

Preferensi Berbagai Jenis Makrofauna Tanah Terhadap Sisa Bahan Organik Tanaman pada Intensitas Cahaya Berbeda

Preference of soil macrofauna to crops residue at different light intensity

SUGIYARTO¹, MANAN EFENDI, EDWL MAHAJOENO¹, YOGI SUGITO, EKO HANDAYANTO², LILY AGUSTINA²

¹ Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126

² Program Pascasarjana Universitas Brawijaya, Malang

Diterima: 26 Oktober 2006 Disetujui: 22 Februari 2007

ABSTRACT

Every species of soil macrofauna prefer specific food and environment to be establish in it's habitat. Their diversity depend on variation of food and environmental condition. The aim of this research was to study the effect of different crop residue and light intensity on population of several soil macrofauna specieses. Mycrocosmos experiment was arranged in split-plot design with two treatments factor, i.e.: (1) crop residue (albizia, papaya, elephant grass, maize, sweet potato and without crop residue input), and (2) light intensities (0, 5, 15 and 25) Watt/day. The soil macrofauna were earthworms, millipedes, scarabids larvae and cocroachs. Results of the study showed that: (1) crop residues aplication increased soil macrofauna population, especially maize residue (by 113%, respectively, compare to control tretment), (2) on higher light intensity, population of earthworms, scarabids larvae and cocroach decreased, but population of millipedes increased, (3) the highest macrofauna population was on maize residue and 5 Watt/day light intensity treatment.

© 2007 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: Soil macrofauna, preferency, crop residue, light intensity.

PENDAHULUAN

Makrofauna tanah mempunyai peran yang sangat beragam di dalam habitatnya. Pada ekosistem binaan, keberadaannya dapat bersifat positif (menguntungkan) maupun negatif (merugikan) bagi sistem budidaya. Pada satu sisi makrofauna tanah berperan menjaga kesuburan tanah melalui perombakan bahan organik, distribusi hara, peningkatan aerasi tanah dan sebagainya, tetapi pada sisi lain juga dapat berperan sebagai hama berbagai jenis tanaman budidaya. Dinamika populasi berbagai jenis makrofauna tanah menentukan perannya dalam mendukung produktivitas ekosistem binaan. Dinamika populasi makrofauna tanah tergantung pada faktor lingkungan yang mendukungnya, baik berupa sumber makanan, kompetitor, predator maupun keadaan lingkungan fisika-kimianya.

Bahan organik tanaman merupakan sumber energi utama bagi kehidupan biota tanah, khususnya makrofauna tanah (Suin, 1997), sehingga jenis dan komposisi bahan organik tanaman menentukan kepadatannya (Hakim dkk, 1986). Menurut Reinjtjes *et al.* (1999) bahan organik tanaman akan mempengaruhi tata udara pada tanah dengan adanya jumlah pori tanah karena aktivitas biota tanah. Oleh aktivitas biota tanah, bahan organik tanaman dirombak menjadi

mineral dan sebagian tersimpan sebagai bahan organik tanah. Bahan organik tanah sangat berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah dan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman.

Fauna tanah memerlukan persyaratan tertentu untuk menjamin kelangsungan hidupnya. Struktur dan komposisi makrofauna tanah sangat tergantung pada kondisi lingkungannya. Makrofauna tanah lebih menyukai keadaan lembap dan masam lemah sampai netral (Notohadiprawiro, 1998). Hakim dkk (1986) dan Makalew (2001), menjelaskan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas organisme tanah yaitu, iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi (hutan, padang rumput) serta cahaya matahari.

Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi sifat-sifat tumbuhan dan hewan (Soetjipta, 1992). Tumbuhan dan hewan yang berbeda memiliki kebutuhan akan cahaya, air, suhu, dan kelembapan yang berbeda (Reinjtjes *et al.*, 1999). Jumar (2000) menyebutkan berdasarkan responnya terhadap cahaya, makrofauna tanah ada yang aktif pada pagi, siang, sore, dan malam hari. Sugiyarto (2000) menjelaskan bahwa kebanyakan makrofauna permukaan tanah aktif di malam hari. Selain terkait dengan penyesuaian proses metabolismenya, respon makrofauna tanah terhadap intensitas cahaya matahari lebih disebabkan oleh akitivitas menghindari pemangsaan dari predator. Dengan pergerakannya yang umumnya lambat, maka kebanyakan jenis makrofauna tanah aktif atau muncul ke permukaan tanah pada malam hari.

Alamat Korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta, 57126.
Telp.: +62-271-663375 Fax.: +62-271-663375
e.mail:biology@mipa.uns.ac.id

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan organik tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*), pepaya (*Carica papaya*), ubi jalar (*Ipomoea batatas*), jagung (*Zea mays*), dan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). Makrofauna tanah berupa cacing tanah (*Megascolex sp*), ludi putih (*Phyllophaga sp*), kaki seribu (*Narceus sp*), dan gangsir (*Gryllus sp*).

Penelitian ini dilakukan di kebun percobaan Desa Kadilaju, Kecamatan Karangnongko, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah melalui percobaan faktorial dengan dua faktor yang disusun dalam Rancangan Petak Terbagi dengan empat ulangan. Faktor pertama sebagai petak utama adalah intensitas cahaya yang terdiri dari empat taraf yaitu: tanpa cahaya lampu (kontrol), intensitas cahaya 5900 lux (lampu 5 watt), intensitas cahaya 9200 lux (lampu 15 watt) dan intensitas cahaya 11000 lux (lampu 25 watt). Faktor kedua sebagai anak petak adalah bahan organik tanaman yang terdiri dari enam taraf yaitu: tanpa bahan organik tanaman (kontrol), sengon (*P. falcataria*), pepaya (*C. papaya*), ubi jalar (*I. batatas*), jagung (*Z. mays*), dan rumput gajah (*P. purpureum*).

Cara kerja

Persiapan tempat penelitian.

Bak percobaan terbuat dari beton berukuran (100 x 80 x 80) cm³ yang telah diisi dengan tanah setebal 20 cm, dibagi menjadi empat ruang (sub-bagian) menggunakan karung goni sebagai penyekat, kemudian tiap ruang dibagi menjadi enam petak kecil (sub-sub bagian) dengan menggunakan potongan kayu sebagai pembatas.

Persiapan bahan organik tanaman.

Bahan organik tanaman yang digunakan adalah daun dan tangkai tanaman sengon (*P. falcataria*), pepaya (*C. papaya*), ubi jalar (*I. batatas*), jagung (*Z. mays*), dan rumput gajah (*P. purpureum*). Setelah itu dikeringkan dan dipotong dengan ukuran kira-kira 1-2 cm kemudian ditimbang seberat 50 gram.

Persiapan makrofauna tanah.

Makrofauna tanah yang digunakan adalah cacing tanah (*Megascolex sp*), ludi putih (*Phyllophaga sp*), kaki seribu (*Narceus sp*), dan gangsir (*Gryllus sp*) yang dikoleksi dari lingkungan di bawah tegakan sengon di sekitar tempat percobaan dilakukan. Spesimen-spesimen hidup, masing-masing sebanyak 75 ekor dimasukkan ke dalam bak percobaan seminggu sebelum percobaan dilakukan untuk aklimasi. Untuk menghindari hilangnya makrofauna tanah dari bak percobaan, maka bak ditutup dengan paranet dan triplek.

Pelaksanaan penelitian.

Bahan organik tanaman diletakkan secara merata di permukaan tanah sesuai dengan perlakuan pada tempatnya. Lampu pijar dipasang pada 4 ruang, masing-masing 0, 5, 15 dan 25 watt. Selanjutnya lampu pijar dinyalakan selama 12 jam dari pukul 06.00 sampai 18.00 WIB. Kemudian bak kembali ditutup dengan paranet dan triplek.

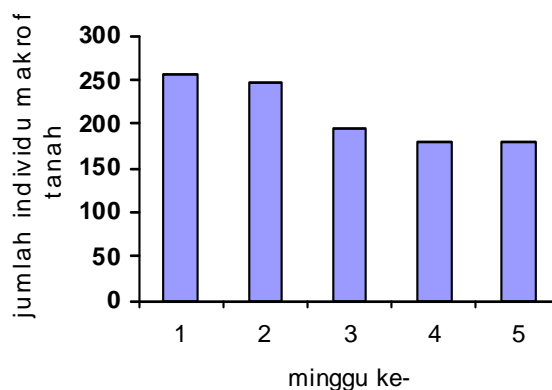
Teknik pengambilan data.

Penelitian ini berlangsung selama lima minggu dengan pengambilan data dilakukan setiap satu minggu dengan

variabel yang diukur berupa jumlah individu makrofauna tanah, suhu tanah, suhu ruangan bak percobaan, pH, dan kadar air tanah. Makrofauna tanah diambil dengan menggunakan metode "hand sorting" (Sugiyarto, 2000) dengan cara mengambil seluruh lapisan tanah pada masing-masing perlakuan dan kemudian dilakukan sortasi. Setelah dikuantifikasi, spesimen makrofauna tanah dikembalikan lagi ke dalam bak percobaan. Suhu tanah diukur dengan menggunakan termometer tanah. pH tanah ditentukan dengan mencampurkan satu bagian tanah dengan dua bagian air suling kemudian diaduk rata, didiamkan selama 24 jam dan diukur dengan pH-meter. Kadar air tanah diukur dengan menggunakan metode gravimetri (Suin, 1997).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi rendahnya jumlah makrofauna tanah pada pengamatan yang dilakukan ditentukan oleh banyak faktor diantaranya sumber makanan yang cukup dan kondisi lingkungan yang sesuai. Jumlah individu makrofauna tanah dari lima kali pengambilan nampak semakin berkurang (Gambar 1). Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti faktor makanan yang mulai habis atau terdekomposisi, suhu, pH, dan lingkungan (habitat) yang tidak sesuai dengan pola kehidupan makrofauna tanah. Penurunan jumlah individu makrofauna tanah juga dapat terjadi akibat kematian yang disebabkan oleh tekanan lingkungan atau sudah melampaui siklus hidupnya.



Gambar 1. Grafik jumlah total individu makrofauna tanah pada tiap pengamatan (minggu ke 1, 2, 3, 4, dan 5).

Faktor makanan merupakan faktor yang penting dalam menentukan bertambah atau berkurangnya jumlah individu makrofauna tanah. Bahan organik tanaman merupakan sumber energi utama bagi kehidupan biota tanah, khususnya makrofauna tanah (Suin, 1997), sehingga jenis dan komposisi bahan organik tanaman menentukan kepadatannya (Hakim dkk, 1986). Dalam penelitian ini jumlah total individu makrofauna tanah tertinggi terdapat pada perlakuan sisa tanaman jagung, kemudian diikuti masing-masing pada perlakuan sisa tanaman sengon, rumput gajah, ubi jalar, pepaya dan yang terendah terdapat pada perlakuan tanpa bahan organik (Gambar 2). Ketiga jenis tanaman pertama menunjukkan ciri bahan organik yang lambat terdekomposisi sehingga dapat menyediakan sumber makanan dan perlindungan terhadap cahaya dalam waktu yang lebih lama, sedangkan dua jenis terakhir mudah terdekomposisi.

Peningkatan intensitas cahaya diikuti dengan menurunnya jumlah individu makrofauna tanah (Gambar 3). Hal ini

menunjukkan bahwa makrofauna tanah cenderung tidak menyukai adanya cahaya, terutama dengan intensitas yang tinggi. Akan tetapi nampak bahwa sampai dengan intensitas 11.000 lux (lampu 25 Watt), makrofauna tanah masih menunjukkan toleransinya. Selain sebagai sumber makanan, bahan organik tanaman juga digunakan sebagai tempat untuk berlindung dari tekanan lingkungan (Sugiyarto, 2000). Semakin banyak bahan organik yang tersedia maka jumlah individu makrofauna tanah akan semakin bertambah, karena mampu melindungi dari tekanan lingkungan baik tingginya suhu lingkungan maupun kemungkinan adanya predator.

Masing-masing jenis makrofauna tanah menunjukkan respon yang berbeda terhadap perlakuan bahan organik yang diberikan (Gambar 4). Untuk semua perlakuan yang diberikan, kecuali sisa tanaman jagung, cacing tanah nampak selalu mendominasi, sebaliknya lindi putih cenderung selalu paling rendah populasinya. Kaki seribu nampak menunjukkan populasi yang ekstrim tinggi hanya pada perlakuan sisa tanaman jagung, sedangkan pada perlakuan lainnya cenderung rendah. Gangsir menunjukkan populasi yang tidak jauh berbeda untuk semua perlakuan bahan organik. Selain itu masing-masing jenis makrofauna tanah juga menunjukkan daya hidup yang berbeda (Gambar 5). Hanya cacing tanah yang menunjukkan peningkatan populasinya dengan bertambahnya waktu, sedangkan ketiga jenis makrofauna tanah lainnya cenderung menurun tajam.

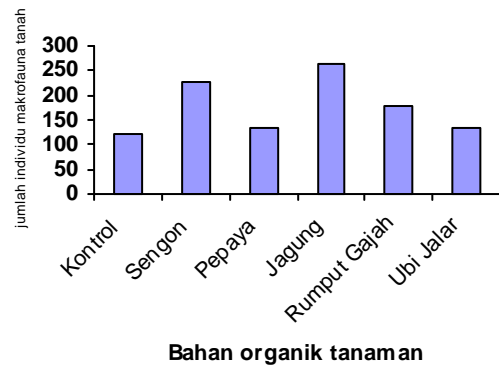
Cacing tanah (*Megascolex sp.*). Dalam penelitian ini sangat jelas terlihat bahwa jumlah individu cacing tanah semakin meningkat pada tiap pengamatan (Gambar 5) jika dibandingkan dengan jumlah individu makrofauna tanah lainnya yang terus berkurang seperti lindi putih, gangsir dan kaki seribu. Peningkatan jumlah individu ini diduga disebabkan oleh terciptanya kondisi lingkungan yang sesuai bagi cacing tanah, seperti tersedianya makanan yang cukup, pH, kelembaban, dan temperatur tanah yang sesuai.

Menurut Simanjuntak dan Waluyo (1982) serta Budiarti dan Palungkun (1996) cacing tanah sangat sensitif terhadap kadar keasaman tanah. Keasaman tanah bisa dianggap sebagai faktor pembatas dalam penyebaran cacing tanah dan menentukan jumlah dan cacing tanah disuatu daerah. Lebih lanjut Priyadarshini (1999) menyebutkan bahwa semakin tinggi masukan bahan organik tanaman diikuti naiknya pH tanah, maka semakin tinggi pula biomassa cacing tanah. Jika dilihat dari pH tanah pada saat pengamatan yang berkisar dari 6,78 – 7,02 masih sesuai bagi kehidupan cacing tanah. Untuk pertumbuhan yang baik dan optimal bagi cacing tanah diperlukan pH antara 6,0 – 7,2 (Sudharto dan Suwardjo, 1987), sedangkan Odum (1971) menyebutkan bahwa pH 6,50 – 6,87 merupakan keadaan yang masih cukup baik untuk ditoleransi oleh fauna tanah.

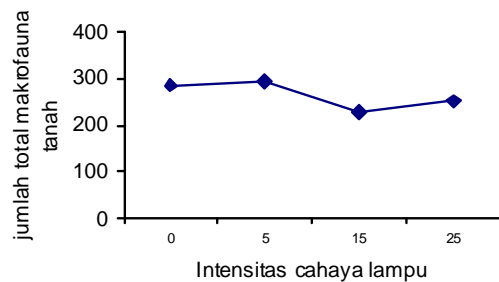
Lee (1959) dalam Sudharto dan Suwardjo (1987) mengungkapkan bahwa keadaan makanan dan lingkungan yang terlalu basah menyebabkan suatu proses dehidrasi, pada tubuh cacing tanah terlihat pucat atau berubah menjadi gelap dan akhirnya akan mati. Kelembaban tanah yang ideal untuk pertumbuhan cacing tanah adalah 15 - 30% (Budiarti dan Palungkun, 1996).

Seresah dianggap sebagai sumber makanan yang paling baik bagi cacing tanah karena karbohidratnya relatif tinggi dan rendah kandungan lignoselulosenya. Cacing tanah tidak mampu makan seresah segar yang baru jatuh dari pohon. Seresah tersebut membutuhkan periode tertentu untuk lapuk atau terurai sampai cacing tanah mampu memakannya (Edward & Lofty, 1972). Engelstad (1991) menjelaskan bahwa materi organik yang sedikit mengalami dekomposisi merupakan sumber makanan yang paling disukai oleh cacing tanah. Pada penelitian ini daun sengon merupakan seresah

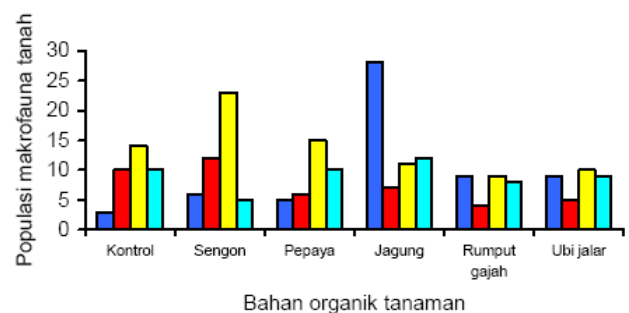
dengan jumlah individu cacing tanah tertinggi (Gambar 4), yang berarti bahwa daun sengon disukai oleh cacing tanah. Hal ini diduga karena lambatnya proses dekomposisi seresah tanaman sengon sehingga mampu mensuplai makanan bagi cacing tanah dalam waktu yang panjang.



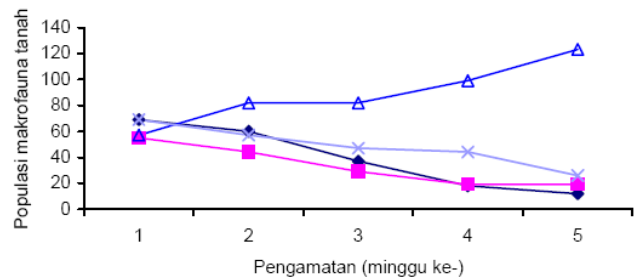
Gambar 2. Grafik jumlah individu makrofauna tanah pada perlakuan berbagai macam bahan organik tanaman



Gambar 3. Grafik jumlah individu makrofauna tanah pada perlakuan intensitas cahaya yang berbeda.



Gambar 4. Grafik jumlah individu kaki seribu, lindi putih, cacing tanah, dan gangsir pada perlakuan berbagai macam bahan organik tanaman.



Gambar 5. Grafik jumlah individu kaki seribu, lindi putih cacing tanah, dan gangsir pada tiap pengamatan (minggu ke 1, 2, 3, 4, dan 5).

Faktor lingkungan lain yang berpengaruh bagi kehidupan cacing tanah adalah temperatur tanah. Adanya perubahan temperatur harian dapat mengakibatkan distribusi vertikal fauna tanah. Banyak fauna tanah dengan terjadinya penurunan khususnya hewan yang lebih besar seperti cacing tanah dan Isoptera masuk ke lapisan tanah yang lebih dalam, yang lebih hangat dan membangun lubang-lubang untuk tempat tinggal mereka (Kevan, 1962), pada temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan beberapa proses fisiologis seperti aktivitas reproduksi, metabolisme, respirasi akan terganggu. Temperatur yang diperlukan untuk pertumbuhan cacing tanah sekitar 15 – 25 °C, temperatur yang lebih tinggi masih toleran apabila ada naungan yang cukup dan kelembaban optimal (Budiarti dan Palungkun, 1996).

Kaki seribu (*Narceus sp.*). Kaki seribu nampak paling suka hidup pada lingkungan dengan perlakuan sisa tanaman jagung (Gambar 4) yang diduga karena tingginya preferensinya terhadap kandungan kimia bahan organik tersebut dan juga fungsi perindungannya yang paling tinggi. Hal ini mengingat bahwa kaki seribu cenderung hidup di permukaan tanah sehingga selalu membutuhkan perlindungan. Kebanyakan anggota - anggota milipedes (kaki seribu) hidup pada seresah daun – daunan atau membuat lubang pada permukaan tanah, tetapi beberapa spesies hidup di bawah tumpukan sampah pohon yang telah mati atau pada akar – akar tanaman dan kadang – kadang dapat ditemukan merayap pada dinding pohon – pohon yang masih hidup (Radiopoetro, 1983 ; Borror *et al.*, 1992). Kaki seribu mampu mencerna sendiri beberapa material tumbuhan, terutama beberapa jenis protein dan gula – gula sederhana. Mereka juga mencerna beberapa mikroorganisme yang hidup pada permukaan – permukaan benda, misalnya jamur. Kebanyakan kaki seribu adalah pembersih bangkai dan makan tumbuh – tumbuhan yang membusuk tetapi beberapa menyerang tumbuh – tumbuhan yang hidup dan kadang – kadang menimbulkan kerusakan yang serius. Jumlah individu kaki seribu pada tiap pengamatan mengalami penurunan (Gambar 5). Penurunan jumlah individu ini diduga terutama disebabkan oleh semakin berkurangnya sisa bahan organik yang berfungsi sebagai sumber makanan maupun pelindungnya. Berbeda dengan tiga jenis makrofauna tanah lainnya, kaki seribu merupakan makrofauna tanah yang cenderung lebih sering hidup di permukaan tanah sehingga selalu membutuhkan perlindungan, antara lain berupa sisa-sisa bahan organik tanaman.

Lundi putih (*Phyllophaga sp.*). Jumlah individu lundi putih sangat dipengaruhi oleh macam bahan organik tanaman (Gambar 4). Populasi tertinggi terjadi pada perlakuan bahan organik tanaman sengan, terendah pada perlakuan sisa tanaman rumput gajah. Hal ini menunjukkan bahwa lundi putih sangat menyukai bahan organik tanaman sengan sebagai sumber makanannya. Tinggi rendahnya populasi lundi putih juga diduga dipengaruhi oleh interaksinya dengan makrofauna tanah lainnya, terutama cacing tanah yang bersifat permanen di dalam tanah. Kedua jenis makrofauna tanah ini cenderung berkompetisi untuk mendapatkan ruang dan makanan dan nampaknya cacing tanah lebih dominan karena kondisi tanahnya yang cenderung selalu lembap. Lundi putih kurang menyukai lingkungan tanah yang basah.

Populasi lundi putih nampak cenderung menurun tajam dengan bertambahnya waktu pengamatan (Gambar 5). Faktor yang paling dominan adalah persediaan sumber makanan yang semakin berkurang. Disamping itu juga diduga disebabkan oleh terjadinya perubahan habitat lundi

putih yaitu dari yang hidup dan makan dibawah akar tanaman (fitofagus) beralih hidup dibawah seresah (saprofagus). Borror *et al.*, (1992) menjelaskan bahwa lundi putih, hidup dan makan di bawah akar tumbuh – tumbuhan dan cenderung berperan sebagai hama tanaman.

Gangsir (*Gryllus sp.*). Populasi gangsir tidak terlalu dipengaruhi oleh perbedaan perlakuan bahan organik tanaman (Gambar 4). Hal ini diduga karena gangsir memiliki mobilitas yang tinggi sehingga mampu berpindah tempat dengan mudah. Tempat persembunyiannya di dalam tanah tidak harus berdekatan dengan bahan organik sisa tanaman yang menjadi sumber makanannya. Hal ini juga ditunjukkan dengan tingginya populasi gangsir pada perlakuan tanpa bahan organik (kontrol).

Jumlah individu gangsir semakin berkurang pada setiap pengamatan (Gambar 5). Hal ini diduga disebabkan oleh semakin berkurangnya bahan organik tanaman, terutama yang berkadar air tinggi seperti ubi jalar dan pepaya. Sumber makanan yang paling disukai oleh gangsir adalah makanan dengan kadar air tinggi, seperti kroket, sawi, buncis, daun singkong, wortel, gambas kangkung, bayam dan jagung muda. Faktor lain yang dapat berpengaruh terhadap populasi gangsir adalah adanya persaingan antar spesies, seperti yang diungkapkan oleh Widyaningrum dkk (2000) yang mengatakan bahwa gangsir tanah sangat suka berkelahi dengan sesamanya, tidak suka berebut ketika makan bangkai gangsir lain dan tidak suka memakan serangga yang masih hidup.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan: Bahan organik tanaman mempengaruhi jumlah individu makrofauna tanah dengan jumlah individu tertinggi pada perlakuan bahan organik tanaman yang lambat terdekomposisi, yaitu jagung diikuti sengan, rumput gajah, ubijalar dan pepaya. Setiap jenis makrofauna tanah menunjukkan respon yang berbeda terhadap perlakuan bahan organik tanaman maupun intensitas cahaya, kaki seribu sangat dipengaruhi oleh macam bahan organik, sedangkan gangsir tidak. Intensitas cahaya berpengaruh terhadap populasi berbagai jenis makrofauna tanah, semakin tinggi intensitas cahaya populasi makrofauna tanah cenderung semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Borror, D. J., C. A. Triplehorn, N. F. Johnson. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. (diterjemahkan oleh Soetiyono Partosoedjono). Yogyakarta: UGM Press.
- Edward, C. A. and J. K. Loftly. 1972. *Biology of Earthworm*. London: Chapman and Hall.
- Engelstad, F. 1991. *Impact of Earthworm in Decomposition of Garden Refuse, Biol Fertil. Soil* Springer-verlag No. 12 : 137-140
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. A. Dika, Go Ban Hong, H. H. Bailley. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Lampung : Penerbit Universitas Lampung.
- Jumar. 2000. *Entomologi Pertanian*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Kevan, K. M. C 1962, *Soil Animals*. London: H.F and White rby.
- Makalew, A. D. N. 2001. "Keanekaragaman Biota Tanah Pada Agroekosistem Tanpa Olah Tanah (TOT)". *Makalah Falsafah sains program pasca sarjana /S3*. Bogor:IPB. [Http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/afra-dnm.htm](http://www.hayati-ipb.com/users/rudyct/indiv2001/afra-dnm.htm).
- Notohadiprawiro, T. 1998. *Tanah dan Lingkungan*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Odum, E.P. 1971. *Dasar – dasar Ekologi* (diterjemahkan Tjahjono, S. dan Srigandono, B) Yogyakarta: Penerbit Universitas Gajah Mada.

- Priyadarshini, R. 1999. "Estimasi modal C (C - stock) Masukan bahan organik dan hubungannya dengan jumlah individu cacing tanah pada sistem wanatani". *Thesis*. Malang :Program Pasca Sarjana UNIBRAW.
- Radiopoetro, 1983. *Zoologi*. Jakarta : Penerbit Airlangga.
- Sugiyarto. 2000. "Keanekaragaman Makrofauna Tanah Pada Baerbagai Umur Tegakan Sengon di RPH Jatirejo Kabupaten Kediri". *Biodiversitas*. 1 (2) : 11-15.
- Suin, N. M. 1997. *Ekologi Hewan tanah*. Jakarta : Penerbit Bumi Aksara.
- Sudharto T dan Suwardjo H 1987 Peranan Bahan organik Terhadap Aktivitas Cacing Tanah (*Perionyx exavatus*) dalam petikan ekologi tanah *Kumpulan hasil seminar* Fakultas biologi UKSW, 20-22 november, 1987 : 62-68.
- Simanjuntak A. K dan J. Waluyo, 1982. *Cacing Tanah Budidaya dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Penerbit PT Penebar Swadaya
- Widyaningrum, P., A. M., Fuah, D. T. H. Sihombing, 2000. "Produktivitas dua jangkrik lokal *Gryllus testaceus* Walk dan *Gryllus mitratus* Burn (Orthoptera : Gryllidae) yang di budidayakan". *Berita Biologi*. 5(2) :169 – 173.