

Kelimpahan dan Keanekaragaman Arthropoda Tanah di Lahan Sayuran Organik “Urban Farming”

Ferdianto Budi Samudra¹, Munifatul Izzati² dan Hartuti Purnaweni³

1. Mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
2. Staf Pengajar Program Studi Ilmu Biologi, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
3. Staf Pengajar Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
Email : budisamudra@gmail.com

ABSTRAK

Arthropoda tanah memiliki peran yang penting dalam jaring-jaring makanan khususnya di tanah. Pengetahuan mengenai kelimpahan, serta keanekaragaman arthropoda tanah ini sangat berguna dalam pemahaman tentang peran dan fungsinya dalam memperbaiki kualitas lingkungan lahan pertanian. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kelimpahan dan keanekaragaman arthropoda, serta perannya dalam memperbaiki kualitas lingkungan lahan pertanian khususnya tanah, penelitian ini dilaksanakan di lahan pertanian pekarangan (*urban farming*) organik di Desa Penanggungan Kec. Trawas Kabupaten Mojokerto dan dibandingkan dengan pertanian intensif di Desa Pandanrejo, Kec. Bumiaji, Kota Batu Jawa Timur. Pengamatan dilakukan dengan metode mutlak dan nisbi, metode mutlak dilakukan dengan mengambil tanah dengan pipa, sedangkan metode relatif menggunakan *pitfall trap*. Kelimpahan arthropoda tidak berbeda nyata antar kedua pengamatan, dari pengamatan metode mutlak didapatkan jenis arthropoda tanah di lahan *urban farming* (UF) terdiri dari 6 ordo yang terbagi dalam 8 famili, sementara untuk pengamatan di lahan *intensif farming*/IF didapatkan 9 ordo dan 10 famili. Indeks Keanekaragaman (H') Shannon Wiever pengamatan metode nisbi UF (2,27) dan berbeda nyata dibandingkan IF (1,4), yang menunjukkan keanekaragaman lahan organik *urban farming* tergolong sedang keanekaragaman lahan pertanian intensif rendah.

Kata kunci: kelimpahan, keanekaragaman, arthropoda tanah, urban farming, pertanian organik.

1. PENDAHULUAN

Pertanian perkotaan (*urban farming*) merupakan suatu bentuk transformasi kegiatan pertanian (Atkinson, 1995) dikarenakan semakin berkurangnya lahan pertanian yang dianggap kurang menguntungkan (Uchiani dan Susi, 2012). Upaya transformasi kegiatan pertanian untuk pemenuhan kebutuhan pangan ini dikarenakan ketersediaan pangan akan menjadi faktor pembatas suatu kehidupan serta kestabilan suatu wilayah (FAO, 2010), terutama disebabkan semakin meningkatnya kegiatan pembangunan serta bertambahnya jumlah penduduk (Dahuri, 1998).

Tanah merupakan habitat dari bakteri, jamur, serta berbagai macam fauna, seperti nematoda, arthropoda dan cacing tanah (Jeffrey *et al*, 2010) yang memiliki fungsi khusus dalam ekosistem (Gardi dan Jeffrey, 2009). Di dalam tanah, sebagian besar nutrisi tersedia bagi pertumbuhan tanaman, tergantung dari interaksi antara akar tanaman, mikroorganisme dan fauna tanah (Bonkowski *et al*, 2000). Organisme tanah juga bermanfaat dalam dekomposisi, siklus hara, menjaga struktur tanah, maupun menjaga keseimbangan organisme tanah, termasuk hama tanaman (Moore dan Walter, 1988). Dengan demikian, peningkatan biodiversitas dapat membawa manfaat baik secara ekonomi maupun terhadap lingkungan.

Terjadinya perubahan lahan, khususnya pertanian, menyebabkan hilangnya biodiversitas dibandingkan dengan ekosistem yang masih alami, terutama pada pertanian intensif karena manfaat biologi dan kimia tanah sebagai habitat menurun drastis ketika terjadi perubahan dari ekosistem alami menjadi pertanian. Menurut Curry (1998) dan Lee (1991) frekuensi pengolahan lahan serta penggunaan bahan kimia berdampak besar terhadap organisme tanah. Aktivitas pertanian memiliki pengaruh positif dan negatif dalam kelimpahan, keanekaragaman serta aktivitas fauna tanah, terutama disebabkan perubahan suhu tanah, kelembaban, serta jumlah dan kualitas bahan organik (Hendrix dan Edward, 2004).

Arthropoda tanah memiliki peran yang sangat vital dalam rantai makanan khususnya sebagai dekomposer, karena tanpa organisme ini alam tidak akan dapat mendaur ulang bahan organik. Selain itu, arthropoda juga berperan sebagai mangsa bagi predator kecil yang lain, sehingga akan menjaga kelangsungan arthropoda yang lain. Sebagai konsekuensi struktur komunitas mikro arthropoda akan mencerminkan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap tanah, termasuk terhadap aktivitas manusia. Berdasarkan uraian di atas maka identifikasi kelimpahan serta keanekaragaman jenis merupakan hal yang penting, sehingga dapat diketahui peran organisme terhadap lingkungan (Turnbe *et al*, 2010 dan Lavelle *et al*, 2006).

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2013 di dua lahan berbeda (1) Lahan pertanian organik *urban farming* yang ditanami sayuran hortikultura di Desa Penanggungan Kec. Trawas Kab. Mojokerto yang terletak di dataran tinggi lereng gunung Penanggungan Jawa Timur dan terkenal sebagai sentral padi, (2) Lahan pertanian intensif di Desa Pandanrejo Kec. Bumiaji Kota Batu, berjarak 5 Km Timur Kota Batu dengan ketinggian tempat 800 mdpl yang sangat cocok sebagai lahan tanaman hortikultura.

Pengambilan sampel arthropoda dilakukan dengan dua metode, yakni untuk arthropoda yang ada di dalam tanah dengan menggunakan metode mutlak, sedangkan untuk arthropoda yang aktif pada permukaan tanah digunakan metode nisbi. Metode nisbi menggunakan cawan jebak (*pitfall trap*) yang dibanamkan di dalam tanah dengan bibir cawan sejajar pada permukaan tanah. Cawan diisi dengan larutan deterjen 5% setinggi 2-3 cm. Perangkap ditanam dan diganti setiap 3 hari. Metode mutlak dilakukan dengan mengambil tanah menggunakan pipa berdiameter 15 cm sampai kedalaman lapisan olah tanah 15-20 cm. Tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik dan dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi menggunakan corong Berlese.

Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak satu kali di lima titik pengamatan secara diagonal dan diulang sebanyak 4 lahan yang berbeda, sedangkan sampel arthropoda tanah melalui *pitfall trap* dilakukan sebanyak 5 kali dengan 4 titik pengamatan yang juga diulang 4 lahan yang berbeda. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah dan jenis arthropoda tanah berdasarkan panduan Siwi *et al.*, (1993) yang teridentifikasi dan dilakukan analisis perannya dalam tanah. Data yang diperoleh kemudian dinilai kelimpahan, serta Indeks Diversitas Shannon-Wiener. Uji beda dilakukan dengan membandingkan lahan pertanian organik (*Urban Farming/UF*) dengan lahan pertanian intensif (*Intensif Farming/IF*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Kelimpahan Arthropoda di lahan urban dan Intensif farming dengan metode Nisbi dan Mutlak

No	Ordo	Arthropoda	Famili	Nisbi		Mutlak			
				UF	IF	UF	IF		
1	Acarina	1	Tetranychidae	0	75	58	119		
		2	Acari	0	0	42	0		
2	Dermaptera	3	Carcinophoridae	15	81	53	28		
3	Hymenoptera	4	Formicidae	194	287	68	16		
4	Araenida	5	Lycosidae	23	3	0	1		
		6	Oxyopidae	33	15	0	0		
		7	Salticidae	43	8	0	0		
5	Chilopoda	8	Lulusdae	3	1	0	0		
6	Coleoptera	9	Coccinellidae	10	7	0	0		
		10	Carabidae	0	1	0	0		
		11	Meloidae	0	48	0	0		
		12	Mordellidae	0	0	0	3		
		13	Hydrophilidae	5	0	1	0		
		14	Chrysomelidae	2	0	0	0		
		15	Staphylinidae	58	0	0	0		
		7	Diptera	16	Acroceridae	12	0	0	0
				17	Drosophilidae	0	112	0	0
				18	Asilidae	26	0	0	0
				19	Cecidomyiidae	55	0	0	0
20	Stratiomyidae			44	0	0	0		
21	Tephritidae			0	3	0	0		
8	Glomerida	22	Psychodidae	19	0	0	0		
		23	Glomeridae	31	0	0	0		
9	Colembola	24	Colembola	117	1157	258	273		
10	Diplura	25	Diplura	3	0	0	1		
11	Isoptera	26	Rhinotermitidae	24	0	4	0		
		27	Termitidae	0	0	7	0		
12	Thysanura	28	Lepismatidae	0	2	0	1		
13	Homoptera	29	Aphididae	56	0	0	0		
14	Orthoptera	30	Gryllidae	36	15	0	1		
		31	Acrididae	36	0	0	0		
		32	Siphonoptera	0	66	0	0		
Total				1199	2078	603	447		

Sumber: Olah Data Primer, 2013

Kelimpahan

Berdasarkan hasil identifikasi arthropoda tanah metode mutlak ditemukan populasi sebanyak 2085 arthropoda/m² di lahan pertanian pekarangan (*urban farming*/UF) dan 1881 arthropoda/m² yang terdiri dari 6 ordo yakni: collembola, hymenoptera, acari, dermaptera, acarina serta isoptera yang terbagi dalam 8 famili (Tabel 1.). Terdapat perbedaan populasi arthropoda dengan pengamatan di lahan pertanian intensif (*intensif farming*/IF) yang terdiri dari 9 ordo dan 10 famili, yaitu ordo collembola, acari, dermaptera, hymenoptera, haplotaxida, diplura, orthoptera dan thysanura. Jika dilihat dari jumlah ordo maka pengamatan pada UF mempunyai kelimpahan lebih sedikit, namun tidak berbeda nyata dibanding IF. Begitu pula dengan populasi arthropoda pada masing-masing pengamatan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Sementara dengan metode nisbi didapatkan 845 individu arthropoda pada pertanian pekarangan (UF) sedangkan pertanian intensif (IF) 1882 individu arthropoda permukaan tanah (Tabel 1.). Hasil identifikasi pada Tabel 2 menunjukkan lima ordo arthropoda terbesar pada pengamatan urban farming (UF) adalah hymenoptera, collembola, homoptera, orthoptera dan glomerida, sementara pada pengamatan intensif farming (IF) didapatkan ordo collembola, hymenoptera, dermaptera, acari dan orthoptera.

Kelimpahan arthropoda tertinggi pada petak pengamatan ditempati ordo Collembola baik pada *urban farming*/UF (13,85%) maupun pada *intensif farming*/IF (61,51%) pada metode nisbi dan UF (52,54%), IF (61,62%) metode mutlak. Kelimpahan Collembola di kedua metode tidak berbeda nyata antara urban farming (UF) dan intensif farming ($p > 0.05$). Ordo Acarina dengan jumlah 11.81% UF dan 26.86% IF di pengamatan metode mutlak, sedangkan di metode nisbi kelimpahan kedua pada ordo Hymenoptera Famili Formicidae. Selain itu ordo-ordo yang lainnya seperti Araenida, Chilopoda, Coleoptera, Diptera, Glomerida, Diplura, Isoptera, Thysanura, Homoptera dan Orthoptera tidak ada yang berbeda nyata antara UF dan IF dengan presentase rata-rata kurang dari 10%.

Kelimpahan arthropoda tidak berbeda nyata, baik kelimpahan keseluruhan pengamatan metode mutlak maupun nisbi, maupun tiap-tiap ordo/famili, hal ini dimungkinkan karena menurut Hole *et al* (2005) tidak ada kepastian mana yang keanekaragaman arthropoda terbaik antara pertanian organik dan intensif, karena sangat dipengaruhi oleh lokasi, iklim, jenis tanaman serta jenis arthropoda. Menurut Schindler *et al*, (2011) yang melakukan penelitian diversivitas arthropoda di penghijauan atap bangunan, kelimpahan/kekayaan jenis arthropoda lebih dipengaruhi oleh besaran biomassa tanaman. Pengaruh pertanian intensif pada arthropoda akan menyebabkan *fast cycle*, hal ini menyebabkan berkurangnya keberagaman serta pertumbuhan mikroorganisme yang cepat sehingga organisme akan cenderung dominan dan berpotensi menjadi hama (Bardgett, dan Cook, 1998). Namun jika dilihat dari data diatas penurunan jumlah arthropoda akibat penggunaan bahan kimia tidak sebanding dengan kecepatan penambahannya. Kelimpahan fauna tanah berkorelasi positif dengan tingginya biomasa tanaman (Hooper *et al*, 2000) dan kandungan nutrisi dalam tanah (Nahmani dan Lavelle, 2002). Bahkan menurut Wardle *et al*, (1999) kelimpahan arthropoda tergantung kepada luas tutupan lahan pertanian, dikarenakan sebagian besar arthropoda sangat tergantung pada ketersediaan tanaman pangan, bukan disebabkan banyaknya spesies yang lain. Sementara Baker (1998) mengatakan populasi, biomassa dan diversitas makrofauna tanah dipengaruhi oleh praktek pengelolaan lahan dan penggunaannya.

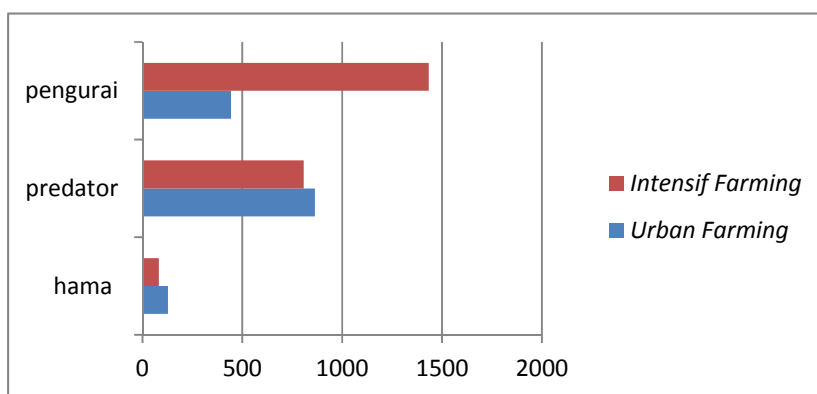
Pengamatan *urban farming* metode nisbi didapatkan Ordo terbanyak adalah Collembola (13,85%) begitu pula pada *intensif farming* sebanyak 61,51%, sedangkan metode mutlak jumlah Collembola sebanyak 52,54% pada UF dan 61,62% pada IF, adanya perbedaan penggunaan lahan tampaknya tidak mempengaruhi populasi dan kehadiran collembola. Ini menunjukkan toleransi dan adaptasi collembola terhadap faktor lingkungan hidupnya, yang membuatnya dijadikan sebagai indikator terhadap kondisi tanah serta memiliki peran yang besar dalam ekosistem (McIntyre *et al.*, 2001; Goncalves dan Pereira, 2011; Carillo *et al*, 2011). Manfaat Collembola menurut (Kaneda dan Kaneko, 2008) selain sebagai dekomposer (Carillo *et al*, 2011) adalah dapat meningkatkan respirasi tanah, serta mempercepat mineralisasi nitrogen. Collembola merupakan binatang yang melimpah di dalam tanah (Borror *et al*, 1992) memangsa bakteri, jamur, partikel mineral tanah, bahan organik, protozoa dan nematoda (Kaneda dan Kaneko, 2008).

Kelimpahan famili Formicidae ordo Hymenoptera yang berada di urutan kedua pengamatan *urban farming* dan keempat di pengamatan *intensif farming* menurut Borror *et al* (1992) Formicidae yang lebih dikenal dengan semut, merupakan kelompok yang umum, menyebar luas dan banyak dikenal orang karena semut menyukai lahan yang tidak digenangi air, semut menyukai lahan hortikultura karena tidak tergenang air. Formicidae merupakan bagian penting dari ekosistem pertanian, berperan dalam penyerbukan, perbaikan tanah yang rusak, daur hara (Way dan Khoo, 1992). Beberapa peneliti (McIntyre *et al.*, 2001; Eeva *et al.*, 2004) menyebutkan Formicidae toleransi terhadap kondisi terkontaminasi logam berat, namun Formicidae juga dapat hidup lebih baik di kondisi yang daerah tanpa polusi (Cortet *et al.*, 1999).

Ordo acari berada pada urutan ketiga dan kedua di masing-masing pengamatan *urban farming* dan *intensif farming* dengan populasi 4921 individu/m² dan 10097 individu/m². Kehadiran acari pada pengamatan disebabkan kemampuan adaptasi yang mengagumkan, memiliki peran yang hampir sama dengan Collembola yakni sebagai dekomposer bahan organik, siklus hara (Caarrillo *et al*, 2011). Kebanyakan anggota ordo acari tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi mudah ditemukan dengan bantuan mikroskop. Mereka memangsa sisa jaringan tubuh arthropoda, bakteri dan alga (Wilson, 2005). Dermaptera merupakan pemakan segala, dapat memakan tanaman, mosses, lichens atau arthropoda kecil maupun

sisa arthropoda yang telah mati (Debras *et al*, 2007 dalam Gonzales dan Pereira, 2011; Bassal *et al*, 2001). Kelimpahan ordo-ordo yang lain mempunyai arti penting dalam dekomposisi yakni memakan bahan-bahan yang membusuk dan seresah daun, selain itu jarang yang berperan sebagai hama, kecuali ordo orthoptera yang merupakan hama perusak tanaman sayuran dan buah (Scherer, nd). Sebagai decomposer beberapa spesies Isopoda, Acari, Collembola dan Diplura tidak dapat meninggalkan tanah sebagai tempat hidupnya (Menta, 2012). Dekomposisi bahan organik oleh organisme tanah sangat penting sebagai bentuk fungsi ekosistem dalam menjaga produktifitas tanaman (Maharning *et al*, 2008).

Ordo lainnya seperti Araneae pada pengamatan nisbi UF (11,72%) dan IF (1,38) serta Dermaptera (UF=1,78;IF=4,31). Araneae memangsa serangga (Lang, 1997), sementara Dermaptera bersifat polyphagus, yang memangsa tanaman, predator, organisme kecil serta bangkai (Goncaves and Pereira, 2012). Secara keseluruhan peran beberapa ordo arthropoda ada bermacam-macam, sebagai dekomposer selain Collembola, adalah Diplura, Isoptera dan Thysanura yang mengkonsumsi sellulosa dan sisa-sisa tubuh jasad serangga lain (DeSouza, Og dan Canello, nd). Ordo orthoptera, Araenida, Chilopoda dan Coleoptera berperan sebagai predator (Lang, 1997) sementara famili gryllicidae, acrididae, oxyopidae dan salticidae, dari keempat famili tersebut sebagian besar memiliki peran sebagai predator, sedangkan acrididae sebagai hama.



Gambar 1. Perbandingan Jumlah Arthropoda berdasarkan Perannya.

Gambar di atas menunjukkan bahwa jumlah pengurai (Collembola, Diplura, Isoptera dan Thysanura), khususnya Collembola pada lahan intensif farming lebih banyak dibandingkan urban farming, meski tidak berbeda nyata. Hal ini dimungkinkan karena adanya penambahan pupuk nitrogen yang mempengaruhi jumlah Collembola namun pada arthropoda dengan siklus hidup relative lebih lama seperti mite (acari) menurut Bardgett dan Cook (1998) kelimpahannya lebih sedikit, sementara spesies yang umur hidup lebih pendek, kelimpahannya lebih banyak.

Keanekaragaman (H')

Keanekaragaman arthropoda tanah berdasarkan Indeks Shannon Weaner pada urban farming pada metode mutlak tergolong sangat rendah dengan nilai 0,92 pada lahan IF, sedangkan UF 1,2 (Tabel 1.) tergolong rendah dan keduanya tidak berbeda nyata. Sementara dari metode nisbi berbeda nyata antara pengamatan UF dan IF dengan nilai 2,27 (keanekaragaman sedang) pada UF dan IF 1,4 (keanekaragaman rendah).

Hal ini menunjukkan sistem organik berkontribusi terhadap keanekaragaman yang dapat meminimalisir pengaruh negatif dari intensifikasi pertanian, juga untuk meningkatkan kualitas habitat orthropoda (Ponce *et al*, 2011). Selain itu dengan tingginya keanekaragaman menunjukkan ketersediaan sumber makanan baik dari mikroorganisme maupun yang lain (Bardgett dan Cook, 1998), ditambahkan Menta (2012), keanekaragaman dipengaruhi oleh spesies tanaman, keanekaragaman/komposisi tanaman, yang mana pada *urban farming* dalam satu *green house* terdapat 4-5 jenis tanaman. Sehingga modifikasi pertanian organik dengan memanfaatkan pekarangan/lahan sempit menggunakan *green house*, secara alamiah akan terjadi peningkatan keanekaragaman dan kestabilan ekosistem sebagai manfaat dari fungsi ekosistem.

Tabel 2. Hasil Uji t Ordo, Famili, Jumlah dan Keanekaragaman

Pengamatan	Ordo		Famili		Jumlah/populasi		H'	
	UF	IF	UF	IF	UF	IF	UF	IF
Mutlak (m ²)	6	9	8	10	204909,09	191333,33	1.2	0.92
Nisbi	12	10	22	17	845	1882	2.27*	1.4

Keterangan: - UF = urban farming; IF= intensive farming; Mutlak=, Visual; Nisbi= Pitfall
 - tanda * menunjukkan adanya perbedaan nyata menurut uji T, dengan taraf kepercayaan 95%

4. KESIMPULAN

Kelimpahan arthropoda di lahan pertanian *urban farming* tidak berbeda nyata dengan *intensif farming*, yakni 8 untuk UF dan 10 untuk IF untuk ordo arthropoda dengan metode mutlak, sementara kelimpahan famili 8 untuk UF dan 10 untuk IF dengan metode nisbi. Sedangkan berdasarkan jumlah populasi juga tidak berbeda nyata, yakni metode mutlak, 204.909,09 (UF) dan 191.333,33 (IF), metode nisbi UF (845) dan IF (1882), dengan kelimpahan tertinggi pada Ordo Collembola, dikedua metode mutlak maupun nisbi.

Keanekaragaman Shannon-Wenner pengamatan nisbi arthropoda dipermukaan tanah berbeda nyata antar dua pengamatan, yakni UF (2,27) sedangkan IF (1,4), sehingga fungsi ekosistem dalam menciptakan keseimbangan terjadi di lahan pertanian organik *urban farming* meskipun menggunakan *green house*.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada PUSBINDIKLATREN BAPPENAS atas bantuan pembiayaan pendidikan dan STPP Malang, Badan Pengembangan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian atas izin yang diberikan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan.

5. REFERENSI

- Atkinson, Sarah J. 1995. Approach and Actors in Urban Food security in Developing Countries. *Habitat Int* Vol. 19 No. 2. Page 151-163.
- Baker, G. H. 1998. Recognising and Responding to the Influence of Agriculture and other land Use practices on Soil Fauna in Australia. *App. Soil Ecol.* 9, 303-310.
- Bargett, Richard D. and Roger Cook. 1998. Functional Aspect of Soil Animal diversity in Agricultural Grassland. *Applied Soil Ecology* 10: 263-276.
- Bassal, Taha T. M., M. E. El-Naggar, N. M. Fahmy, M. A. A. Dorrah, M. H. Sallam, and M. S. Salama. 2001. Carnivory, Rate Of Digestion, And Prey Consumption By *Labidura riparia* (Dermaptera: Labiduridae). *Efflatounia*, 1: 13-19.
- Bonkowski, M., Griffiths, B., Scrimgeour. 2000. Substrate heterogeneity and microfauna in soil organic 'hotspots' as determinants of nitrogen capture and growth of ryegrass. *Appl. Soil Ecol.* 14: 37-53
- Borror *et al*, 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*, Ed. 6. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Carillo Y., Becky A. Ball. Bradford, Jordan, dan Molina. 2011. Soil Fauna alter the Effect of litter competition on Nitrogen Cycling. *Soil Biology and Biochemistry* xxx: 1-10
- Cortet, J., De Vauflery, A., Poinso-balaguer, N., Gomot, L., Texier, C., Cluzeau, D., 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology* 5, 115-134.
- Curry, J.P., 1986. Effects of management on soil decomposers and decomposition processes in grassland, in: Mitchell, M.J., Nakas, J.P. (Eds.), *Micro floral and Faunal Interactions in Natural and Agro ecosystems*. Nijhoff/Junk Publishers, Dordrecht, pp. 349-398.
- Dahuri, Rohmin. 1998. *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan: dalam Perspektif Ekonomi, Sosial dan Ekologi*. Agrimedia. Volume 4 no.1 Februari 1998 Hal. 5-11.
- DeSouza, Og dan Canello, nd. *Termites and Ecosystem Function*. *Encyclopedia of Life Support Systems*: 1-7
- Eeva, T., Sorvari, J., Koivunen, V., 2004. Effects of heavy metal pollution on red wood ant (*Formica* s. str.) populations. *Environmental Pollution* 132, 533-539.
- Food and Agriculture Organization. 2010. *The Global Forest Resources Assessment 2010*. Rome: FAO.

- Gardi, C. dan Jeffrey S., 2009. Soil Biodiversity. European Commission Joint Research Centre, Institute for Environmental and Sustainability, Land Management and Natural Hazards Unit.
- Goncalves, M. F dan Jose Alberto Pereira. 2011. Abundance and diversity of soil arthropods in the olive grove ecosystem
- Hendrix, P. F. And Edward C. A. 2004. Earthworm in Agroecosystems: research Approaches, in: Edward, C. A. (Eds.), Earthworm Ecology, second ed. CRC Press, Boca Raton, London, New York: 287-295.
- Holes, D. G., A. J. Perkins, J. D. Wilson, I. H. Alexander, P. V. Grice, A. D. Evans. 2005. Biological Conservation 122: 113-130.
- Hooper, D. U., D. E. Bignell, V. K. Brown, L. Brussard, J. M. Dangerfield, D. H. Wall, D. A. Wardle, D. C. Coleman, K. E. Giller, P. Lavelle, W. H. Van Der Putten, P. C. De Ruiter, J. Rusek, W. L. Silver, J. M. Tiedje, and V. Wolters. 2000. Interaction between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystem; Patterns, mechanisms and feedback, Bioscience 50 (12); 1049-1061
- Jeffrey S, Gardi C, Jones A, Montanarella L, Marmo L, Miko L, Ritz K, Peres G, Rombke J, van der Putten WH. 2010. European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publication Office of the European Union.
- Kaneda S, Kaneko N. 2004. Growth of the Collembolan *Folsomia candida* Willem in soil supplemented with glucose. Pedobiologia 48:165-170.
- Lang, Andreas dan J. Klarenberg. 1997. Experimental the Foraging Behaviour of the Hunting Spider *Pisaura mirabilis* (Araneae:Pisauridae): Utilization of single Prey Items. Eur. J. Entomol 94:453-459.
- Lavelle, P., T. Decaëns, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, P. Margerie, P. Mora, J.-P. Rossi. Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology 42 (2006) S3-S15
- Lee, K.E., 1991. The diversity of soil organisms, in: Hawksworth, D.L. (Eds.), The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture. CABI, Wallingford, 73-86.
- Maharning AR, Mills AA, Adl SM. 2008. Soil Community Changes during secondary Succession to Naturalized Grasslands. Appl. Soil Ecol. 41: 137-147.
- McIntyre, N.E., Rango, J., Fagan, W.F., Faeth, S.H., 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. Landscape and Urban Planning 52, 257-274.
- Menta, Cristina. 2012. Soil Fauna Diversity-Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. Intech.
- Moore, J. C. And Water D. E, 1988. Arthropod Regulation of micro and Mesobiota in below ground food webs. Annual Review of Entomology 33: 419-439.
- Nahmani, J., and P. Lavelle, 2002, Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France, European Journal of Soil Biology, 38, 297-300.
- Ponce, Carlos, Carolina Bravo, David Garcia de Leon, Maria Magana dan Juan Carlos Alonso. 2011. Effect on Organic Farming on Plant and Arthropod Communities: A Case Study in Mediterranean Dryland Cereal. Agricultural, Ecosystems and Environment 141: 193-201
- Scherer, C. W. and J. L. Capinera. Nd. Eastern Lubber Grasshopper, *Romalea microptera* (Beauvois) (= *guttata* (Houttuyn)) (Insecta: Orthoptera: Acrididae). IFAS Extension. University of Florida.
- Schindler, Bracha., Alden B. Griffith dan Kristina N. Jones, 2011, Factor Influencing Arthropod Diversity on Green Roofs. Cities and Environment Vol. 4. Issue 1.
- Siwi, Sri S., Subyanto dan A. Sulthoni. 1993. Kunci Determinasi Serangga. Kanisius. Yogyakarta.

- Turnbe, A., Toni A, Benito P, Lavelle P, Ruiz N, Van der Putten WH, Labouze E, Mudgal S. 2010. Soil Biodiversity: Functions threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission.
- Uchiani, F., Susi Wuri Ani. 2012. Tren Alih Fungsi Lahan Pertanian di Kabupaten Klaten. *Sepa* : Vol. 8 No. 2 Pebruari 2012 : 51 – 182.
- Wardle, D. A., K. I. Bonner, G. M. Barker, G. W. Yeates, K. S. Nicholson, R. D. Bardgett, R. N. Watson, and A. Ghani. 1999. Plant removals in perennial grassland: Vegetation dynamics, decomposers, soil biodiversity, and ecosystem properties. *Ecological Monographs* 69(4):535–568.
- Way, M. J and Khoo K. C. 1992. Role of Ants in Pest Management. *Annual Review of Entomology* 37: 479-503
- Wilson, E. O. 2005. Oribatid mite predation by Small Ants of Genus Pheidole, *Insectes Socianux* 52: 263-265.