

## **PEMANFAATAN NEMATODA TANAH GAMBUT TROPIS BAGI PENGEMBANGAN BIOLOGI DAN PENDIDIKAN BIOLOGI DI INDONESIA\***

**Abdul Gafur**

Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Ahmad Yani Km 35,8 Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Email: [agafur@fmipa.unlam.ac.id](mailto:agafur@fmipa.unlam.ac.id)

### **ABSTRACT**

Indonesia is the richest country in tropical peat lands. Increased population and, in turn, increased basic needs, has led to the use and conversion of peat lands. The success and sustainability of the exploitation requires sufficient knowledge of the properties, including biological, of the peat soils. Among key components in soil ecosystem, nematodes have been demonstrated useful indicator of soil condition. However, few studies have been performed on their usefulness in tropical peat soils. In addition to the development of biology and the contribution of biology to development, being a group with high density in species as well as ecological diversity, nematodes provide good possibilities to be useful in biology education, particularly as local contents in peat-land-rich areas. Uniqueness of tropical peat land ecosystems requires that certain factors and constraints be considered in the use of nematodes of tropical peat soils in the development of biology and biology education in Indonesia.

Key words: soil, nematodes, peat, biology, education

---

\* Telah disajikan dalam Seminar Nasional Biologi di Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 24-25 Mei 2007

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang paling kaya di dunia akan lahan gambut tropis (Rieley *et al.*, 1996). Lahan gambut tropis memiliki sifat fisika-kimia dan biologis yang khas (Adriesse, 1988), sehingga dapat diduga ekosistem di lahan gambut menyimpan biodiversitas yang khas pula. Oleh karena itu, dapat diperkirakan bahwa Indonesia juga merupakan negara terkaya akan biodiversitas di lahan gambut tropis, dan karenanya memiliki potensi yang paling besar untuk pemanfaatan lahan gambut tropis dan biodiversitas yang terdapat di dalamnya.

Berbicara mengenai biodiversitas, biasanya yang dimaksud adalah biodiversitas di atas tanah. Padahal, diperkirakan biodiversitas di bawah-tanah jauh lebih besar daripada di atas tanah (Heywood, 1995). Atas dasar itu, dapat diperkirakan bahwa biodiversitas bawah-tanah di lahan gambut juga lebih besar daripada di atas-tanahnya. Begitu pula, kemungkinan pemanfaatan biodiversitas lahan gambut juga lebih besar diberikan oleh biodiversitas bawah-tanahnya daripada atas-tanahnya.

Salah satu komponen terpenting dari biodiversitas di ekosistem tanah adalah nematoda (Yeates, 1979; Freckman, 1988). Begitu pula agaknya pada tanah di lahan gambut, walaupun belum ada laporan penelitian yang komprehensif mengenai hal itu. Oleh karena itu, dalam hal potensi

pemanfaatan biodiversitas di lahan gambut bagi kepentingan perkembangan biologi dan perannya dalam pembangunan serta bagi pendidikan biologi, peran nematoda patut diperhitungkan. Hal itu berlaku setidaknya untuk daerah-daerah yang memiliki lahan gambut luas, seperti di Kalimantan, Sumatera, dan Papua.

## PERAN NEMATODA TANAH BAGI PERKEMBANGAN BIOLOGI

Pengetahuan mengenai nematoda telah dimulai sejak zaman prasejarah, melalui cacing parasit makroskopis (Hyman, 1951) pada manusia atau hewan.

Sejak awal abad ke sembilan belas nematoda telah memberikan sumbangan penting bagi biologi dengan rongga tubuhnya yang merupakan pseudoselom. Konsep pseudoselom ini sangat penting dalam taksonomi hewan, sebagai salah satu dasar utama klasifikasi berdasarkan rancangan dasar tubuh hewan. Di akhir abad ke sembilan belas, berdasarkan penelitian dengan cacing filaria *Wuchereria bancrofti*, untuk pertama kali dibuktikan bahwa serangga pengisap darah dapat terlibat dalam penularan penyakit. Selain itu, penelitian dengan nematoda parasit *Parascaris equorum* memberikan pemahaman mengenai perubahan ploidi selama meiosis dan setelah fertilisasi telur oleh sperma. Dengan demikian, ketika hukum Mendel ditemukan kembali, biologawan telah siap untuk memahami landasan kromosomal hereditas, yang

sangat penting perannya bagi perkembangan genetika modern.

Pengetahuan mengenai nematoda yang hidup bebas di tanah, yang umumnya mikroskopis, praktis belum ada sebelum ditemukannya mikroskop. Bahkan meskipun mikroskop telah ditemukan sejak abad ke-17, nematoda hidup-bebas yang secara zoologis lebih penting daripada yang parasitik tetap saja tidak banyak mendapat perhatian hingga abad ke-20. Baru di pertengahan abad ke-20 diterbitkan tulisan yang komprehensif mengenai nematoda hidup-bebas di tanah dan air tawar.

Pada tahun 1963 mulai dilakukan penelitian terhadap nematoda hidup-bebas *Caenorhabditis elegans*, yang merupakan awal dari serangkaian penelitian yang sangat penting kontribusinya bagi perkembangan biologi. Genetika dan biologi perkembangan spesies ini telah diketahui lebih rinci daripada nyaris semua organisme di bumi. Asal usul dan silsilah semua sel di dalam tubuhnya telah dirunut dari zigot hingga dewasa; semua neuron dengan semua hubungannya telah diketahui, sehingga telah dapat dibuat 'diagram kabel' yang lengkap dari sistem sarafnya. Genomnya telah dipetakan selengkapnya dan keseluruhan genomnya itu telah disekuens (Roberts, 1990). Karena itu, banyak temuan mendasar mengenai fungsi gen telah dan akan terus dihasilkan dengan memanfaatkan *C. elegans*. Sekarang spesies ini telah menjadi salah satu model eksperimen yang paling penting

dalam biologi. Spesies ini akan sangat berperan untuk menjawab banyak pertanyaan mengenai biologi organisme, termasuk manusia.

Di tahun 1980-an mulai berkembang perhatian untuk memanfaatkan komunitas nematoda dalam pengawasan lingkungan darat (Freckman, 1988; Bongers, 1990). Dengan meningkatnya kesadaran akan keanekaragaman serta signifikansi ekologis nematoda, kelompok hewan ini semakin banyak digunakan sebagai indikator untuk keanekaragaman dan keberlanjutan (Yeates, 2003). Pada mulanya digunakan indeks sederhana berupa kelimpahan atau proporsi berbagai kelompok trofik, kemudian berbagai indeks ekologi berdasarkan kontribusi proporsional tiap-tiap takson nominal, seperti indeks keanekaragaman ( $H'$ ). Pada perkembangan selanjutnya digunakan indeks yang khusus nematoda, seperti Maturity Index (Bongers, 1990), Enrichment Index (EI), Structure Index (SI), dan Channel Index (CI) (Ferris *et al.*, 2001).

Sejak awal abad ke-20 telah ditemukan spesies nematoda yang dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendalian hayati serangga hama (Adams & Nguyen, 2002). Setelah sempat dorman akibat tampak potensialnya pengendalian kimiawi, mulai 1980an penelitian mengenai nematoda entomopatogen kembali hidup. Pencarian spesies baru nematoda yang dapat mengendalikan hama secara efektif kembali digalakkan.

Signifikansi ekonomis nematode parasit tumbuhan mulai disadari sejak 1940-an. Sejak itu, banyak temuan yang dihasilkan yang dapat memperkecil dampak ekonomi nematoda terhadap produksi pangan dan sandang. Nematoda parasit tumbuhan telah pula dipakai sebagai agen pengendalian hayati gulma.

### **POTENSI NEMATODA TANAH GAMBUS TROPIS BAGI PERKEMBANGAN DAN PERAN BIOLOGI DI INDONESIA**

Saat ini ditaksir terdapat sekitar 10<sup>5</sup> spesies nematoda, yang sebagian besar adalah yang hidup bebas, dan dari jumlah itu baru sekitar 10% yang telah diketahui (Coomans, 2000). Untuk daerah tropis, bahkan tidak bisa dibuat pernyataan yang definitif mengenai biodiversitas nematoda (Boag & Yeates, 1998). Apalagi di lahan gambut tropis, yang kajian biodiversitasnya lebih belakangan, khususnya biodiversitas bawah-tanahnya, lebih sedikit lagi yang sudah diketahui.

Telah diketahui bahwa daerah tropis merupakan kawasan yang paling kaya akan biodiversitas. Pernyataan itu terutama didasari oleh taksiran akan kekayaan spesies di atas tanah. Meskipun demikian, tidak ada alasan untuk tidak mengasumsikan bahwa dalam hal biodiversitas bawah-tanah daerah tropis juga lebih besar daripada kawasan lain. Berdasarkan hal itu, dapat diperkirakan bahwa demikian pula halnya dengan

biodiversitas nematoda tanah di daerah tropis.

Mengenai biodiversitas nematoda tanah di lahan gambut tropis, walaupun amat sedikit laporan yang dapat ditemukan (Gafur, 2006), dapat diperkirakan bahwa Indonesia juga paling kaya karena merupakan negara yang terkaya dengan tipe lahan ini. Dengan demikian, Indonesia sebenarnya memiliki modal (potensi) yang paling besar untuk kajian mengenai kelompok ini, khususnya mengenai biodiversitasnya. Karena masih sedikit yang sudah diketahui mengenai jenis-jenis nematoda yang ada, besar kemungkinan terdapat jenis yang belum dideskripsikan. Dengan sifat tanahnya yang khas, tidak mustahil terdapat jenis-jenis yang endemik. Selain itu, dengan adanya berbagai tipe tanah gambut berdasarkan tingkat dekomposisi ataupun jenis tumbuhan pembentuk materi gambut ataupun variasi yang lain, ada pula kemungkinan perbedaan antarpopulasi sespesies. Semua itu merupakan modal yang besar untuk mengimplementasikan rekomendasi Barker *et al.* (1994) agar meningkatkan taksonomi-sistematika nematoda, mengarakterisasi biodiversitas jenis dan genetik nematoda serta mengembangkan metode identifikasi spesies dan ras nematoda yang cepat dan akurat. Karakterisasi berbagai takson juga penting untuk pengukuran biodiversitas secara lebih baik dan pemahaman yang lebih baik mengenai hubungan ekologisnya (Coomans, 2000).

Dengan demikian, nematoda tanah gambut tropis memberikan peluang yang besar bagi pengembangan sistematika dan taksonomi tidak hanya di Indonesia, tetapi juga di dunia, khususnya pada tingkat taksonomi alfa atau mikrotaksonomi. Tidak hanya untuk nematoda, tetapi juga bidang sistematika dan taksonomi secara umum. Ini merupakan sumbangsih penting bagi biologi, sebagai penyeimbang kecenderungan reduksionis yang dewasa ini sangat dominan dalam biologi fungsional (Mayr & Ashlock, 1991).

Peningkatan jumlah penduduk yang sangat pesat mau tidak mau harus diimbangi dengan peningkatan produksi pangan dan sandang. Untuk itu pemerintah di tahun 90-an telah menetapkan proyek lahan gambut (PLG) sejuta hektar yang kemudian dianggap gagal tetapi baru-baru ini diputuskan untuk diteruskan lagi. Pengalaman kegagalan terdahulu mengajarkan perlunya upaya menghindari dampak negatif dari pemanfaatan lahan gambut. Upaya tersebut, juga pemantauan kondisi lahan, menuntut adanya indikator yang dapat dipercaya mengenai kondisi tanah. Sebagai komponen penting ekosistem tanah, struktur komunitas nematoda dapat dimanfaatkan sebagai indikator kondisi tanah, tidak terkecuali tanah gambut tropis (Gafur, 2006).

Akan tetapi, sejauh ini sebagian besar pengetahuan mengenai pemanfaatan nematoda tanah sebagai bioindikator berasal dari kajian di kawasan non-tropis,

lagipula bukan lahan gambut. Pemanfaatannya di tanah gambut tropis memerlukan latar belakang yang cukup mengenai nematofauna setempat, terutama pengetahuan sistematik yang memungkinkan identifikasi yang memadai (Yeates, 2003). Selain itu, karena berbagai metode untuk ekstraksi nematoda tanah masing-masing memiliki kelemahan, banyak laboratorium yang memilih metode yang paling efisien dan memberikan hasil paling konsisten untuk kondisi setempat (McSorley & Frederick, 2004). Metode ekstraksi nematoda yang dipilih pun perlu dioptimasi untuk dipakai di tanah tropis (Bloemers & Hodda, 1995), karena adanya berbagai faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi seperti suhu (Freckman & Caswell, 1985) dan tipe tanah (Townsend, 1962). Kedalaman optimal sampel tanah perlu diketahui (Verschoor *et al.*, 2001; Griffith *et al.*, 2003). Misalnya, untuk mengambil sampel tanah secara umum Kozłowska & Wasilewska (1991) menganjurkan kedalaman 20-25 cm dan Swift & Bignell (2001) menganjurkan 30 cm, tetapi Rahmita *et al.* (2007) yang melakukan pengambilan sampel nematoda tanah gambut tropis menemukan bahwa kedalaman optimal untuk kerapatan total maupun biodiversitas adalah 10 cm.

Di antara spesies nematoda yang ditemukan di lahan gambut tropis adalah yang secara ekologis berkaitan dengan serangga. Kelompok ini, khususnya dari dua famili (Steinernematidae dan

Heterorhabditidae) dapat ditemukan di semua ekosistem dan memainkan peran penting mengendalikan kerapatan populasi serangga di ekosistem alami maupun antropogenik (Sandner & Bednarek, 1993). Meskipun tersebar luas, baru sedikit yang diketahui mengenai biologi dan ekologi dalam kondisi alami. Kajian mengenai kelompok ini yang berasal dari tanah gambut tropis, terutama kisaran inang serta berbagai faktor di dalam tanah yang mempengaruhi keefektifannya sebagai patogen serangga, akan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan peran biologi dalam pengendalian hayati serangga hama, baik di lahan gambut sendiri ataupun di tipe lahan yang lain.

Selain itu, di tanah gambut tropis juga ditemukan nematoda pemakan tumbuhan, walaupun jumlah dan biodiversitasnya tidak besar dibandingkan dengan yang tergolong pemakan bakteri dan fungi (Gafur, 2006). Informasi mengenai berbagai jenis yang ada akan penting artinya dalam upaya memprediksi dan mengantisipasi kemungkinan gangguan penyakit tumbuhan akibat nematoda dan untuk menjamin keberhasilan produksi pertanian di lahan gambut. Di samping menyerang tanaman produksi, nematoda juga bisa menyerang tumbuhan pengganggu, sehingga potensial untuk dimanfaatkan dalam pengendalian hayati gulma. Dalam hal ini pun, pengetahuan mengenai biologi dan ekologi nematoda yang bersangkutan sangat dibutuhkan.

Pengendalian hayati memanfaatkan prinsip dan wawasan ekologi untuk mengoptimasi pemilihan, pengujian, dan penggunaan agen pengendalian hayati untuk mencapai pengendalian hama yang lebih berhasil, teramalkan, dan berkelanjutan, sembari meminimalkan dampaknya pada organisme bukan-sasaran (Huffaker *et al.*, 1976). Sebaliknya, proyek pengendalian hayati merupakan uji yang penting bagi berbagai hipotesis ekologi, dan upaya untuk menjelaskan serta memperbaiki kegagalan suatu program pengendalian hayati sering mendorong riset mengenai ekologi dan biologi dasar sistem yang terlibat (Gaugler *et al.*, 1997). Pengembangan program pengendalian hayati hama di lahan gambut dengan memanfaatkan nematoda selain membutuhkan juga memberikan kontribusi bagi pengembangan biologi dan ekologi kelompok ini serta ekosistem tanah gambut yang bersangkutan.

Tanah gambut tropis senantiasa mengalami perubahan kondisi yang cukup besar akibat pergantian musim sepanjang tahun. Dalam musim penghujan, umumnya lahan gambut digenangi air, sedangkan dalam musim kemarau kering dan sering terbakar. Meskipun demikian, Gafur (2006) tidak menemukan perbedaan yang signifikan dalam struktur dan komposisi komunitas nematoda antara lahan yang tidak dan yang bekas terbakar. Selain karena peningkatan suhu akibat kebakaran tidak terlalu besar di dalam tanah, ada

kemungkinan pula tidak adanya perbedaan struktur dan komposisi komunitas itu karena adaptasi nematoda tanah gambut tropis terhadap peningkatan suhu. Hal ini membuka peluang penerapan teknik molekular untuk memperluas pemanfaatan nematoda patogen dalam pengendalian hama dan penyakit tumbuhan, misalnya manipulasi gen yang bertanggung jawab untuk ketahanan terhadap kekeringan dan adaptasi suhu (Barker *et al.*, 1994).

### **POTENSI NEMATODA TANAH GAMBUT TROPIS BAGI PENDIDIKAN BIOLOGI DI INDONESIA**

Selain bagi pengembangan biologi dan peran biologi, nematoda tanah gambut tropis juga potensial untuk dimanfaatkan dalam peningkatan kualitas pendidikan biologi di Indonesia, khususnya untuk daerah yang memiliki lahan gambut yang cukup luas. Sebenarnya tidak ada perbedaan antara nematoda tanah gambut tropis dengan tipe tanah yang lain dalam hal potensinya untuk pendidikan biologi. Hanya saja, untuk daerah yang kaya lahan gambut, nematoda tanah dapat dimasukkan dalam materi tentang lahan gambut sebagai muatan lokal untuk pendidikan di daerah yang bersangkutan.

Dari segi biodiversitas, nematoda hanya kalah dari serangga, dan dalam hal jumlah tidak ada metazoa yang melebihinya karena hampir 90% metazoa adalah nematoda (Andrassy, 2005). Dalam klasifikasi hewan nematoda menempati

posisi penting. Hal itu terutama karena pseudoselomnya yang dianggap sebagai salah satu ciri penting dalam filogeni dan klasifikasi metazoa bilateral (Barnes, 1987), meskipun belakangan hal ini mendapat tantangan dari bukti molekuler (Aguinaldo *et al.*, 1997). Namun, posisi penting nematoda itu tidak secara proporsional tercermin dalam materi biologi di sekolah. Pembahasan nematoda di sekolah tidak menyentuh hal penting di atas maupun perannya dalam ekosistem, melainkan lebih kepada bahayanya sebagai parasit manusia dan hewan. Jika hal ini dapat diperbaiki, itu akan merupakan peningkatan yang signifikan dalam pengajaran biologi di sekolah. Untuk daerah yang memiliki lahan gambut, pembahasan mengenai nematoda setempat selain memberikan keuntungan di atas juga meningkatkan pemahaman dan penghayatan siswa mengenai kondisi dan potensi daerahnya.

Nematoda juga dapat dimanfaatkan sebagai media pengajaran. Biasanya nematoda yang diamati oleh siswa adalah awetan nematoda parasit, seperti *Ascaris* yang makroskopis tetapi tubuhnya tidak transparan sehingga organ dalamnya tidak dapat diamati. Sebaliknya, umumnya nematoda tanah memiliki tubuh yang transparan, sehingga organ dalamnya dapat diamati tanpa memerlukan teknik khusus maupun pewarnaan. Dalam hal ukuran, walau tidak ada yang sebesar *Ascaris*, di tanah gambut terdapat *Xiphinema* (Gafur, 2006), misalnya, yang berukuran cukup

besar untuk diamati dengan mikroskop sederhana berpembesaran sedang bahkan rendah. Jenis seperti ini dapat menjadi alternatif untuk pengamatan nematoda, dengan kelebihan dapat diamati struktur internalnya.

Penggunaan spesimen hidup nematoda tanah memungkinkan siswa mengamati berbagai kegiatan yang menarik, seperti pergerakan dan makan. Sementara itu, penggunaan slide mikroskopis memungkinkan pengamatan struktur eksternal maupun internal dengan lebih baik. Keberagaman tingkatan trofik serta biodiversitas jenis yang tinggi dengan berbagai karakter morfologi yang khas seperti dimiliki oleh *Wilsonema*, *Xiphinema*, *Mononchus* dan *Criconema* (Gafur, 2006), akan membangkitkan semangat siswa dalam melakukan pengamatan.

Karena kerapatannya yang tinggi di dalam tanah dan cara ekstraksi yang relatif sederhana, nematoda tanah relatif mudah diperoleh. Guru tidak akan mendapatkan kesulitan yang berarti dalam menyiapkan nematoda untuk keperluan praktikum. Slide permanen memang agak sulit dibuat dan membutuhkan ketrampilan khusus, tetapi untuk keperluan praktikum slide sementara, yang amat mudah dibuat, sudah memadai.

Dapat pula disiapkan foto atau rekaman video nematoda. Dengan mikroskop siswa sederhana dan peralatan foto/video digital yang sekarang mudah diperoleh semua itu dapat dibuat dengan

relatif mudah. Media semacam ini akan lebih menarik dan lebih mampu membangkitkan minat siswa.

Pada akhirnya, pemanfaatan nematoda tanah gambut untuk pendidikan biologi menuntut kemampuan guru dalam mengaplikasikannya. Oleh karena itu, perlu diberikan pembekalan pengetahuan dan ketrampilan yang cukup mengenai nematoda bagi guru biologi. Begitu pula bagi mahasiswa calon guru biologi.

## PENUTUP

Nematoda tanah gambut tropis potensial untuk dimanfaatkan bagi pengembangan biologi dan perannya dalam pembangunan serta untuk pendidikan biologi di Indonesia. Sebagai negara yang memiliki lahan gambut tropis terluas di dunia, Indonesia memiliki peluang yang paling besar untuk mewujudkan potensi tersebut. Walaupun penerapannya terutama untuk daerah yang memang memiliki lahan gambut yang relatif luas, manfaatnya tidak terbatas hanya untuk daerah tersebut. Agar potensi itu dapat terwujud, kajian mengenai biologi dan ekologi nematoda tanah gambut tropis perlu digalakkan. Untuk itu komitmen dari pemerintah sangat diperlukan, terutama dalam hal pendanaan. Mengingat kuatnya dorongan untuk pemanfaatan dan konversi lahan gambut tropis di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dasar penduduk yang jumlahnya terus meningkat, kajian mengenai nematoda tanah gambut tropis perlu segera digalakkan

di Indonesia sebagai salah satu sarana mencapai eksploitasi lahan gambut yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adams BJ & Nguyen KB. 2002. Taxonomy and Systematics. *Entomopathogenic Nematology*. R. Gaugler (Ed.). CABI Publishing, Wallingford: 1-33.
- Adriessse W. 1988. *Nature and Management of Tropical Peat Soils*. Food and Agriculture Organisation of The United Nations, Rome.
- Aguinaldo AMA, Turbeville JM, LInford LS, Rivera MC, Garey JR, Raff RA & Lake JA. 1997. Evidence for a clade of nematodes, arthropods and other moulting animals. *Nature* **387**: 489-493.
- Andrassy I. 2005. *Free-Living Nematodes of Hungary (Nematoda Errantia)*. Hungarian Natural History Museum, Budapest.
- Barker KR, Hussey RS, Krusberg LR, Bird GW, Dunn RA, Ferris H, Ferris VR, Freckman DW, Gabriel CJ, Grewal PS, MacGuildwin AE, Riddle DL, Roberts PA & Schmitt DP. 1994. Plant and Soil Nematodes: Societal impact and focus for the future. *Journal of Nematology* **26**: 127-137.
- Barnes RD. 1987. *Invertebrate Zoology*. Fifth edition. Saunders College Publishing, Philadelphia.
- Bloemers GF & Hodda M. 1995. A method for extracting nematodes from a tropical forest soil. *Pedobiologia* **39**: 331-343.
- Boag B & Yeates GW. 1998. Soil nematode biodiversity in terrestrial ecosystems. *Biodiversity and Conservation* **7**: 617-630.
- Bongers T. 1990. The Maturity Index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* **83**: 14-19.
- Coomans A. 2000. Nematode systematics: past, present and future. *Nematology* **2**(1): 3-7.
- Ferris H, Bongers T & de Goede RGM. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* **18**(1): 13-29.
- Freckman DW. 1988. Bacterivorous Nematodes and Organic-Matter Decomposition. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **24**: 195-217.
- Freckman DW & Caswell EP. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* **23**: 275-296.
- Gafur A. 2006. *Struktur komunitas nematoda tanah gambut tropis dari Kalimantan Selatan*. Seminar Nasional Biologi, Semarang, Universitas Negeri Semarang.
- Gaugler R, Lewis E & Stuart RJ. 1997. Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes. *Oecologia* **109**(4): 483-489.
- Griffith BS, Neilson R & Bengough AG. 2003. Soil factors determined nematode community composition in a two year pot experiment. *Nematology* **5**(6): 889-897.
- Heywood VH. 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huffaker CB, Simmonds FJ & Laing JE. 1976. The theoretical and empirical basis of biological control. *Theory and Practice of Biological Control*. C. B. Huffaker and P. S. Messenger (Ed.). Academic Press, New York: 42-78.
- Hyman LH. 1951. *The Invertebrates*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kozłowska J & Wasilewska L. 1991. Nematoda. *Methods in Soil Zoology*. M. Gorny and L. Grum (Ed.). Polish Scientific Publishers, Amsterdam: 163-186.
- Mayr E & Ashlock PD. 1991. *Principles of Systematic Zoology*. McGraw-Hill, Inc., New York.

- McSorley R & Frederick JJ. 2004. Effect of extraction method on perceived composition of the soil nematode community. *Applied Soil Ecology* **27**: 55-63.
- Rahmita D, Gafur A & Rusmiati. 2007. Kerapatan dan biodiversitas nematoda tanah gambut di Kecamatan Gambut, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. *Bioscientiae* **4**(2): 85-95.
- Rieley JO, Ahmad-Shah AA & Brady MA. 1996. *The extent and nature of tropical peat swamps*. Workshop on Integrated Planning and Management of Tropical Lowland Peatlands, Cisarua, Indonesia, IUCN.
- Roberts L. 1990. The Worm Project. *Science* **248**: 1310-1313.
- Sandner H & Bednarek A. 1993. Nematodes ecologically related to insects. *Methods in Soil Ecology*. M. Gorny and L. Grum (Ed.). Polish Scientific Publishers, Amsterdam: 187-197.
- Swift M & Bignell D. 2001. *Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice*. ASB Lecture Note 6B. International Centre for Research in Agroforestry, Bogor.
- Townsend JL. 1962. An examination of the efficiency of the Cobb decanting and sieving method. *Nematologica* **8**: 293-300.
- Verschoor BC, De Goede RGM, De Hoop JW & De Vries FW. 2001. Seasonal dynamics and vertical distribution of plant-feeding nematode communities in grasslands. *Pedobiologia* **45**: 213-233.
- Yeates G. 1979. Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology* **11**: 213-229.
- Yeates G. 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils* **37**: 199-210.