

© 2004 Ansyori
Makalah pribadi
Pengantar ke Falsafah Sains (PPS702)
Sekolah Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor
Mei 2004

Posted 12 May 2004

Dosen:
Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng (penanggung jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto
Dr Ir Hardjanto

POTENSI CACING TANAH SEBAGAI ALTERNATIF BIO-INDIKATOR PERTANIAN BERKELANJUTAN

Oleh:

Ansyori

A261030031/TNH

aan_ansyori@yahoo.com

ABSTRAK

Hasil tanaman dapat digunakan sebagai indikator produksi sekarang, tetapi keberlanjutan hasil ini membutuhkan pemeliharaan kesuburan dan struktur tanah atau kualitas tanah. Kualitas tanah berhubungan secara tertutup dan tercermin dari aktivitas, diversitas, dan populasi mikroflora dan fauna tanah, seperti cacing tanah. Keterbatasan mobilitas cacing tanah membuat sangat sesuai untuk mengontrol pengaruh polutan dan pengelolaan pertanian praktis. Penggunaan residu tanaman dan pengurangan pengolahan tanah merupakan kebutuhan utama di dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

Korelasi negatif antara jumlah populasi cacing tanah dengan intensitas pengolahan tanah menunjukkan dukungan sebagai sebuah potensi indikator pertanian berkelanjutan. Pemilihan spesies cacing tanah dapat lebih membedakan populasi ke

dalam kelompok ekologi dan memudahkan penilaian lebih detail, sehingga sangat diperlukan pengetahuan taksonomi cacing tanah. Kehadiran atau ketidakhadiran spesies lubang besar di lahan pertanian dapat dijadikan indikator bermanfaat untuk menilai kerusakan dan perbaikan lingkungan. Penggunaan variabel kepadatan cacing tanah yang tidak membutuhkan penyidikan secara taksonomi, dapat dipertimbangkan menjadi sebuah cara yang efektif untuk menilai pertanian praktis. Kepadatan dan distribusi cacing tanah tidak hanya berhubungan dengan pengelolaan lahan, tetapi juga faktor tanah dan iklim. Untuk itu diperlukan pengetahuan tentang keberlimpahan dan sebaran cacing tanah pada berbagai penggunaan, serta metode pengumpulan data yang akurat untuk berbagai spesies cacing tanah.

Kata kunci: cacing tanah, bio-indikator, pertanian berkelanjutan

PENDAHULUAN

Sistem pertanian konvensional selain menghasilkan produksi yang meningkat, juga terbukti menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem pertanian itu sendiri dan lingkungan lainnya. Keberhasilan yang dicapai dalam sistem pertanian konvensional juga hanya bersifat sementara, karena lambat laun ternyata tidak dapat dipertahankan akibat rusaknya habitat pertanian itu sendiri. Oleh karena itu perlu upaya untuk memperbaiki sistem pertanian konvensional dengan mengedepankan kaidah-kaidah ekosistem yang berkelanjutan (Aryantha, 2003).

Sebuah kesadaran perlu dibangun agar masyarakat secara bersama-sama mengupayakan perbaikan tanah yang telah terdegradasi. Terdegradasinya tanah dicerminkan oleh penurunan produksi pertanian akibat salah pengelolaan masa lalu, sehingga perlu dikembangkan strategi untuk memelihara produksi agar tetap optimum. Salah satunya dengan menerapkan sistem pertanian berkelanjutan, yang dicirikan oleh penggunaan pupuk organik, penggunaan mulsa atau pemanfaatan residu tanaman, menggunakan sistem olah tanah konservasi dan mengurangi penggunaan pestisida kimia.

Hasil tanaman dapat digunakan sebagai indikator produksi sekarang, tetapi keberlanjutan hasil ini membutuhkan pemeliharaan kesuburan dan struktur tanah atau

kualitas tanah. Menurut Olfert *et al.* (2002), kualitas tanah berhubungan secara tertutup dan tercermin dari aktivitas, diversitas, dan populasi mikroflora dan fauna tanah, seperti cacing tanah (*earthworm*). Hal ini penting sebagai indikator biologi keberlanjutan produksi dalam arti luas.

Lahan pertanian baik di daerah beriklim sedang maupun di daerah tropik didiami oleh cacing tanah, walaupun spesiesnya dapat berbeda-beda dari suatu tempat ke tempat lainnya. Perubahan dari hutan alami menjadi lahan yang ditanami secara terus-menerus mengakibatkan perubahan yang sangat berarti di dalam tanah sebagai suatu habitat. Tindakan budidaya pertanian mempengaruhi populasi cacing tanah dan sebaliknya. Pola penggunaan lahan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap populasi, biomas dan keanekaragaman cacing tanah. Sebaliknya cacing tanah mempunyai peranan penting terhadap perbaikan sifat tanah seperti menghancurkan bahan organik dan mencampuradukkannya dengan tanah, sehingga terbentuk agregat tanah dan memperbaiki struktur tanah (Buck, Langmaack, dan Schrader, 1999; Peres *et al.*, 1998). Cacing tanah juga memperbaiki aerasi tanah melalui aktivitas pembuatan lubang dan juga memperbaiki porositas tanah akibat perbaikan struktur tanah. Selain itu cacing tanah mampu memperbaiki ketersediaan unsur hara dan kesuburan tanah secara umum (Edward, 1998).

Cacing tanah sering merupakan komponen utama biomas makrofauna di dalam tanah. Hal ini disebabkan cacing tanah hidup kontak langsung dengan tanah dan memiliki kontribusi penting terhadap proses siklus unsur hara di dalam lapisan tanah, tempat akar tanaman terkonsentrasi. Selain itu lubang yang dibuat cacing tanah sering merupakan proporsi utama ruang pori makro di dalam tanah, sehingga cacing tanah dapat secara nyata mempengaruhi kondisi tanah yang berhubungan dengan hasil tanaman.

Aktivitas pertanian seperti pengolahan tanah, pemupukan, dan aplikasi pestisida kimia dapat mempengaruhi kehidupan cacing tanah. Penurunan jumlah cacing tanah di areal pertanian lebih diperburuk lagi oleh predatornya selama dan setelah pengolahan tanah, seperti kumbang tanah, burung gagak, burung camar, dan binatang lainnya. Menurut Muy dan Granval (1997), cacing tanah dapat

dipertimbangkan sebagai indikator yang tepat bagi penggunaan lahan dan kesuburan tanah, serta indikator kualitas hutan. Sebagai contoh bahwa kehadiran burung pada saat setelah pengolahan tanah dan tanah masih terbuka, serta memakan invertebrata kecil (sebagian besar cacing tanah) mengindikasikan tanah pertanian tersebut subur.

Dalam paper ini akan diuraikan mengenai potensi cacing tanah sebagai salah satu bio-indikator pertanian berkelanjutan. Untuk hal tersebut diawali dengan uraian alasan organisme tanah digunakan sebagai indikator kualitas tanah dan syarat-syaratnya; serta klasifikasi dan teknik pengumpulan cacing tanah. Selanjutnya dipaparkan pula beberapa hasil penelitian mengenai hubungan komponen sistem pertanian berkelanjutan dengan populasi cacing tanah, serta monitoring pertanian berkelanjutan.

ORGANISME TANAH SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS TANAH

Keberlanjutan produksi pertanian membutuhkan pemeliharaan kualitas tanah. Istilah kualitas tanah (*soil quality*) yang diaplikasikan pada ekosistem menunjukkan kemampuan tanah untuk mendukung secara terus menerus pertumbuhan tanaman pada kualitas lingkungan yang terjaga (Magdoff, 2001). Menurut The Soil Science Society of America, yang dimaksud dengan kualitas tanah adalah kapasitas suatu jenis tanah yang spesifik untuk berfungsi di alam atau dalam batas ekosistem terkelola, untuk mendukung produktivitas biologi, memelihara kualitas lingkungan dan mendorong kesehatan hewan dan tumbuhan (Herrick, 2000).

Untuk aplikasi di bidang pertanian, yang dimaksud kualitas tanah adalah kemampuan tanah untuk berfungsi dalam batas-batas ekosistem yang sesuai untuk produktivitas biologis, mampu memelihara kualitas lingkungan dan mendorong tanaman dan hewan menjadi sehat (Magdoff, 2001). Secara lebih terinci kualitas tanah didefinisikan sebagai kecocokan sifat fisik, kimia, dan biologi yang bersama-sama: (1) menyediakan suatu media untuk pertumbuhan tanaman dan aktivitas biologi; (2) mengatur dan memilah aliran air dan penyimpanan di lingkungan; serta

(3) berperan sebagai suatu penyangga lingkungan dalam pembentukan dan pengrusakan senyawa-senyawa yang meracuni lingkungan.

Untuk mengekspresikan kualitas tanah, berbagai indikator yang berbeda telah digunakan baik yang bersifat statis seperti kerapatan ruang (*bulk density*), porositas, dan kandungan bahan organik; ataupun yang bersifat dinamis dengan menggunakan model simulasi. Kerapatan ruang atau porositas bukan kriteria yang dapat dipercaya untuk membedakan pengaruh penggunaan lahan yang berbeda dalam jangka panjang, tetapi bahan organik tanah merupakan parameter yang relatif stabil yang menggambarkan pengaruh pengelolaan dan tipe tanaman pada periode yang cukup lama (Pulleman *et al.*, 2000).

Penilaian kualitas tanah melalui pengukuran sifat fisik dan kimia, seperti kelembaban tanah, kemantapan agregat, kepadatan tanah, jumlah air tersimpan, hara tersedia, sifat meracun Aluminium dan lainnya sering kali memiliki kelemahan, karena diukur oleh peralatan dan ekstraktan kimia yang diasumsikan memiliki kemampuan yang sama dengan kemampuan kerja akar tanaman dan hanya menggambarkan kondisi pada saat tersebut saja. Oleh karena itu pemanfaatan organisme tanah sebagai indikator sudah seharusnya dikembangkan sebagai salah satu alternatif.

Komunitas organisme tanah selain berperan penting dalam proses ekologi, seperti siklus hara juga respon terhadap gangguan pada lingkungan tanah seperti kontaminasi terhadap logam berat dan pestisida. Singkatnya sistem biologi sangat sensitif terhadap degradasi yang baru terjadi sekalipun, sehingga perubahan status biologi dari sistem tersebut dapat menjadi peringatan dini atas kemunduran lingkungan (Pankhurst, Doube, dan Gupta, 1997).

Bioindikasi didefinisikan sebagai penggunaan suatu organisme baik sebagai bagian dari suatu individu suatu kelompok organisme untuk mendapatkan informasi terhadap kualitas seluruh atau sebagian dari lingkungannya (Hornby dan Bateman, 1997). Menurut Doran dan Zeiss (2000), terdapat lima kriteria yang harus dipenuhi oleh suatu indikator termasuk bioindikator untuk dapat menilai kualitas tanah, yaitu: (1) sensitif terhadap variasi pengelolaan; (2) berkorelasi baik dengan fungsi tanah

yang menguntungkan; (3) dapat digunakan dalam menguraikan proses-proses di dalam ekosistem; (4) dapat dipahami dan berguna untuk pengelolaan lahan; serta (5) mudah diukur dan tidak mahal.

Organisme tanah cukup baik sebagai bioindikator tanah karena memiliki respon yang sensitif terhadap praktek pengelolaan lahan dan iklim, berkorelasi baik terhadap sifat tanah yang menguntungkan dan fungsi ekologis seperti penyimpanan air, dekomposisi dan siklus hara, netralisasi bahan beracun dan penekanan organisme patogen dan berbahaya. Organisme tanah juga dapat menggambarkan rantai sebab akibat yang menghubungkan keputusan pengelolaan lahan terhadap produktivitas akhir dan kesehatan tanaman dan hewan.

CACING TANAH DAN PENGUMPULAN DATANYA

Taksonomi

Ukuran cacing tanah yang relatif besar, berkisar 1-8 cm atau lebih, dengan kecepatan berpindah di dalam tanah yang relatif terbatas dan lambat berkoloni kembali membuat cacing tanah mudah ditangkap dan dipilih, sehingga dapat dijadikan bioindikator. Menurut Neher (2001), suatu indikator harus mencerminkan struktur dan atau fungsi proses ekologi dan respon terhadap perubahan dalam kondisi tanah yang dihasilkan oleh praktek pengelolaan lahan. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan taksonomi yang cukup untuk mengidentifikasi cacing tanah secara akurat dan efisien.

Cacing tanah merupakan organisme tanah heterotrof, bersifat hermaprodit-biparental dari Filum *Annelida*, Kelas *Clitellata*, Ordo *Oligochaeta*, dengan Famili *Lumbricidae* dan *Megascolecidae* yang banyak dijumpai di lahan pertanian. Setelah melakukan kopulasi cacing tanah akan membentuk kokon pada klitelum sebagai tempat berkembangnya embrio. Kopulasi dan produksi telur biasanya dilakukan pada bulan-bulan panas. *Megascolecidae* banyak dijumpai di daerah tropika dan subtropika, sedangkan *Lumbricidae* merupakan jenis cacing tanah “camp followers”

yang banyak tersebar pada tanah-tanah pertanian atau pada tempat-tempat kegiatan manusia yang banyak melakukan pemindahan tanah. Annelida mempunyai koloni di laut, air tawar, dan darat. Lebih dari 3500 spesiesnya disebut cacing tanah (Oligochaeta) yang hidup di dalam tanah termasuk di suspensi tanah pada akar tanaman, khususnya pada daerah hutan tropik basah, yang lainnya hidup di lumpur bawah permukaan air tawar atau dasar laut. Cacing tanah ini merupakan bagian penting dari bentik fauna (Paoletti, 1999).

Untuk mengidentifikasi cacing tanah dewasa terutama didasarkan pada posisi dan ketajaman klitelum, setae, dan organ dalam, seperti vesicles seminalis dan spermathecae. Menurut Paoletti (1999), pedoman untuk identifikasi cacing tanah tersedia pada berbagai negara termasuk Prancis, Jerman, Italia, Inggris, Amerika, Kanada, Rusia, dan New Zealand. Bahkan sebuah sistem identifikasi cacing telah tersedia dalam bentuk CD-rom di Italia. Pedoman tersebut berhubungan dengan biologi, morfologi, dan ekologi cacing tanah. Untuk keperluan evaluasi kepadatan dan keanekaragaman spesies cacing tanah pada lingkungan dan tanah, data dikelola menggunakan data hasil survei. Perbedaan dalam hal teknik, periode pengambilan, skala wilayah, dan keahlian taksonomi harus dipertimbangan ketika mengevaluasi data.

Klasifikasi Ekologi

Pengelompokan makhluk hidup yang didasarkan pada karakteristik ekologinya kadang-kadang memberikan keuntungan praktis seperti kemampuan untuk menilai perbedaan lingkungan. Hasil penelitian Paoletti (1999); dan Jimenez *et al.* (1998) menunjukkan: (1) lahan peternakan dan padang rumput memiliki kepadatan dan biomas cacing tanah yang lebih tinggi; (2) hutan berdaun gugur lebih tinggi biomas dan kepadatan cacing tanahnya dibandingkan hutan berdaun jarum; (3) lahan pertanian yang diolah intensif lebih rendah populasi cacingnya dibandingkan kebun buah-buahan.

Cacing tanah secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan tempat hidupnya, kotorannya, kenampakan warna, dan makanan kesukaannya (Edwards, 1998; Paoletti, 1999) sebagai berikut:

- (1) Epigaesis; cacing yang aktif dipermukaan, warna gelap, penyamaran efektif, tidak membuat lubang, kotoran tidak nampak jelas, pemakan serasah di permukaan tanah dan tidak mencerna tanah. Contohnya *Lumbricus rubellus* dan *Lumbricus castaneus*.
- (2) Anazesis; berukuran besar, membuat lubang terbuka permanen ke permukaan tanah; pemakan serasah di permukaan tanah dan membawanya ke dalam tanah, mencerna sebagian tanah, warna sedang bagian punggung, dengan penyamaran rendah, kotoran di permukaan tanah atau terselip di antara tanah. Contohnya *Eophila tellinii*, *Lumbricus terrestris*, dan *Allolobophora longa*.
- (3) Endogaesis; hidup di dalam tanah dekat permukaan tanah, sering dalam dan meluas, kotoran di dalam lubang, tidak berwarna, tanpa penyamaran, pemakan tanah dan bahan organik, serta akar-akar mati. Contohnya *Allolobophora chlorotica*, *Allolobophora caliginosa*, dan *Allolobophora rosea*.
- (4) Coprophagic; hidup pada pupuk kandang, seperti *Eisenia foetida*, *Dendrobaena veneta*, dan *Metaphire schmaridae*.
- (5) Arboricolous; hidup di dalam suspensi tanah pada hutan tropik basah, seperti *Androrrhinus spp.*

Sistem Pengumpulan Data

Pengambilan contoh cacing tanah tidak membutuhkan peralatan dan keahlian tersendiri, serta puncak populasinya bersifat musiman dan dapat diprediksi secara rasional, sehingga waktu optimum untuk sampling dapat ditentukan dengan relatif mudah. Pengukuran cacing tanah memerlukan banyak kriteria supaya dapat digunakan sepenuhnya sebagai indikator pengelolaan lahan yang sesuai, termasuk kelimpahannya, keragaman, struktur jaringan dan stabilitas komunitas hendaknya menjadi perhatian.

Pemilihan metoda pengumpulan cacing tergantung tujuan pengambilan sampling, yakni untuk memperoleh jumlah spesies maksimum di suatu area atau memperkirakan perbedaan variasi komponen atau lokasi di suatu lanskap. Metode sampling disesuaikan dengan kebutuhan, tenaga, keinginan ketepatan kuantitas dan kualitas pengukuran, serta statistik yang digunakan. Pengulangan sampling, mungkin di dalam sebuah desain acak diperlukan untuk menilai keragaman populasi dan signifikansi di antara site yang berbeda. Sampling pendahuluan dapat memberikan informasi dasar dan memungkinkan menyusun desain sampling yang terbaik. Selain itu bimbingan statistik dapat pula membantu di dalam perencanaan desain sampling yang valid.

Sampling cacing lebih disukai pada musim dingin atau basah; sedangkan sampling pada saat tanah kering atau tanah beku harus selalu dihindari. Umumnya tanah pasir yang mudah kering dan bersifat asam, kurang disukai cacing tanah. Di daerah temperate, sampling dilakukan pada musim gugur, semi, dan beberapa bulan musim dingin akan memberikan hasil terbaik jika kelembaban cukup (Paoletti, 1999).

Cacing tanah dapat dikumpulkan dengan *photo eclectors*, sebuah perangkap khusus yang menangkap semua invertebrata pada permukaan batang pohon. Sebuah sistem pengumpulan aktif terdiri dari tangan pensortir dari tanah galian ukuran 25x25 cm² atau 30x30 cm² sedalam 20-25 cm dengan sekop. Pekerjaan ini akan lebih efisien jika dilakukan oleh banyak orang, sebab metode ini memakan banyak waktu dan dapat merusak kondisi tanah. Untuk menilai populasi cacing penggali dalam, penggunaan larutan pengganggu dapat menstimulasi cacing untuk muncul ke permukaan tanah, dengan cara demikian dapat mempermudah pengumpulan. Bahan kimia pengganggu yang dapat digunakan antara lain Formaldehyde, KMnO₄, dan CuSO₄.

CACING TANAH DAN PENGELOLAAN LAHAN PERTANIAN

Pengolahan Tanah

Intensifikasi pertanian, pengolahan tanah tahunan dan kegiatan lain seperti pemupukan, irigasi, dan penggunaan pestisida secara terus-menerus berdampak terhadap populasi cacing tanah. Peralatan olah tanah, khususnya mesin untuk mempersiapkan tempat penyemaian yang halus setelah dibajak, menyebabkan masalah untuk cacing tanah spesies penggali dalam seperti *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora longa*, *Octodrilus spp.*, dan beberapa spesies cacing tanah besar lainnya. Pengolahan tanah juga mempengaruhi cacing permukaan (epigeis) dan spesies besar *Megascolecidae*. Tipe alat bajak tertentu dengan *rotary chisel* yang membatasi pengolahan tanah hanya pada tanah paling atas lebih baik terhadap kelangsungan hidup cacing tanah dibandingkan cara konvensional dengan menggunakan *molboard plows*.

Menurut Hubbard, Jordan, dan Syecker (1999), olah tanah minimum dan tanpa olah tanah cenderung menurunkan kehilangan biomas cacing tanah yang hidup pada permukaan tanah. Hal tersebut disebabkan tanah tidak banyak terganggu, serta oleh penggunaan mulsa atau pembenaman residu tanaman sedalam 10-15 cm dan banyak serasah kayu di permukaan. Pemberian residu tanaman pada permukaan tanah dan tidak mengolah tanah dapat mencegah cacing tanah dari kekeringan dan predasi selama periode kering, sehingga lahan tanpa olah tanah selalu menunjukkan biomas cacing tanah lebih tinggi daripada olah tanah konvensional.

Penggunaan Pupuk dan Mulsa

Penambahan pupuk berdampak positif terhadap biomas dan jumlah cacing tanah pada padang rumput dan lahan pertanian. Cacing umumnya lebih respon terhadap pupuk organik dibandingkan pupuk anorganik (Whalen, Parmele, dan Edwards, 1998).

Pemberian mulsa serasah segar atau kering dapat memberikan kelembaban tanah yang cukup, sehingga dapat meningkatkan biomas cacing tanah. Pencampuran bahan tanaman seperti residu tanaman atau *cover crop* dengan tidak terlalu dalam ke dalam tanah dapat mengubah aktivitas dan biomas cacing tanah khususnya spesies

endogeis. Hasil penelitian Lekasi *et al.* (2001) menunjukkan bahwa penggunaan residu tanaman pisang sebagai mulsa mampu meningkatkan populasi cacing tanah pada tanaman kubis. Penelitian lain menunjukkan pemanfaatan tunggul jerami gandum sebagai mulsa mampu meningkatkan populasi cacing tanah, tetapi kecil pengaruhnya terhadap keanekaragaman spesies cacing tanah. Kecenderungan ini sama meskipun pada tekstur tanah yang berbeda (Mele dan Carter, 1999).

Penggunaan Pestisida

Pestisida dapat menyebabkan keracunan langsung bagi cacing tanah dan memproduksi efek tersembunyi pada pertumbuhan dan perkembangan cacing tanah. Cacing tanah yang terkontaminasi pestisida dapat merupakan sumber kontaminasi lebih lanjut pada sejumlah jaring makanan seperti burung camar dan burung lainnya. Pestisida biasanya sampai ke tanah sebagai campuran beberapa produk, khususnya di kebun buah. Pada saat masuk ke dalam tanah, campuran dapat menyebabkan pengaruh besar terhadap makanan cacing tanah di permukaan, seperti spesies epigeis yang hidup dekat permukaan misalnya *Lumbricus rubellus* dan *Lumbricus castaneus*.

Fungisida yang mengandung Cu, Pb, Cd, dan Zn umumnya sangat meracuni cacing tanah (Panda, Pati, dan Sahu, 1999; Pearson *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2002; Stuczynski, McCarty, dan Siebielec, 2003), khususnya residu Cu dan Zn dari CuSO₄ dan Carbamat. Fumigan tanah, nematisida, dan fungisida seperti D-D mixture (*dichloropropana*; *dichloropropene*), methan sodium dan methyl bromide adalah sangat meracuni cacing tanah. Fungisida carbamat seperti benomyl dan carben dezin juga sangat meracuni cacing tanah. Sebagai contoh 1,8 kg/ha/th benomyl memusnahkan semua *Lumbricus terrestris* dan *Allolobophora spp.* di kebun buah di Inggris (Brown, 1978 *dalam* Paoletti, 1999). Cacing tanah juga sangat dipengaruhi oleh banyak tipe insektisida yang mungkin diaplikasikan langsung ke tanah atau masuk ke tanah melalui perlakuan tanaman. Insektisida seperti phorate dan carbofuron sangat merusak cacing tanah ketika diaplikasikan ke tanah (Edwards, 1998).

Meskipun sebagian besar herbisida dianggap berdampak kecil terhadap cacing tanah, tetapi penurunan penutupan gulma akibat aplikasi herbisida membuat habitat kurang disukai cacing tanah. Herbisida Bentazen, bromphenoxin, bromoxynil, octaonate/ioxynil dan atrazine cukup meracuni cacing tanah. Beberapa herbisida spektrum luas seperti glyphosate, sangat berbahaya terhadap cacing tanah seperti *Aporrectodea caliginosa*. Cacing tanah epigeis seperti *Allolobophora chlorotica* dan cacing tanah endogeis *A. rosea* terlihat dipengaruhi secara negatif pada padang rumput yang disemprot Atrazine dan pentachlorophenol (PCP).

Logam Berat

Logam berat dapat masuk ke dalam tanah dari sumber yang berbeda-beda antara lain: pestisida, pupuk organik dan anorganik, sampah, dan endapan lumpur. Meskipun cacing tanah sensitif terhadap CuSO_4 dan memberi kesan bahwa cacing tanah sesuai sebagai monitor sumber kontaminasi tanah, tetapi penilaian tersebut dapat menjadi tidak jelas oleh karena pada kenyataannya cacing tanah dapat membangun toleransi terhadap polutan ini, terutama jika kontak dengan polutan dalam jangka waktu yang lama (Langdon *et al.*, 1999). Oleh karena hal tersebut, pengukuran konsentrasi logam berat pada jaringan cacing tanah dapat dijadikan sebuah rata-rata nilai tingkat polusi lingkungan. Hal ini memberikan korelasi yang baik antara tanah terkontaminasi dengan bioakumulasi logam pada cacing tanah.

Tanah yang terkontaminasi logam berat dapat dimonitor oleh cacing tanah. Hasil penelitian Fang *et al.* (1999) dalam Paoletti (1999) menunjukkan bahwa di sub tropik, China adanya korelasi negatif antara konsentrasi arsenic di tanah dengan populasi cacing tanah *Megascolecidae*. Selain itu cacing tanah sangat dipengaruhi oleh produk terkontaminasi Cu. Tanah dengan konsentrasi 100-150 ppm Cu umumnya merusak populasi cacing tanah, sebab hanya sedikit spesies yang bertahan pada kondisi ini. Banyak spesies endogeis tidak ditemukan pada tanah terkontaminasi Cu dan jumlah spesies lubang besar drastis seperti *Lumbricus terrestris*.

MONITORING PERTANIAN BERKELANJUTAN

Jumlah cacing tanah bermanfaat untuk memonitoring sistem pertanian yang berbeda-beda, serta untuk mengevaluasi tanah terkontaminasi dan manajemen praktis seperti efek residu pestisida, pengolahan tanah, pemadatan, dan bahan organik. Hasil penelitian di Alto Adige, Italia menunjukkan bahwa populasi cacing tanah pada kebun apel yang dikelola secara konvensional lebih rendah dibandingkan dengan kebun apel yang dikelola secara organik (Paoletti *et al.*, 1995). Sebagian besar jumlah spesies dan kepadatan populasi cacing tanah menurun dari kebun buah apel secara organik ke konvensional (input tinggi), sebagaimana tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Cacing Tanah pada Kebun Apel Konvensional dan Kebun Apel Organik

Spesies Cacing Tanah	Kebun Apel Konvensional	Kebun Apel Organik
	----- Jumlah Cacing / m ² -----	
<i>Lumbriscus terrestris</i>	1,1	22,2
<i>Lumbriscus castaneus</i>	0,0	2,8
<i>Lumbriscus rubellus</i>	0,6	0,6
<i>Lumbriscus sp.</i> (juveniles)	2,2	70,0
<i>Allolobophora rosea</i>	4,4	1,1
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0,6	53,3
<i>Allolobophora sp.</i> (juveniles)	1,1	90,6
<i>Octolasion lacteum</i>	0,0	11,1
<i>Octolasion sp.</i> (juveniles)	0,0	4,4
<i>Eophila sp.</i> (juveniles)	0,0	1,7
<i>Dendrodrilus rubidus</i>	1,1	1,1

Sumber: Modifikasi Paoletti *et al.*(1995).

Spesies lubang dalam *Lumbriscus terrestris* dan spesies permukaan *Lumbriscus castaneus* praktis tidak terlihat pada kebun buah secara konvensional, sehingga memberikan sebuah indikasi bahwa kebun buah konvensional berbahaya terhadap spesies tersebut, yang umumnya lebih resisten terhadap gangguan. Hasil

penelitian juga menunjukkan untuk jumlah spesies dan kepadatan populasi memiliki kecenderungan yang sama. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pendekatan menggunakan kepadatan populasi yang tidak membutuhkan penyidikan secara taksonomi dapat menjadi sebuah cara yang efektif untuk menilai pertanian praktis terhadap populasi cacing tanah. Hal ini diperkuat oleh penelitian Buckerfield *et al.* (1997) yang memperlihatkan korelasi yang tinggi ($r=0,93^{***}$) antara variabel kepadatan dan biomas cacing tanah.

Hasil penelitian lain menunjukkan total biomas cacing tanah per m² yang digunakan untuk mengevaluasi pertanian terintegrasi (olah tanah minimum = 20 cm dengan sedikit pestisida) dibandingkan dengan cara konvensional (dibajak 35 cm) menunjukkan bahwa jumlah dan biomas cacing tanah lebih tinggi pada pertanian terintegrasi. Sebuah penelitian disusun oleh Buckerfield *et al.* (1997) untuk melihat penggunaan cacing tanah sebagai indikator potensi keberlanjutan pada tanaman gandum, barley, dan peach yang disurvei pada areal seluas 3500 km² dengan curah hujan dan tanah yang bervariasi. Hasil penelitian seperti tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Signifikansi korelasi (r) antara kepadatan dan biomas cacing tanah terhadap pertumbuhan tanaman, kondisi tanah, dan pengelolaan

Variabel	Kepadatan		Biomas	
	Korelasi (r)	Signi-fikasi	Korelasi (r)	Signi-fikasi
Kepadatan cacing tanah			0,931	***
Rata-rata curah hujan	0,495	***	0,478	***
Curah hujan tahunan	0,470	***	0,503	***
Pemupukan N saat tanam	0,466	***	0,432	***
Pemupukan N setelah tanam	0,482	***	0,361	***
Pengolahan tanah	-0,696	***	-0,602	***
Hasil gabah	0,441	***	0,484	***
Potensi hasil (%)	0,538	***	0,529	***
Kandungan protein gabah (%)	0,523	***	0,647	***
% pasir kasar	-0,457	***	-0,556	***

Keterangan : *** = $P < 0,001$; Sumber: Buckerfield *et al.* (1997).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembenaman residu tanaman dan pengurangan pengolahan tanah sangat diperlukan dalam sistem pertanian berkelanjutan. Terdapat korelasi negatif antara populasi cacing tanah dengan intensitas pengolahan tanah ($r = -0,69^{***}$). Hal ini mendukung potensi cacing sebagai indikator keberlanjutan. Selain itu terlihat bahwa meskipun populasi cacing memiliki nilai korelasi yang kecil terhadap produksi gabah dan kandungan protein gabah, tetapi secara statistik berpengaruh nyata. Korelasi positif terlihat juga antara dosis pemupukan N dengan jumlah dan biomas cacing tanah. Hal ini diduga berhubungan dengan peningkatan bahan organik dan peningkatan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa distribusi dan keberlimpahan cacing tanah tidak hanya tergantung pengelolaan lahan, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor tanah dan iklim. Kepadatan dan biomas cacing tanah berkorelasi sangat nyata dengan curah hujan tahunan dan berkorelasi negatif terhadap kandungan pasir kasar.

PENUTUP

Keterbatasan mobilitas cacing tanah membuat sangat sesuai untuk mengontrol pengaruh polutan dan pengelolaan pertanian praktis. Penggunaan residu tanaman dan pengurangan pengolahan tanah merupakan kebutuhan utama di dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Korelasi negatif antara jumlah populasi cacing tanah dengan intensitas pengolahan tanah menunjukkan dukungan sebagai sebuah potensi indikator pertanian berkelanjutan.

Pemilihan spesies cacing tanah dapat lebih membedakan populasi ke dalam kelompok ekologi dan memudahkan penilaian lebih detail, sehingga sangat diperlukan pengetahuan taksonomi cacing tanah. Kehadiran atau ketidakhadiran spesies lubang besar di lahan pertanian dapat dijadikan indikator bermanfaat untuk menilai kerusakan dan perbaikan lingkungan. Penggunaan variabel kepadatan cacing tanah yang tidak membutuhkan penyidikan secara taksonomi, dapat dipertimbangkan menjadi sebuah cara yang efektif untuk menilai pertanian praktis.

Kepadatan dan distribusi cacing tanah tidak hanya berhubungan dengan pengelolaan lahan, tetapi juga faktor tanah dan iklim. Untuk itu diperlukan pengetahuan tentang keberlimpahan dan sebaran cacing tanah pada berbagai penggunaan, serta metode pengumpulan data yang akurat untuk berbagai spesies cacing tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryantha, I.N.P. 2003. Membangun Sistem Pertanian Berkelanjutan. PAU Ilmu Hayati LPPM-ITB dan Dept. Biologi-FMIPA ITB.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm cast influenced by different mulch types. *Eur.J.Soil.Biol* 55:23-30.
- Buckerfield, J.C., K.E. Lee, C.W. Davoren, and J.N. Hanny. 1997. Earthworms as indicators of sustainable production in dryland cropping in Southern Australia. *Journal of Soil Biol. Biochem.* 29:547-554.
- Doran, J.W. dan M.R. Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15:3-11.
- Edwards, C.A. 1998. *Earthworm Ecology*. St. Lucie Press. Washington, DC. 389.
- Hornby, D. dan G.L. Bateman. 1997. Potensial use of plant root pathogens as bioindicators of soil health. *In* C. Pankhurst, B.M. Doube and V.V.S.R. Gupta (eds). *Biological Indicator of Soil Health*. CAB International. UK. 179-200.
- Herrick, J.E. 2000. Soil Quality: an indicator of sustainable land management. *Applied Soil Ecology*. 15:75-83.
- Hubbard, V.C., D. Jordan, and J.A. Stecker. 1999. Earthworm response rotation and tillage in a Missouri claypan soil. *Journal of Biol. Fertil. Soils* 29:343-347.
- Jimenez, J.J., A.G. Moreno, T. Decaens, P. Lavelle, M.J. Fisher, and R.J. Thomas. 1998. Earthworm communities in native savannas and man-made pastures of the Eastern Plains of Colombia. *Journal of Biol. Fertil. Soils* 28:101-110.

- Langdon, C.J., T.G. Pearce, S. Black, and K.T. Semple. 1999. Resistance to arsenic-toxicity in a population of the earthworm *Lumbricus rubellus*. *Journal of Soil Biol. Biochem* 31:1963-1967.
- Lekasi, J., P. Woomer, J. Tenywa, and M. Bekunda. 2001. Effect of mulching cabbage with banana residues on cabbage yield, soil nutrient and moisture supply, soil biota and weed biomass. *African Crop Science Journal*. 9(3):499-506.
- Magdoff, F. 2002. Concept, components and strategies of soil health in agroecosystems. *Journal of Nematology* 33(4): 169-172.
- Mele, P.M. and M.R. Carter. 1999. Impact of crop management factors in conservation tillage farming on earthworm density, age structure and species abundance in South-Eastern Australia. *Journal of Soil and Tillage Research* 59:1-10.
- Muys, B. and P.H. Granval. 1997. Earthworms as bio-indicators of forest site quality. *Journal of Soil Biol. Biochem*. 29:323-328.
- Neher, D.A. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology* 33(4):161-168.
- Olfert, O., G.D. Johnson, S.A. Brandt, and A.G. Thomas. 2002. Use of arthropod diversity and abundance to evaluate cropping systems. *Agronomy Journal* 94:210-216.
- Panda, R., S.S. Pati, and S.K. Sahu. 1999. Accumulation of zinc and its effects on the growth, reproduction and life cycle of *Drawida willsi* (Oligochaeta), a dominant earthworm in Indian crop fields. *Journal of Biol. Fertil. Soils* 29:419-423.
- Pankhurst, C.E., B.M. Doube and V.V.S.R. Gupta. 1997. In C. Pankhurst, B.M. Doube and V.V.S.R. Gupta (eds). *Biological Indicator of Soil Health*. CAB International. UK. 419-435.
- Paoletti, M.G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment* 74:137-155.
- _____, Schweigl, U., dan M.R. Favretto. 1995. Soil microinvertebrates, heavy metals, and organochlorines in low and high input apple orchards and coppiced woodland. *Pedobiologia* 39:20-33.

- Pearson, M.S., K. Maenpaa, G.M. Pierzynski, and M.J. Lydy. 2000. Effect of soil amendments on the bioavailability of lead, zinc, and cadmium to earthworm. *Journal of Environmental Quality*. 29:1611-1617.
- Peres, G., D. Cluzeau, P. Curmi, and V. Hallaire. 1998. Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Journal of Biol. Fertil. Soils* 27:417-424.
- Pulleman, M.M., J.Bouma, E.A. van Essan and E.W. Meijles. 2000. Soil organic matter content as a function of different land use history. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:689-693.
- Song, Y., Q. Zhou, H. Xu, L. Ren, T. Sun, and P. Gong. 2002. Acute toxicological effects of heavy metal pollution in soils on earthworm. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 13(2):187-190.
- Stuczynski, T.I., G.W. McCarty, and G. Siebielec. 2003. Response of soil microbiological activities in cadmium, lead, and zinc salt amendements. *Journal of Environmental Quality*. 32:1346-1355.
- Whalen, J.K., R.W. Parmelee, and Edwards, C.A. 1998. Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendements. *Journal of Biol. Fertil. Soils*. 27:400-407.