

## PERANAN BIOLOGI TANAH DALAM EVALUASI KESESUAIAN LAHAN PERTANIAN KAWASAN MEGABIODIVERSITY TROPIKA BASAH

*Soil Biology Contribution on Agricultural Land Suitability Evaluation  
of Wet Tropical Megabiodiversity Regions*

Subowo G<sup>1</sup>., Edi Santosa<sup>1</sup>, dan I. Anas<sup>2</sup>

*1 Balai Penelitian Tanah, Jl. Ir. H. Juanda 98, Bogor 16123*

*2 Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor*

### ABSTRAK

Indonesia berada di wilayah "megabiodiversity tropika basah" perlu kiranya melengkapi sistem evaluasi kesesuaian lahan pertanian agar sesuai dengan kondisi riil, sehingga meningkatkan nilai tambah sumberdaya secara optimal dan jaminan investasi produksi aman dan terukur. Organisme tanah sebagai salah satu komponen pendukung produksi dapat berperan sebagai agen daur energi dan hara di dalam tanah, perbaikan sifat fisik tanah, dan pengendali serangan hama-penyakit. Untuk itu parameter biologi tanah yang perlu diperhatikan dalam evaluasi kesesuaian lahan yang telah ada antara lain adalah: kelompok bakteri penambat N ataupun pemasok P yang hidup bersimbiose maupun hidup bebas, kelompok fungi pelarut P dan pengurai bahan organik tanah, kelompok BGA penambat N yang hidup bebas maupun simbiotik, kelompok fauna tanah yang mampu mengkonservasi bahan organik dan memperbaiki sifat fisik tanah. Langkah-langkah penting yang perlu dilakukan dalam evaluasi lahan meliputi inventarisasi populasi biologi tanah dan peranannya terhadap pertumbuhan tanaman, dan evaluasi kesesuaian nilai fungsional parameter biologi tanah terhadap pilihan komoditas.

*Kata kunci : Megabiodiversity tropika basah, evaluasi kesesuaian lahan, parameter biologi tanah, efisiensi sumberdaya lahan*

### ABSTRACT

*Indonesia is in the region "wet tropical megabiodiversity" it would need to complete the system for agricultural land suitability evaluation in accordance with real conditions, thus increasing the value-added resources optimally and sustainable and accountable production investment. Soil organisms as a component of production support can act as an agent of energy and nutrient cycling in the soil, improving soil physical properties, and controlling pests and disease. For that soil, biological parameters that need to be considered in evaluating the suitability of land that already exist include: N-fixing or P-solubilizing bacteria groups that live symbiosis and free-living, the fungi solubilizing P and soil organic matter decomposition groups, BGA fixing and free-living N symbiotic groups, fauna groups are able to conserve soil organic matter and improve soil physical properties. Important steps that need to be done in the evaluation of land cover inventory of soil biological populations and its role on the growth of crops, and evaluate the suitability of the soil biological parameters of the functional value of commodity options.*

*Keywords : Wet tropical megabiodiversity, evaluation of land suitability, soil biological parameters, land resource efficiencies*

**D**alam upaya memaksimalkan nilai guna sumberdaya tanah/lahan diperlukan upaya pemanfaatan yang selaras dengan daya dukung terhadap target kebutuhan yang diharapkan. Pemanfaatan lahan sesuai dengan dinamika daya dukung akan memberikan kemudahan dalam pengelolaan dan aman bagi lingkungan. Efektivitas pilihan parameter sumberdaya lahan sesuai jenis penggunaan yang akan diterapkan merupakan titik kunci keberhasilan dalam menentukan pilihan penggunaan lahan. Biaya produksi menjadi

mudah dan tidak mengganggu subsistem yang ada di sekitarnya serta menjamin kesinambungan sistem produksi. Keselarasan peruntukan antar unit satuan lahan dalam satu-kesatuan sistem produksi akan memperkuat nilai tambah dan daya saing wilayah secara maksimal dan kondusif. Komponen sumberdaya alam/lahan pada prinsipnya terdiri dari komponen iklim, biofisik tanah, dan sosio kultural masyarakat. Seluruh komponen sumberdaya alam ini menyatu dan berinteraksi secara holistik saling pengaruh mempengaruhi untuk selanjutnya

menghasilkan output sesuai dengan dinamika interaksi yang terjadi. Pengaturan manusia sebagai salah satu faktor penggerak ekosistem sangat mempengaruhi dinamika perubahan ekosistem. Namun dinamika faktor alam yang belum mampu dikuasai manusia sering kali dapat mengakibatkan terjadinya gangguan ekosistem yang ekstrim dan mengganggu kepentingan manusia, seperti banjir, peledakan serangan hama-penyakit, penurunan produktivitas, kontaminasi produk oleh pestisida/logam berat, dan lain-lain. Agar dapat dihindari, identifikasi parameter sumberdaya dalam evaluasi kesesuaian lahan hendaknya dilakukan secara cermat sesuai kondisi alami dari masing-masing wilayah. Demikian juga Indonesia yang berada pada 6°LU-11°LS dan 95°-141°BT, nilai indeks erupsi 99% (Munir, 1996) merupakan wilayah vulkan tropika basah. Intensitas pasokan sinar matahari, curah hujan dan laju penyegaran mineral yang tinggi sepanjang tahun, sehingga memiliki energi fotosintesis, pasokan hara dan keanekaragaman hayati tanah yang tinggi (*megabiodiversity*).

Tingginya dinamika perubahan lingkungan ini pada prinsipnya juga akan mempengaruhi keseimbangan ekosistem lahan. Pilihan pemanfaatan lahan hendaknya disesuaikan dengan dinamika daya dukung lahan, sehingga dapat memberikan hasil optimal dan terhindar dari gangguan ekosistem, seperti banjir, peledakan hama-penyakit, pencemaran produk, dan lain-lain. Perlu kiranya melengkapi sistem evaluasi kesesuaian lahan dengan memasukkan parameter biologi tanah agar hasil evaluasi lahan sesuai dengan kondisi riil yang ada, sehingga produksi aman dan terukur.

Evaluasi lahan adalah upaya manusia untuk dapat mentafsirkan peluang pemanfaatan dari suatu lahan untuk dapat memenuhi kebutuhan: pertanian, pemukiman, kehutanan, pertanian, bangunan, dan lain-lain. Daya dukung sumberdaya lahan/tanah yang banyak berperan dalam produksi tanaman pertanian antara lain: kondisi iklim, ketersediaan air dan hara, dan serangan hama-penyakit. Faktor-faktor ini saling pengaruh mempengaruhi terhadap kemampuan

tumbuh tanaman yang selanjutnya akan dihasilkan produk. Semakin rendah daya dukung suatu lahan memiliki nilai kesesuaian rendah/tidak sesuai (N), sebaliknya makin tinggi daya dukung suatu lahan semakin tinggi nilai kesesuaiannya (S1). Agar penilaian ini dapat dilakukan secara mudah dan cepat, maka parameter karakterisasi lahan hendaknya dapat komprehensif dan terukur sesuai kebutuhan tanaman.

Beberapa parameter sifat lahan yang digunakan dalam evaluasi lahan untuk komoditas pertanian meliputi: temperatur udara, curah hujan, lamanya masa kering, kelembaban udara, drainase, tekstur, bahan kasar, kedalaman tanah, ketebalan gambut, kematangan gambut, kapasitas tukar kation tanah, kejenuhan basa, pH H<sub>2</sub>O, C-organik, genangan, batuan di permukaan, dan singkapan batu (Djaenudin *et al.*, 2003). Parameter-parameter ini terutama merupakan sifat tanah yang memiliki pengaruh langsung dan sulit/mahal untuk diperbaiki sesuai kebutuhan fisiologi tanaman. Sementara populasi organisme tanah yang merupakan sumberdaya penting dan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman di kawasan vulkanik tropika basah belum terakomodir secara langsung. Seperti kriteria kesesuaian lahan untuk kedelai (*Glycine max*) terlihat bahwa parameter yang digunakan lebih ditujukan pada indikator statis yang berpengaruh langsung terhadap produksi tanaman. Indikator/parameter dinamis yang merupakan permasalahan penting untuk tanah di kawasan *megabiodiversity* tropika basah yang banyak diperankan oleh aktivitas populasi biologi tanah belum banyak dilibatkan. Sementara tanaman kedelai memerlukan pasokan N yang tinggi untuk mendukung produksi dan tanah tropika basah banyak mengalami kekurangan N akibat pencucian. Tanpa bersimbiose secara mutualistik dengan bakteri *Rhizobium* yang mampu menambat N<sub>2</sub>-bebas dengan membentuk bintil akar, tanaman legume akan mengalami defisiensi N. Pada kondisi yang baik, simbiosis antara tanaman kedelai dengan *Bradyrhizobium* mampu menambat N sebanyak ± 300 kg/ha (Keyser and Li, 1992).

Untuk itu parameter dasar yang penting dilakukan dalam upaya melakukan evaluasi kesesuaian lahan untuk pertanian selain faktor mineral/ketersediaan hara dan sifat fisik lahan perlu kiranya dilengkapi dengan faktor biologi tanah. Peranan biologi tanah terhadap pertumbuhan tanaman dapat berlangsung dalam membantu meningkatkan ketersediaan hara, mencegah kehilangan hara dan memperbaiki sifat fisik tanah, serta sebagai agen pengendali hama-penyakit. Namun juga dapat menjadi pengganggu tanaman sebagai hama ataupun penyakit tanaman.

#### **Pengaruh biologi tanah untuk penilaian kesesuaian lahan**

Laju degradasi tanah di kawasan tropika basah berlangsung intensif akibat tingginya laju pelapukan mineral/bahan organik dan pencucian hara. Tanah didominasi oleh Oxisols, Ultisols, dan Alfisols (Lal, 1995). Pendaauran untuk mencegah kehilangan hara dan energi serta pengkayaan hara merupakan strategi penting dalam upaya kelestarian sistem produksi. Sifat dasar organisme tanah yang mampu berkembangbiak, beradaptasi serta memiliki kemampuan mobilisasi sesuai kondisi habitatnya (*niche*) akan mampu mengimbangi dinamika perubahan ekosistem yang ada di sekitarnya. Untuk itu dalam evaluasi kesesuaian lahan hendaknya mempertimbangkan komponen biologi tanah ini, sehingga seluruh parameter-parameter tanah yang mempengaruhi sistem produksi tanaman dapat terekam secara jelas dalam sistem evaluasi kesesuaian lahan. Selanjutnya nilai besaran dari masing-masing parameter dipilahkan sesuai dengan tingkat dukungannya. Nilai besaran yang mempunyai nilai hubungan terbaik terhadap produksi tanaman mendapatkan nilai tertinggi (S1), selanjutnya berturut-turut mempunyai nilai lebih rendah (S2, S3 atau N).

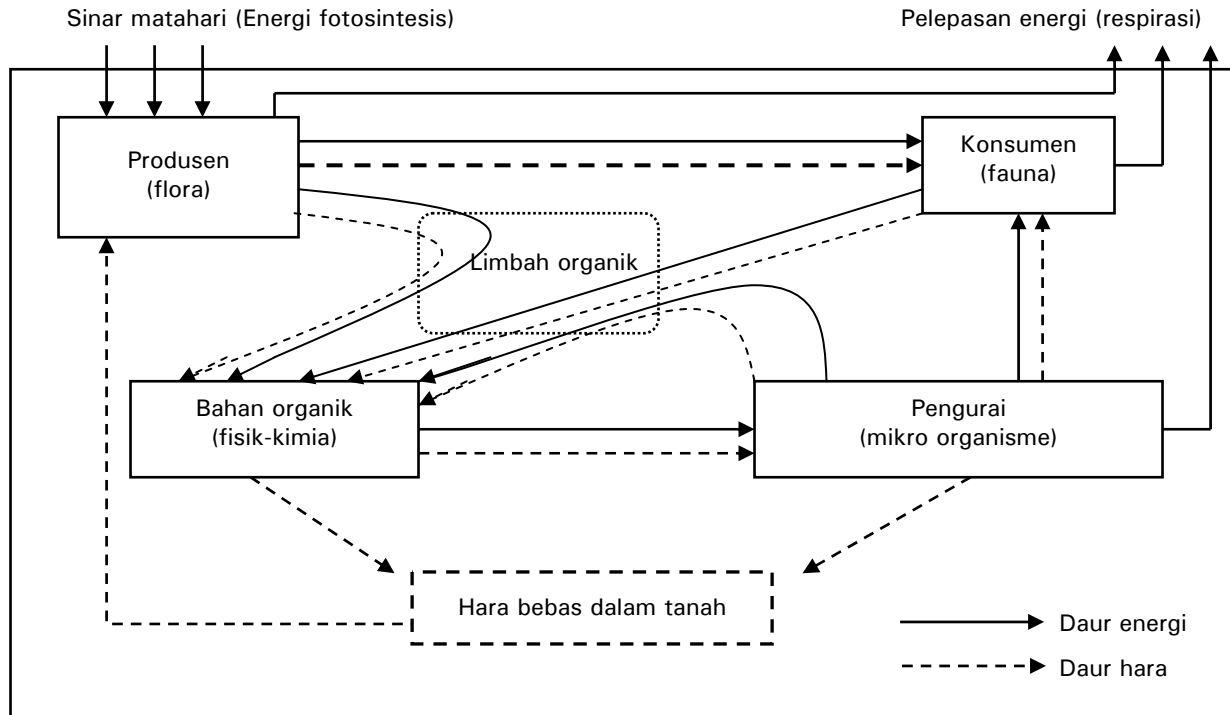
Peranan populasi biologi tanah terhadap pertumbuhan tanaman dapat berlangsung melalui peningkatan daur dan ketersediaan hara

tanaman, memperbaiki sifat fisik tanah, sebagai predator ataupun sebagai hama-penyakit tanaman. Aktivitas organisme tanah yang merupakan organisme heterotrof akan berlangsung apabila tersedia bahan organik sebagai sumber energi. Vidyarthi dan Misra (1982) mengatakan pemberian bahan organik ke dalam tanah meningkatkan aktivitas biologi tanah, selanjutnya mengurangi erosi, mempertahankan kelembaban tanah, mengendalikan pH tanah, memperbaiki drainase, mencegah pengerasan dan retakan, dan meningkatkan kapasitas pertukaran ion. Tanpa adanya aktivitas organisme tanah, bahan organik tersebut akan tetap utuh di dalam tanah dan bahkan dapat mengganggu sistem produksi tanaman. Lal (1995) menyatakan penurunan jumlah dan kualitas bahan organik serta aktivitas biologi maupun keanekaragaman spesies fauna tanah merupakan bentuk degradasi tanah yang penting untuk tanah tropika basah. Fauna tanah adalah hewan yang secara permanen merupakan komponen ekosistem tanah yang salah satu atau lebih phase dalam siklus hidupnya berada dalam tanah atau serasah tanah (Richards, 1978).

Peranan penting organisme tanah untuk diperhatikan dalam evaluasi kesesuaian lahan pertanian agar sistem produksi efektif dan aman bagi lingkungan diuraikan sebagai berikut.

#### ***Peranan organisme tanah mengendalikan daur energi dan hara di dalam tanah***

Tanah di kawasan tropika basah didominasi oleh tanah-tanah tua yang memiliki kondisi fisika cukup baik: stabilitas, struktur, hidrolis konduktivitas, dan aerasi. Namun kondisi kimia kurang baik: kekahatan hara, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kapasitas tanah menahan air rendah, sematan P tinggi, dan Al/Fe dapat meracuni tanaman (Lal, 1995). Perpanjangan daur energi dan hara merupakan langkah yang penting untuk mengurangi laju penyusutan bahan organik tanah dan juga menahan kehilangan hara/pupuk dalam ekosistem tanah (Gambar 1).



Sumber : Deshmukh (1986)

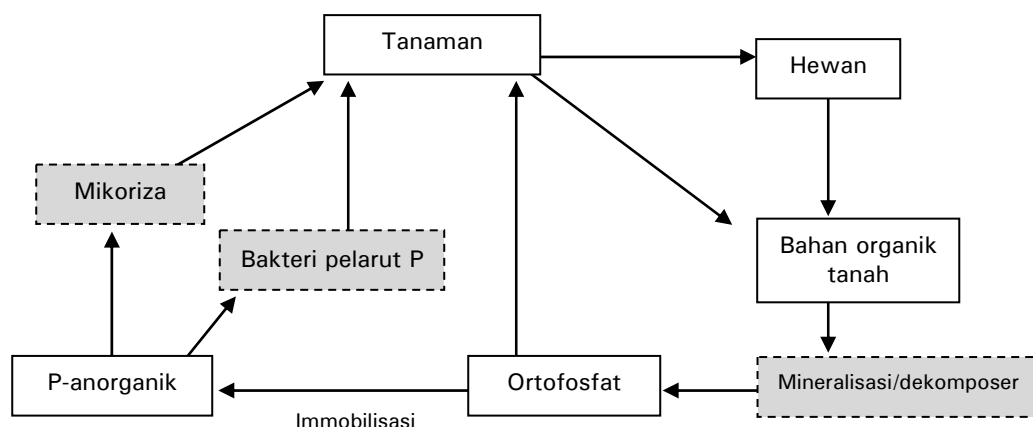
**Gambar 1. Daur energi dan hara dalam ekosistem**

Organisme tanah autotrof seperti alga dan sebagian bakteri tanah dapat memanfaatkan hara bebas yang tidak dimanfaatkan oleh akar tanaman, sehingga dapat terhindar dari pencucian. Demikian pula organisme tanah heterotrof seperti fauna, fungi dan sebagian bakteri tanah dapat memperpanjang daur energi dan hara dari bahan organik, sehingga dapat secara bertahap dilepaskan kembali ke dalam tanah untuk dimanfaatkan oleh organisme lainnya. Ketersediaan hara P dalam tanah tanpa dukungan organisme tanah akan sangat sulit untuk dapat tersedia bagi tanaman (Gambar 2).

Usahatani di kawasan tropika basah masalah yang penting adalah mengenai kandungan hara tanah, ketersediaan bahan organik tanah, dan kemampuan tanah menahan air (William dan Joseph, 1976). Faktor utama yang mempengaruhi kesuburan tanah tersebut adalah akibat tingginya laju dekomposisi, erosi dan pencucian hara. Upaya menurunkan kehilangan bahan organik tanah dengan melibatkan fauna tanah akan menekan

percepatan kehilangan hara dan bahan organik dari subsistem tanah. Meningkatnya aktivitas fauna tanah juga dapat mengkonservasi air melalui perbaikan aerasi, perkolasi dan infiltrasi. Bahkan fungi tanah dapat mengendalikan C-organik tanah, karena dalam proses dekomposisi bahan organik pelepasan C sebagai CO<sub>2</sub> sangat rendah dan 30-40% C-organik tersimpan sebagai meselium (Alexander, 1977). Pada saatnya setelah organisme tanah mati juga merupakan salah satu sumber bahan organik tanah.

Hasil penelitian Subowo *et al.* (2002) didapatkan bahwa dinamika pengaruh populasi cacing tanah endogaesis *Pheretima hupiensis* terhadap sifat fisik dan kimia tanah Ultisols Rangkasbitung, Banten tergantung pada musim (Tabel 1). Cacing tanah mampu menurunkan ketahanan tanah dan meningkatkan daur bahan organik, sehingga berkorelasi negatif nyata dengan nisbah C:N dan ketahanan tanah dan mampu meningkatkan kapasitas tanah menahan air (air tersedia) serta meningkatkan P-HCl pada musim hujan. Sementara di musim peralihan MK



Sumber : Rao (1994)

Gambar 2. Daur hara P dalam tanah untuk tanaman

Tabel 1. Dinamika nilai indeks korelasi antara populasi *Pheretima hupiensis* terhadap sifat fisik dan kimia tanah Ultisols Rangkasbitung

| No. | Parameter tanah                           | Dinamika indeks korelasi dengan populasi <i>P. hupiensis</i> |                    |                  |
|-----|---|--|--------------------|------------------|
|     |   | Musim Kemarau (MK)   | Peralihan MK ke MH | Musim Hujan (MH) |
| 1.  | Sifat fisik tanah :                       |  |                    |                  |
|     | • Ketahanan tanah                         | -0,33  | -0,44              | -0,48            |
|     | • Air tersedia                            | 0,48   | 0,16               | 0,30             |
| 2.  | Sifat kimia tanah:                        |  |                    |                  |
|     | • P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - HCl 25% | 0,26   | -0,12              | 0,68             |
|     | • Nisbah C:N                              | -0,40  | -0,41              | -0,16            |
|     | Batas nyata 5%                            | ±0,34  | ±0,36              | ±0,38            |

Sumber : Subowo *et al.* (2002)

ke MH cacing tanah mengkonsumsi P untuk melindungi diri dari tekanan dehidrasi, sehingga cenderung berkorelasi negatif dengan P-HCl. Di kawasan tropika cacing tanah berperan dalam menekan kecepatan dekomposisi bahan organik yang sangat penting untuk menghambat kehilangan humus dari lahan pertanian (Martin, 1991 dalam Stork and Eggleton, 1992). Selanjutnya dikatakan bahwa cacing tanah merupakan indikator yang penting bagi kualitas tanah kawasan tropika basah, selain mudah juga murah dalam melakukan determinasi/identifikasi.

Dari hasil ini nampak bahwa sebagai wilayah *megabiodiversity* layak memberdayakan potensi sumberdaya hayati tanah sebagai agen untuk mencegah kehilangan hara tanah melalui peranannya dalam memperpanjang daur energi dan hara di dalam subsistem tanah.

#### **Peranan organisme tanah meningkatkan ketersediaan hara tanaman**

Tanaman merupakan organisme autotrof yang dalam pertumbuhannya memerlukan hara dalam bentuk ion (anorganik). Pelepasan hara tanaman yang berasal dari bahan induk tanah ataupun dari bahan organik diawali oleh proses mineralisasi. Proses mineralisasi ini berlangsung secara fisiko-kimia ataupun oleh aktivitas biologis yang dalam kenyataan di lapangan kedua proses ini selalu berlangsung bersamaan saling melengkapi satu dengan yang lain. Tanpa adanya peran organisme tanah mineralisasi/dekomposisi mineral ataupun bahan organik tanah berlangsung lambat. Adanya aktivitas perombakan bahan organik, hara-hara yang terkandung di dalamnya dilepaskan dalam

bentuk tersedia bagi tanaman, baik hara makro maupun mikro. Edwards and Lofty (1977) menyatakan bahwa bahan tanah mineral maupun bahan organik yang dicerna cacing tanah dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk kotoran dan hara yang lebih tersedia bagi tanaman. Elliot *et al.* (1991) juga mendapatkan bahwa kotoran cacing tanah secara umum mengandung  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dan kelembaban yang tinggi dibanding dengan tanah di sekitarnya.

Selain itu beberapa organisme tanah mampu memanfaatkan hara dari udara seperti  $\text{N}_2$ -bebas yang hidup bebas ataupun bersimbiose dengan tanaman dan selanjutnya dapat tersedia bagi tanaman. Organisme tanah yang mampu menambat  $\text{N}_2$ -udara melalui simbiosis mutualistik dengan tanaman antara lain adalah bakteri *Rhizobium* dengan tanaman kacang-kacangan (legume) dan kelompok *blue green algae* (BGA) dengan *Azolla*. Organisme penambat  $\text{N}_2$ -udara yang hidup bebas (soliter) antara lain dari kelompok BGA yang hidup di lahan basah. Selain itu juga terdapat fungi *Mikoriza* yang dapat hidup di dalam akar tanaman hidup (endotropik) ataupun hidup bebas di tanah (ektotropik) dapat meningkatkan serapan dan ketersediaan P untuk tanaman serta melindungi akar dari serangan patogen (Alexander, 1977). Keberadaan organisme tanah ini mampu memperkaya hara tanah untuk meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah.

Penelitian Yusnaini *et al.* (2004), pemberian pupuk organik (20 ton/ha) dan pupuk buatan/inorganik serta kombinasinya pada tanah lahan kering masam di Taman Bogo (Lampung) tidak berpengaruh nyata terhadap sifat kimia tanah termasuk C-organik tanah. Namun populasi cacing tanah berbeda nyata dengan populasi tertinggi pada perlakuan pemberian kotoran ayam, populasi Mikoriza Vesikular Arboskular (MVA) dapat dijumpai pada seluruh perlakuan, dan produksi jagung terdapat beda nyata dengan produksi tertinggi pada perlakuan kotoran ayam 50% + pupuk NPK 50%. Keadaan ini menunjukkan bahwa pengaruh pemberian bahan organik ataupun pupuk buatan dalam tanah terhadap produksi tanaman tidak

berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Adanya bantuan dari organisme tanah kandungan hara dalam pupuk dan bahan organik dirombak dan dilepaskan kembali sebagai hara tersedia bagi tanaman.

Organisme tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam mengatasi permasalahan peningkatan ketersediaan hara sebagai akibat tingginya laju pencucian hara pada tanah tropika basah. Anas (2010) mengelompokkan jenis pupuk hayati meliputi: (1) Mikroba penambat  $\text{N}_2$ -udara baik secara simbiotik maupun non simbiotik, (2) Mikroba pelarut fosfat (bakteri maupun fungi), (3) Mikroba penghasil senyawa pengatur tumbuh, (4) Mikroba yang dapat memperluas permukaan akar, (5) Mikroba perombak bahan organik (dekomposer), dan (6) Mikroba pelindung tanaman terhadap hama-penyakit.

#### ***Peranan organisme tanah terhadap sifat fisik tanah untuk tanaman***

Tanah vulkan tropika basah memiliki laju pelapukan, erosi dan iluviasi liat cukup tinggi. Tanah lapisan atas memiliki struktur lepas, kandungan bahan organik rendah, pH masam, dan lapisan bawah padat akibat akumulasi liat. Tanpa adanya perlakuan pemupukan yang cukup jelajah akar tanaman semusim yang berakar dangkal akan banyak mengalami hambatan dan pertumbuhan tanaman menjadi merana. Demikian juga jelajah akar tanaman tahunan yang berakar dalam pada tahap awal pertumbuhan mengalami hambatan akibat tertahan oleh lapisan padat di subsoil. Untuk memperbaiki kondisi fisik tanah ini dapat diupayakan dengan perbaikan stabilitas agregat tanah, perbaikan aerasi tanah di lapisan argilik dan pencampuran kembali tanah lapisan bawah dengan lapisan atas. Perbaikan sifat fisik secara mekanik bersamaan adanya tanaman akan merusak perakaran tanam. Pemanfaatan aktivitas biologi tanah merupakan langkah yang aman untuk dilakukan.

Pemberdayaan organisme tanah dengan diikuti pemberian bahan organik dapat menurunkan berat isi dan meningkatkan pori aerasi, air tersedia, serta stabilitas agregat

tanah. Lee (1985) menyatakan bahwa cacing tanah merupakan kelompok fauna tanah yang penting dan mempunyai peranan dalam memperbaiki produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Adanya lubang-lubang cacing tanah dapat meningkatkan laju infiltrasi dan perkolasi air, tempat menembus akar tanaman, sehingga dapat meningkatkan jelajah akar tanaman dan mengurangi aliran permukaan dan erosi.

Cacing tanah geofagus dengan kemampuan mencerna tanah dan melepaskan kembali dalam bentuk cascung yang memiliki stabilitas agregat tinggi, selain dapat mengembalikan kandungan liat dari lapisan bawah ke lapisan atas juga dapat menahan kehilangan hara oleh pencucian. Cascung merupakan makroagregat yang stabil dan dapat bertahan lebih dari 1 tahun (Blanchart *et al.*, 1991 dalam Martin, 1991). Marinissen and Dexter (1990) juga menyatakan bahwa kotoran cacing tanah (cascung) lebih stabil dibanding agregat alami dari tanah. Demikian juga dengan aktivitas pencernaannya yang mampu mencampur bahan organik dan mineral tanah, cacing tanah dapat mencegah kehilangan bahan organik dari erosi dan pencucian. Hasil penelitian Anwar (2007) didapatkan bahwa perlakuan inokulasi cacing tanah pada tanah Ultisols mampu meningkatkan ruang pori dan menurunkan berat isi tanah (Tabel 2).

Benang-benang hifa dari jamur benang (fungi) juga dapat menghaluskan fragmentasi bahan organik tanah dan memperkuat ikatan antar partikel tanah. Pemecahan fragmentasi bahan organik akan menurunkan ketahanan bahan organik tanah dan meningkatkan ketersediaan hara untuk tanaman. Berkembangnya hifa sebagai jaring untuk

memperkuat stabilitas agregat tanah akan menjaga stabilitas sifat fisik tanah terhadap kerusakan fisik dan tahan terhadap gerusan erosi ataupun tekanan fisik lainnya.

Untuk itu dalam evaluasi kesesuaian lahan organisme tanah yang memiliki peranan penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah terutama peningkatan stabilitas agregat, aerasi tanah, dan pencampuran tanah yang merupakan kendala tanah tropika basah untuk mendukung produksi tanaman penting untuk dipertimbangkan.

**Peranan organisme tanah sebagai predator hama-penyakit bawaan tanah**

Kasus peledakan hama-penyakit bawaan tanah belakangan ini sering terjadi sebagai akibat parameter populasi organisme hama-penyakit tanah belum digunakan sebagai parameter dalam kriteria evaluasi kesesuaian lahan untuk pertanian. Pada kondisi ekosistem klimaks, populasi masing-masing komunitas pada prinsipnya berada pada posisi saling mengendalikan dan berada pada keseimbangan (stabil). Namun apabila terjadi goncangan/perubahan lingkungan akan mengalami perubahan untuk menuju kesetimbangan baru. Menurunnya populasi predator dapat menyebabkan terjadinya peledakan hama-penyakit, seperti akibat penggunaan pestisida ataupun sistem pengelolaan lahan yang kurang selektif, sehingga organisme hama-penyakit berkembang dan menurunkan produksi pertanian. Bahkan serangan jamur *Fusarium moniliformis* pada akar tanaman tomat meningkat seiring meningkatnya kandungan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan serangan blast (*Piricularia oryzae*) pada padi sawah juga meningkat akibat pemberian N yang berlebihan. Serangan *Streptomyces scabies*

**Tabel 2. Pengaruh cacing tanah terhadap sifat fisik tanah Ultisols**

| Perlakuan     | Ruang pori tanah | Berat Isi | Pori drainase cepat | Pori drainase lambat | Permeabilitas |
|---------------|------------------|-----------|---------------------|----------------------|---------------|
|               | % vol            | g/cc      | ..... %vol .....    | .....                | m/jam         |
| Tanpa cacing  | 72,6             | 0,75      | 32,4                | 4,4                  | 12,4          |
| Dengan cacing | 74,9             | 0,67      | 37,4                | 4,6                  | 17,0          |

Sumber : Anwar (2007)

pada tanaman kentang meningkat pada kondisi tanah pH tinggi, sebaliknya serangan *Fusarium roseum* justru meningkat pada pH rendah (masam). Weber (1973) menyatakan di kawasan tropika yang lembab dan panas, potensial untuk berkembangnya hama-penyakit tanaman. Berkembangnya populasi hama-penyakit tanaman sering terjadi akibat hilangnya organisme predator alami.

Beberapa predator yang hidup di dalam tanah dan mampu menekan perkembangan populasi organisme hama-penyakit ini antara lain dari kelompok insekta tanah (*Collembola*, *Coleoptera*, dan lain-lain). Fungi tanah *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella*, dan *Harposporium*, dengan aerasi tanah yang baik mampu

hidup di tanah masam lahan kering serta mampu mematikan *Nematoda* ataupun *Protozoa* yang banyak berperan sebagai penyakit pada akar tanaman (Alexander, 1977). Selain itu fungi berperan dalam dekomposisi selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin, sehingga dapat menekan populasi hama-penyakit yang banyak memiliki dinding sel dari bahan-bahan ini. Untuk itu dalam melakukan evaluasi kesesuaian lahan faktor populasi organisme tanah yang memiliki potensi sebagai predator ataupun sebagai hama-penyakit hendaknya dimasukkan sebagai salah satu parameter kesesuaian lahan. Identifikasi jenis, jumlah populasi, sebaran, dan kemampuan sebagai predator ataupun sebagai hama-penyakit penting untuk diketahui.

**Tabel 3. Beberapa organisme tanah penting dalam evaluasi kesesuaian lahan pertanian**

| No. | Jenis organisme tanah  | Peranan dalam kesuburan tanah  | Tanaman sasaran/target   | Indikator populasi  |
|-----|--|--|--|---|
| 1.  | Bakteri :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Rhizobium</i></li> <li>• <i>Azotobacter</i> sp.</li> <li>• <i>Azospirillum</i> sp.</li> <li>• <i>Nitrosomonas</i> sp.</li> <li>• <i>Nitrococcus</i> sp.</li> <li>• <i>Bacillus</i> sp.</li> <li>• <i>Pseudomonas</i> sp.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penambat N-simbiotik</li> <li>• Penambat N hidup bebas</li> <li>• Penambat N hidup bebas</li> <li>• Penambat N hidup bebas</li> <li>• Penambat N hidup bebas</li> <li>• Pelarut fosfat hidup bebas</li> <li>• Pelarut fosfat hidup bebas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanaman kacang-kacangan</li> <li>• Aneka tanaman</li> <li>• Aneka tanaman</li> <li>• Aneka tanaman</li> <li>• Aneka tanaman</li> <li>• Aneka tanaman</li> <li>• Aneka tanaman</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> <li>&gt; 10<sup>3</sup> cfu/g tnh</li> </ul> |
| 2.  | Fungi :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Endomikoriza(VMA)</i></li> <li>• <i>Ectomikoriza</i></li> <li>• <i>Aspergillus niger</i></li> <li>• <i>Trichoderma</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasok fosfat tanaman lahan kering</li> <li>• Pemasok fosfat tanaman lahan kering</li> <li>• Pelarut fosfat tanah kering</li> <li>• Perombak bahan organik</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aneka tanaman semusim lahan kering (jagung, kopi, sorgum, dan lain-lain).</li> <li>• Aneka tanaman tahunan lahan kering.</li> <li>• Aneka tanaman lahan kering (tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, hutan, dan pekarangan)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ditemukan</li> <li>Ditemukan</li> <li>Ditemukan</li> <li>Ditemukan</li> </ul>  |
| 3.  | <i>Blue Green Algae</i> :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Nostoc</i></li> <li>• <i>Anabaena</i></li> <li>• <i>Oscillatoria</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penambat N (bebas/simbiotik)</li> <li>• Penambat N (bebas/simbiotik)</li> <li>• Penambat N (bebas/simbiotik)</li> </ul>   | Aneka tanaman lahan basah dan sebagai sumber pupuk organik   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ditemukan</li> <li>Ditemukan</li> <li>Ditemukan</li> </ul>   |
| 4.  | Fauna tanah :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Cacing tanah</li> <li>• Rayap</li> <li>• <i>Collembola</i></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perbaikan fisik dan perombak bahan organik tanah kering</li> <li>• Perombak bahan organik tanah kering</li> <li>• Perombak bahan organik tanah kering</li> </ul>  | Aneka tanaman (tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, hutan, dan pekarangan)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 10 ekor/m<sup>2</sup></li> <li>Ditemukan</li> <li>Ditemukan</li> </ul>  |



### Implementasi peranan organisme tanah untuk evaluasi kesesuaian lahan pertanian

Dari gambaran di atas menunjukkan bahwa beberapa organisme tanah memiliki peranan penting dan spesifik dalam mendukung kesuburan tanah secara alami, baik dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan kesuburan tanah, memasok hara bagi tanaman, maupun melindungi kehilangan bahan organik tanah. Beberapa organisme tanah yang untuk sementara ini dapat dimanfaatkan sebagai parameter pelengkap dalam evaluasi kesesuaian lahan antara lain seperti pada Tabel 3.

Dalam melakukan evaluasi kesesuaian lahan untuk pertanian perlu mempertimbangkan indikator biologi tanah pada saat melakukan kegiatan survei dan pemetaan tanah. Indikator biologi tanah hendaknya dapat disampaikan kondisi riil saat itu dan juga prediksi ke depan akibat penggunaan yang akan dilakukan. Melalui hasil evaluasi ini para pemangku kepentingan dapat memanfaatkan sumberdaya lahan yang ada untuk penggunaan yang tepat, murah dan lestari sesuai dengan realita dinamika yang terjadi. Sehubungan dengan jenis interaksi antara biologi tanah dengan tanaman berlangsung sangat kompleks dan spesifik, maka penetapan indikator kuantitatif masih sulit untuk ditetapkan. Sebagian besar hanya dapat ditetapkan secara kualitatif dengan kriteria: *ditemukan* ataupun *tidak ditemukan*.

Permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan usahatani di kawasan *megabiodiversity* tropika basah yang kaya keanekaragaman hayati, deposit mineral, sinar matahari, dan curah hujan adalah tingginya laju pelapukan, pencucian hara, erosi tanah, dan serangan hama-penyakit. Peningkatan pendauran hara, peningkatan perkolasi dan infiltrasi serta pencegahan serangan hama-penyakit tanaman merupakan langkah yang tepat untuk mendukung sistem produksi pertanian yang efektif dan efisien. Bakteri penambat N, fungi *Mikoriza*, cacing tanah dan rayap merupakan kelompok biota tanah yang penting dalam pengaturan daur hara tanah, dekomposisi dan penyusunan bahan organik tanah serta menjaga

stabilitas struktur tanah di tropika (Anonim, 1997). Lal (1995) juga menyatakan bahwa pendauran hara merupakan strategi yang penting dalam upaya kelestarian sistem produksi pertanian di kawasan tropika basah. Fauna tanah (cacing dan rayap) berperan penting dalam daur hara C, N, P, S, B, Cu, Zn, dan Mo. Selanjutnya dikatakan bahwa pasokan N dari hasil penambatan organisme tanah penambat N sangat penting untuk mendukung produksi pertanian tropika basah. Pertumbuhan tanaman kacang-kacangan semusim di tropika basah tanpa bersimbiose dengan bakteri *Rhizobium* akan mengalami kekahatan N yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Rao (1994) menyatakan tanah yang subur terdapat 10-100 juta bakteri/gram tanah. Untuk itu parameter biologi tanah penting untuk dimanfaatkan sebagai bagian dari kriteria kesesuaian lahan untuk pertanian di kawasan vulkanik tropika basah.

Sehubungan dengan tingginya keanekaragaman jenis, sifat dan perilaku organisme tanah, maka metode sampling dan analisis data penting untuk dipertimbangkan secara tepat dan bernilai guna sesuai dengan nilai fungsionalnya. Kualitas interpretasi sangat ditentukan oleh ketepatan pemilihan keragaman jenis data, keakuratan/validitas nilai data, dan ketepatan analisis. Masing-masing data dilakukan *rating/* penilaian secara parsial terhadap persyaratan tumbuh dari masing-masing target komoditas pertanian yang akan dikembangkan. Untuk itu parameter biologi tanah penting untuk dimanfaatkan sebagai bagian dari kriteria kesesuaian lahan untuk pertanian di kawasan *megabiodiversity* tropika basah. Dalam pelaksanaannya parameter biologi tanah ini dapat dimanfaatkan sebagai parameter tambahan/pelengkap dari parameter evaluasi kesesuaian lahan yang telah ada, sehingga pemberdayaan sumberdaya lahan yang ada dapat optimal dan efisien dalam usahatani.

Dalam upaya memanfaatkan data dukung populasi biologi tanah untuk kelengkapan evaluasi kesesuaian lahan yang tepat dan searah dengan permasalahan yang ada, maka langkah-langkah penting yang perlu dilakukan antara lain:

### ***Inventarisasi populasi biologi tanah dan peranannya terhadap tanaman***

Inventarisasi data biologi dilakukan mengikuti skala pengamatan yang dilakukan untuk pengamatan data tanah lainnya. Pengamatan organisme tanah meliputi jenis, jumlah, dan sebaran vertikal maupun horizontal. Selanjutnya masing-masing jenis dikelompokkan ke dalam kelompok fungsional terhadap kepentingan pertumbuhan tanaman. Kelompok fungsional positif merupakan jenis organisme tanah yang dapat mendukung perbaikan pertumbuhan tanaman target yang meliputi fungsi daur hara, penyediaan hara, dan pengendali hama-penyakit (predator). Sedangkan kelompok fungsional negatif merupakan kelompok yang mempunyai potensi merugikan tanaman, seperti sebagai hama-penyakit ataupun sebagai perantara berkembangnya hama-penyakit (*host*).

### ***Evaluasi kesesuaian nilai fungsional biologi tanah terhadap pilihan komoditas***

Hasil inventarisasi kelompok fungsional organisme tanah di atas selanjutnya dipadukan dengan komoditas pertanian yang layak untuk dikembangkan. Pilihan komoditas yang akan dikembangkan hendaknya dapat meningkatkan kelompok fungsional positif dan menekan kelompok fungsional negatif dengan mempertimbangkan kondisi aktual alami yang ada. Analisis nilai fungsional penting ini dapat dilakukan dengan menghitung data populasi yang ada yang meliputi nilai kompatibilitas (keeratan hubungan), dominansi dan sebaran/agihan terhadap masing-masing target komoditas yang akan dikembangkan.

- *Nilai kompatibilitas* : ditentukan berdasarkan peluang tingkat keeratan hubungan antara suatu jenis organisme tanah yang ditemukan dengan parameter-parameter kesuburan tanah dengan uji korelasi-regresi. Selain itu juga dikaitkan keeratan hubungannya dengan tanaman target yang akan dikembangkan berdasarkan hasil-hasil penelitian sebelumnya ataupun dengan pemahaman lain yang dapat dipertanggung jawabkan

(*expert judgment*). Semakin tinggi tingkat keeratan hubungan memperoleh nilai kompatibilitas paling tinggi (1,0). Organisme yang memiliki fungsional kompatibilitas positif diberi nilai/symbol positif (+), sebaliknya yang negatif diberi nilai/symbol negatif (-).

- *Nilai dominansi* : dihitung dengan melihat perbandingan nilai fungsional dari suatu jenis organisme tanah terhadap nilai fungsional dari organisme lainnya. Hal ini dapat dilihat dengan berdasarkan pada data hasil analisa kesuburan tanah yang mencerminkan besarnya pengaruh dari organisme tanah yang ada. Semakin tinggi peranannya dalam mempengaruhi kesuburan tanah semakin tinggi nilai dominansinya (1,0).
- *Nilai sebaran/agian* : dihitung berdasarkan nilai peluang ditemukannya suatu organisme pada data sampling masing-masing satuan peta tanah (SPT) yang dilakukan di lapangan. Semakin tinggi nilai peluangnya semakin besar nilai indeks sebarannya (1,0).
- Nilai fungsional organisme = nilai kompatibilitas x nilai dominansi x nilai sebaran.

Jenis organisme yang memiliki nilai fungsional tinggi memperoleh nilai tinggi dalam menentukan nilai kesesuaian lahan (diutamakan), selanjutnya secara bertahap pada jenis yang memiliki nilai penting rendah.

### ***Penerapan kelengkapan data biologi tanah dalam sistem evaluasi kesesuaian lahan***

Untuk melengkapi parameter evaluasi kesesuaian lahan pertanian parameter organisme tanah seperti pada Tabel 3 untuk sementara ini penting untuk dipertimbangkan. Dengan memasukkan parameter biologi tanah ini, maka hasil evaluasi lahan dapat ditulis sebagai berikut: "*misal tanah berliat terdapat populasi bakteri Rhizobium, Fungi Pelarut Fosfat, dan Agromixa memiliki kesesuaian lahan untuk kedelai S1*". Sehubungan bakteri *Rhizobium* dan Fungi Pelarut P memiliki fungsional positif untuk kedelai, maka diberi simbol positif (+). Sebaliknya *Agromixa*

memiliki fungsional negatif sebagai hama/ penyakit kedelai, maka diberi simbol negatif (-). Berdasarkan tambahan data biologi tanah tersebut, maka simbol kesesuaian lahan pada tanah berliat tersebut dapat ditulis :

Kedelai S1, Rhizobium<sup>+</sup>, Fungi Pelarut P<sup>+</sup>, Agromixa<sup>-</sup>

Agar nilai fungsi parameter biologi tanah untuk masing-masing unit kesesuaian lahan dapat berpengaruh nyata, maka perlu dilengkapi 2-5 indikator biologi tanah dengan sekurang-kurangnya 1 (satu) indikator biologi tanah yang berpengaruh positif (+) dan 1 (satu) indikator biologi tanah negatif (-). Semakin lengkap indikator biologi tanah pendekatan evaluasi kesesuaian lahan semakin sempurna. Berdasarkan hasil evaluasi kesesuaian lahan ini, langkah-langkah teknologi pengelolaan lahan dilakukan dengan mengembangkan peranan organisme tanah positif dan menekan organisme tanah negatif.

## KESIMPULAN

Indonesia yang berada di wilayah "megabiodiversity" vulkan tropika basah, peranan biologi tanah sangat penting dalam menentukan kualitas pertumbuhan tanaman pertanian. Peranan organisme dapat berfungsi sebagai agen daur dan penyediaan hara, perbaikan sifat fisik tanah, dan pengendali serangan hama-penyakit. Untuk itu parameter biologi tanah perlu diperhatikan untuk melengkapi evaluasi kesesuaian lahan yang telah ada antara lain adalah: kelompok bakteri penambat N ataupun P yang hidup bersimbiose maupun hidup bebas, kelompok fungi pelarut P dan pengurai bahan organik tanah, kelompok BGA penambat N yang hidup bebas maupun simbiotik, kelompok fauna tanah yang mampu mengkonservasi bahan organik dan memperbaiki sifat fisik tanah. Langkah-langkah penting yang perlu dilakukan dalam evaluasi lahan meliputi inventarisasi populasi biologi tanah dan peranannya terhadap pertumbuhan tanaman, serta evaluasi kesesuaian nilai fungsional parameter biologi tanah terhadap pilihan komoditas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction of Soil Microbiology. John Wiley and Sons, New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore. P 467.
- Anas, I. 2010. Peranan Pupuk Organik dan Pupuk Hayati dalam Peningkatan Produktivitas Beras Berkelanjutan. Seminar Nasional Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produktivitas dan Swasembada Beras Berkelanjutan, BBSDLP, 24 Februari 2010. Hlm 20.
- Anonim. 1997. The Biology and Fertility of Tropical Soils: Report of the Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) (Swift, J.M. Ed.), c/o UNESCO, UN Complex, P.O. Box 30592, Nairobi, Kenya. P 9.
- Anwar, E.K. 2007. Pengaruh inokulan cacing tanah dan pemberian bahan organik terhadap kesuburan dan produktivitas tanah Ultisols. Jurnal Tanah Tropika 12(2):121-130.
- Deshmukh, I. 1986. Ecology and Tropical Biology. Blackwell Scientific Publications, Palo Alto, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Victoria. P 6.
- Djaenudin, D., M. Hendrisman, H. Subagjo, dan A. Hidayat. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Balai Penelitian Tanah, Puslitbangtanak, Badan Litbang Pertanian. Hlm 154.
- Edwards, C.A. and J.R. Lofty. 1977. Biology of Earthworms. A Halsted Press Boo, John Wiley & Sons, New York. P 333.
- Elliot, P.W., D. Knight, and J.M. Anderson. 1991. Variables Controlling Denitrification from Earthworm Cast and Soil in Permanent Pastures. Biol. Fertil. Soils 11:24-29.
- Freire, J.R.J. 1984. Important limiting factors in soil for the rhizobium-legume symbiosis. Pp 51-74. In Biological Nitrogen Fixation: Ecology, Technology, and Physiology (Alexander, M. Edt.). Plenum Press. New York and London.

- Keyser, H.H. and F. Li. 1992. Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean. Pp 119-135. *In* Biological Nitrogen Fixation for Sustainable Agriculture (J.K. Ladha, T. George, and B.B. Bohlool (Eds.). Plant and Soil 141, Kluwer Academic Publishers.
- Lal, R. 1995. Sustainable Management of Soil Resources in the Humic Tropics. United Nations University Press, Tokio-New York-Paris. Pp 25-29.
- Lee, K.E. 1985. Earthworms, Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press (Harcourt Brace Jovanovich, Publishers), Sydney. Orlando. San Diego. New York. London. Toronto. Montreal. Tokyo. P 411.
- Marinissen, J.C.Y. and A.R. Dexter. 1990. Mechanism of stabilization of earthworm cast and artificial cast. Biol. Fertil. Soils 11:234-238.
- Martin, A. 1991. Short and long-term effects of endogeic earthworm *Milsonia anomala* (Omodeo) (*Megascolecidae*, *Oligochaeta*) of tropical savanna, on soil organic matter. Biol. Fertil. Soils 11:234-238.
- Munir. 1996. Geologi dan Mineralogi Tanah. Pustaka Jaya. Hlm 290.
- Rao, S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan pertumbuhan Tanaman. Penerbit Universitas Indonesia. Hlm 354.
- Richard, B.N. 1978. Introduction to the Soil Ecosystem. Longman, London and New York. Pp 43-50.
- Stork, N.E. and P. Eggleton. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. American Journal of Alternative Agriculture 7(1 & 2):38-47.
- Subowo, I. Anas, G. Djajakirana, A. Abdurachman, dan S. Hardjowigeno. 2002. Pemanfaatan cacing tanah untuk meningkatkan produktivitas Ultisols lahan Kering. Jurnal Tanah dan Iklim (20):35-46.
- Vidyarthi, G.S. and R.V. Misra. 1982. the role and importance of organic materials and biological nitrogen fixation in rational improvement of agricultural production. FAO Soils Bulletin No. 45.
- Weber, G.F. 1973. Bacterial and Fungal Diseases of Plants in Tropics. University of Florida Press. Gainesville. P xv-xvii.
- Williams, C.N. and K.T. Joseph. 1976. Climate Soil and Crop Production in Humic-tropics. Kualalumpur, Oxford University Press. London.
- Yusnaini, M.A.S. Arif, J. Lumbanraja, S.G. Nugroho, dan M. Monaha. 2004. Pengaruh jangka panjang pemberian pupuk organik dan inorganik serta kombinasinya terhadap perbaikan kualitas tanah masam Taman Bogo. Hlm 283-293. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Pendayagunaan Tanah masam, Buku II, Puslitbang Tanah dan Agroklimat.