurut Odum (1998) apabila nilai kemelimpahan tinggi sedangkan tingkat perataan rendah maka akan menurunkan indeks keanekaragamannya.

Indeks Kekayaan

Indeks kekayaan dihitung untuk mengetahui kekayaan taksa populasi suatu kelompok atau suatu komunitas (Odum, 1998). Nilai kekayaan taksa mikroartropoda tanah tertinggi terdapat pada vegetasi campuran area wisata pemandian air panas dan terendah pada vegetasi campuran di tepian sungai. Tingginya kekayaan taksa pada vegetasi campuran di area wisata pemandian air panas disebabkan oleh vegetasi yang lebih beragam jenis. Selain itu, kekayaan taksa di vegetasi campuran area wisata pemandian air panas lebih tinggi karena relung (*niche*) pada lokasi tersebut mungkin lebih beragam, sehingga mikroartropoda tanah dapat memperoleh nutrisi cukup dan tempat bertahan hidup. Kekayaan taksa mikroartropoda tanah pada stasiun pengamatan vegetasi di tepi sungai rendah karena pada lokasi ini memiliki kelembaban tinggi sehingga kurang mendukung kelangsungan hidup mikroartropoda tanah.

Parameter Lingkungan Abiotik

Hasil dari uji beda rerata parameter lingkungan abiotik diketahui bahwa terdapat perbedaan signifikan pada tiap stasiun pengamatan. perbedaan parameter lingkungan dikarenakan kondisi dari tiap lokasi berbeda – beda.

Pengaruh Antara Faktor Lingkungan Abiotik Terhadap Kelimpahan Mikroartropoda Tanah

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh faktor lingkungan abiotik yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap kelimpahan mikroartropoda tanah adalah pH tanah, kelembaban tanah, dan kadar organik tanah. Sedangkan faktor abiotik lainnya yaitu suhu tanah memiliki pengaruh yang tidak nyata secara statistik terhadap melimpahnya mikroartropoda tanah pada penelitian ini. Hal itu terjadi karena nilai dari parameter tersebut saat

penelitian ini dilakukan masih berada pada batas yang dapat ditoleransi oleh artropoda tanah yang terdapat di Hutan Wisata Gonoharjo.

Tabel 1. Kepadatan (Ind/m²) dan Kelimpahan (Di) Mikroartropoda Tanah di Tiap Stasiun Pengamatan

Ordo	SubOrdo/Famili	ST. I		ST. II		ST. III		ST. IV	
		Ind/m ²	Di	Ind/m ²	Di	Ind/m ²	Di	Ind/m ²	Di
Acari									
	Oribatida	637	7,1	518	7,7	119	4,5	119	5,7
	Mesostigmata	1194	13,4 ^d	1990	29,6 ^d	279	10,6 ^d	398	19,2 ^d
	Prostigmata	5852	65,6 ^d	2150	31,9 ^d	159	6,0	279	13,5 ^d
Collembola									
	Isotomidae	159	1,8	279	4,1	0	0,0	119	5,7
	Onychiuridae	80	0,9	159	2,4	119	4,5	80	3,9
	Entomobrydae	0	0,0	40	0,6	40	1,5	0	0,0
	Sminthurididae	40	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Hypogasturiidae	40	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Isoptera		119	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Oniscidea	119	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Protura									
	Acerentomidae	119	1,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Hymenoptera									
	Mymiridae	40	0,4	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Formicidae	119	1,3	159	2,4	159	6,0	159	7,7
	Eurytomidae	0	0,0	0	0,0	40	1,5	40	1,9
	Scelionidae	0	0,0	0	0,0	239	9,1	40	1,9
Diptera									
	Cecidomyiidae	40	0,4	518	7,7	557	21,2 ^d	438	21,1 ^d
	Psycodidae	119	1,3	239	3,6	279	10,6 ^d	159	7,7
	Sepsidae	0	0,0	0	0,0	40	1,5	80	3,9
	Phoridae	0	0,0	40	0,6	0	0,0	0	0,0
	Ceratopogonidae	40	0,4	0	0,0	80	3,0	0	0,0
	Chironomiidae	40	0,4	159	2,4	0	0,0	0	0,0
	Drosophilidae	0	0,0	0	0,0	40	1,5	0	0,0
Coleoptera									
	Staphylinidae	0	0,0	40	0,6	80	3,0	80	3,9
	Scarabidae	0	0,0	0	0,0	80	3,0	0	0,0
Trichoptera									
	Hydroptilidae	199	2,2	279	4,1	279	10,6 ^d	80	3,9
Geophilomorpha									
	Geophilidae	80	0,9	80	1,2	0	0,0	0	0,0
Polydesmida									
	Polydesmidae	0	0,0	80	1,2	40	1,5	0	<u>0,0</u>

Jumlah Individu	8917	6730	2629	2071
-----------------	------	------	------	------

Ket: ST. I : Vegetasi kopi , ST. II : Vegetasi pinus, ST. III : Vegetasi campuran area wisata air panas, ST. IV : Vegetasi campuran tepian sungai.
^{d)} menunjukkan suatu taksa dominan ($D_i > 10\%$).

Tabel 2. Indeks Keanekaragaman, Kekayaan (*richness*), dan Perataan dari Komunitas Mikroartropoda Tanah pada Setiap Stasiun Pengamatan

Stasiun Pengamatan	Jumlah taksa	Jumlah taksa dominan	Diversity (H')	Richness (R)	Evenness (é)
Stasiun I	17	3	1,61	1,76	0,56
Stasiun II	15	2	2,04	1,59	0,75
Stasiun III	17	4	2,51	2,03	0,88
Stasiun IV	13	3	2,29	1,57	0,89

Stasiun I : Vegetasi Kopi

Stasiun II : Vegetasi Pinus

Stasiun III : Vegetasi campuran Area Wisata Pemandian Air Panas

Stasiun IV : Vegetasi campuran Tepian Sungai

Tabel 3. Indeks Hutcheson Keanekaragaman Mikroartropoda Tanah Antar Stasiun Pengamatan

Stasiun	I	II	III	IV
I	-	4,44*	7,50*	7,78*
II	-	-	4,17*	3,00*
III	-	-	-	1,67
IV	-	-	-	-

Keterangan : Stasiun I : vegetasi kopi, Stasiun II : vegetasi pinus, Stasiun III : vegetasi campuran area wisata, Stasiun IV : vegetasi campuran tepi sungai. Nilai t tabel pada $\alpha = 0,05 = 1,97$ ($T_{hit} > T_{tabel}$ maka H_0 ditolak).

*) menunjukkan $t_{hitung} > t_{tabel} = H_0$ ditolak, terdapat beda nyata keanekaragaman antar stasiun

Tabel 4 Hasil Analisis Korelasi Pearson antara Faktor Lingkungan Abiotik Kawasan Hutan Wisata Gonoharjo Terhadap Kepadatan Mikroartropoda Tanah Tiap Stasiun Pengamatan

	Suhu tanah	Kelembaban tanah	pH Tanah	Kadar Organik
Pearson Correlation	-0,450	-0,862**	0,687*	0,804**
Σ ind Sig. (2-tailed)	0,142	0,000	0,014	0,002
N	12	12	12	12

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

KESIMPULAN

1) keanekaragaman mikroartropoda tanah di vegetasi campuran cenderung lebih tinggi dibandingkan di vegetasi yang sejenis yaitu vegetasi kopi dan vegetasi pinus. Sedangkan kelimpahan mikroartropoda tanah cenderung lebih tinggi di vegetasi yang sejenis dibandingkan di vegetasi campuran. 2) Kadar organik tanah, pH tanah, dan kelembaban tanah secara statistik memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kelimpahan mikroartropoda tanah

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Wana Wisata Gonoharjo*.
<http://www.ecotourismeperhutani.com>
diunduh 27 Februari 2012.
- Doles, J. L., R. J. Zimmerman and J. C. Moore.
2001. *Soil Microarthropod Community Structure and Dynamic in Organic and Conventionaly Manage Apple Orchards in Western Colorado*. USA.
- Lilies, S. C. 1992. *Kunci Determinasi Serangga*. Jakarta. Kanisius
- Odum, E.P. 1998. *Dasar-Dasar Ekologi* (Terjemahan Ir. Tjahjono Samingan, MSc). Edisi Ketiga. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shahabudin. 1998. *Keanekaragaman dan Distribusi Arthropoda Tanah pada Empat Komunitas Tumbuhan di Gunung Tangkuban Perahu, Jawa Barat* [Tesis]. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Soegianto, A. 1994. *Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Suhardjono, Y. R. 1998. *Serangga Tanah : Keanekaragaman Takson Dan Peranannya di Kebun Raya Bogor*. Biota. Vol. III : 16-24. Bogor.
- Suhardjono, Y. R. 2012. *Kuliah Umum Fauna Tanah*. UNS. Surakarta.
- Susanto, P. 2000. *Pengantar Ekologi Hewan. Proyek Pengembangan Guru Sekolah Menengah IBRD Loan No. 3979 Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional*. Jakarta.