

PERANAN BAHAN ORGANIK UNTUK MITIGASI KESEHATAN TANAH DALAM PERTANIAN MODERN

Ebsan Marihot Sianipar¹, Sri Pratiwi Aritonang², Parsaoran Sihombing³

^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Methodist Indonesia, Medan

*Corresponding Author : ebsanm@yahoo.com

Abstrak

Bahan organik tanah merupakan faktor kunci untuk membangun dan menjaga kesehatan tanah. Bahan organik dalam tanah merupakan fraksi terpenting yang mendukung populasi biota (organisme) tanah. Biota tanah menjalankan berbagai proses ekosistem yang penting untuk produksi tanaman, kualitas sumber daya tanah, dan kesehatan lingkungan. Budidaya pertanian modern berpengaruh terhadap kesehatan tanah. Dampak negatif terhadap kesehatan tanah meliputi hilangnya karbon organik, pengolahan tanah (pemukatan, rusaknya agregat tanah), erosi, penggunaan pupuk anorganik, pestisida dan produk turunannya, aplikasi sludge dan surfaktan. Oleh karena itu, perlindungan tanah merupakan prioritas utama dan pemahaman menyeluruh tentang proses ekosistem merupakan faktor penting dalam memastikan bahwa tanah tetap sehat. Mempertahankan bahan organik tanah sangat penting bagi kesehatan tanah. Bahan tambahan organik seperti pupuk kandang, kompos, biosolid, dan zat humat menyediakan sumber karbon langsung bagi organisme tanah serta sumber karbon tidak langsung melalui peningkatan pertumbuhan tanaman dan pengembalian sisa tanaman. Pengendalian kualitas produk sampah organik seperti kompos kota dan biosolid juga wajib dilakukan untuk menghindari akumulasi unsur-unsur yang beracun bagi organisme tanah.

Kata Kunci: Pupuk, Kompos, Pestisida, Karbon, Kesehatan Tanah

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu sumberdaya yang paling berharga yang tidak dapat diperbaharui dan biota (organisme) tanah merupakan bagian besar dari keragaman hayati di bumi. Komponen utama tanah terdiri dari mineral anorganik, pasir, debu, dan liat, bahan-bahan organik hasil dekomposisi dari biota tanah dan mikroorganisme seperti cacing tanah, serangga, bakteri, fungi, alga, nematoda dan sebagainya (Abawi dan Widmer, 2000). Tanah mengandung mikroorganisma meliputi bakteri, jamur, cendawan; organsime fotosintetik seperti alga, dan makroorganisme seperti protozoa, nematoda, rayap, springtails, laba-laba, serangga dan cacing tanah. Fungsi dari

berbagai biota ini, sering berkaitan dengan jaringan makanan tanah (*soil food web*), mencakup residu dekomposisi, pelepasan dan penyimpanan unsur hara, stabilitas dan struktur tanah, resistensi terhadap penyakit, dan degradasi atau immobilisasi pestisida dan polutan lainnya.

Biota tanah berperan luas dalam proses ekosistem yang penting untuk produksi tanaman, kualitas kesehatan tanah dan lingkungan baik lahan alami maupun pada tanah pertanian. Produksi tanaman dan padang rumput didukung dan ditingkatkan oleh proses biologi tanah. Terdapat hubungan timbal balik antara biota tanah dan produksi pertanian. Sebagai contoh, biota tanah memainkan peranan kunci dalam beberapa proses transformasi unsur hara, menguraikan

sisa-sisa tanaman penting untuk menyediakan karbon (sebagai sumber energi) dan unsur hara bagi aktifitas mikrobia (Gupta dan Roget, 2004)

Banyak faktor yang dapat mempunyai dampak negatif terhadap kesehatan tanah. Faktor-faktor tersebut meliputi hilangnya karbon organik, pemadatan, rusaknya agregat tanah, pestisida dan produk turunannya, meningkatnya polusi senyawa anorganik dari penggunaan pupuk, fungisida dan aplikasi sludge dan polusi organik seperti surfaktan. Penyebab lain menurunnya kesehatan tanah karena erosi air dan angin, penggembalaan, hilangnya bahan organik karena kebakaran, deforestasi dan pengolahan tanah. Secara khusus, kesesuaian tanah untuk pertumbuhan tanaman dan aktivitas biologi secara berkelanjutan merupakan fungsi sifat fisika (porositas, kapasitas memegang air, struktur tanah) dan sifat kimia (ketersediaan unsur hara, pH, kadar garam) yang merupakan fungsi dari bahan organik (Doran dan Safley, 1997).

2. TANAH SEHAT

Doran dan Safley (1997) menyatakan bahwa "kesehatan tanah" merupakan "kapasitas tanah berfungsi secara kontiniu sebagai suatu sistem kehidupan vital dalam batas ekosistem dan penggunaan lahan untuk produktifitas biologi berkelanjutan, menciptakan kualitas lingkungan udara dan air, memelihara kesehatan tanaman, binatang dan manusia". Tanah sehat adalah istilah yang banyak digunakan petani untuk menyatakan kondisi tanah mereka dan hubungannya dengan pertumbuhan tanaman. Konsep tanah sehat sama dengan manusia sehat. Manusia sehat dicirikan dengan memiliki temperatur tubuh dan gula darah yang normal serta tidak ada penyakit infeksius. Tanah sehat dicirikan dengan memiliki kandungan air dan nutrisi yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Semua komponen

berfungsi normal seperti komponen biologi, fisika dan kimia tanah serta mendukung pertumbuhan tanaman dan dapat meningkatkan produksi tanaman. Selain itu tanah sehat dicirikan dengan tidak adanya organisme yang mengganggu pertumbuhan tanaman baik parasit maupun tumbuhan pengganggu (gulma) (Magdoff, 2001).

Tanah sehat (termasuk aspek biologi, kimia dan fisik) dipengaruhi oleh beberapa aspek tanah dan pengelolaan tanaman. Sulit untuk memisahkannya antara satu dengan yang lainnya karena antara satu aspek dengan aspek lainnya saling mempengaruhi. Menurut Magdoff (2001), tanah sehat adalah tanah yang dapat mendukung tanaman untuk tumbuh dengan baik di bawah kondisi tekanan yang sangat rendah, beberapa karakteristik dari tanah sehat, yaitu :

1. Nutrisi untuk pertumbuhan tanaman cukup tersedia.
2. Tanah tidak terlalu padat dan memiliki keremahan yang cukup baik, sehingga akar dapat berkembang dengan baik.
3. Mempunyai drainase yang baik. Dengan drainase yang baik kandungan oksigen di akar cukup baik sehingga akar dapat berkembang dengan baik.
4. Populasi organisme parasit di dalam tanah rendah. Produksi tanaman dapat meningkat bila tanaman tidak diganggu oleh serangan parasit seperti bakteri, fungi dan nematoda.
5. Populasi organisme yang menguntungkan tinggi. Organisme seperti cacing tanah, beberapa bakteri, fungi dan nematoda membantu siklus nutrisi untuk pertumbuhan tanaman. Organisme tersebut juga menghasilkan substrat yang dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman.
6. Gangguan tumbuhan pengganggu (gulma) rendah. Gulma dapat

menjadi kompetitor bagi tanaman dalam hal nutrisi, air dan cahaya.

7. Tidak ada pengaruh pestisida atau bahan-bahan kimia. Pengaruh bahan-bahan kimia dapat terjadi secara alami, seperti kelebihan Aluminium pada tanah-tanah masam. Bisa juga karena aktivitas manusia seperti aplikasi pestisida pada konsentrasi yang tinggi.
8. Cepat pulih kembali setelah mengalami kerusakan.

Berbagai praktek budidaya pertanian yang salah telah dilakukan seperti waktu tanam yang tidak tepat, pemilihan tanaman yang salah, aplikasi bahan kimia seperti fungisida, insektisida, nematisida, pupuk pada konsentrasi yang sangat tinggi, pengolahan lahan yang terlalu dalam dan sebagainya menyebabkan terjadinya kerusakan yang luar biasa terhadap pertumbuhan tanaman dan keseimbangan mikroba tanah yang pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi. Umumnya semua praktek-praktek pertanian yang dilakukan berpengaruh secara langsung atau tidak langsung terhadap kesehatan tanah.

3. DAMPAK PUPUK TERHADAP BIOTA TANAH

Pupuk merupakan suatu komponen yang terintegrasi dari sistem produksi pertanian dan diaplikasikan dengan tujuan utama untuk memaksimalkan produksi dan pendapatan ekonomi. Suatu prinsip dasar dalam pengaturan pengaplikasian jumlah pupuk seharusnya merupakan penggantian unsur hara yang terangkut dalam produk yang dipanen. Pupuk meliputi produk mineral seperti urea, ammonium nitrat, sulfat and fosfat, dan pupuk organik seperti pupuk kandang dan biosolid. Karena pupuk organik merupakan produk sampingan, maka pemanfaatannya sering dibatasi oleh ketersediaannya dari pada jumlah permintaan. Pada saat ini, penggunaan pupuk mineral untuk pertanian jauh

melampaui penggunaan pupuk organik (Bunemann dan McNeill, 2004). Penggunaan pupuk disamping bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman, juga dapat berdampak terhadap biota tanah. Biota tanah seperti bakteri, jamur, protozoa, nematoda, rayap dan cacing tanah mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman melalui berbagai aktifitas seperti dekomposisi sisa tanaman, immobilisasi (diserap mikrobial) unsur hara, mineralisasi (transformasi unsur hara organik menjadi bentuk anorganik yang tersedia bagi tanaman, fiksasi nitrogen secara biologi dan proses biologi lainnya. Fauna tanah sangat penting untuk perombakan awal dari bahan organik dan bercampur ke dalam tanah, sedangkan mikroflora mempunyai enzim untuk penguraian bahan organik secara kimia (Paul dan Clark, 1996).

Bakteri dan jamur berperan pada kelompok unsur hara yang labil (karbon, nitrogen, fosfor and sulfur) disebut biomassa mikrobial tanah yang mempunyai peran penting dalam immobilisasi dan mineralisasi unsur hara. Akumulasi logam beracun di dalam tanah terjadi karena penggunaan pupuk yang berulang-ulang dalam jangka panjang. Penelitian menunjukkan bahwa organisme tertentu seperti rhizobia pengikat nitrogen adalah jauh lebih sensitif terhadap keracunan logam dari pada tanaman inangnya semanggi. Hal ini menyebabkan semanggi mengalami defisiensi nitrogen karena rhizobia tidak efektif (Giller *et al*, 1998). Hasil penelitian tersebut menghasilkan peraturan yang ketat terhadap kualitas pupuk dan jumlah yang diaplikasikan, khususnya limbah kotoran dan biosolid, untuk mengurangi kontaminasi logam beracun pada lahan pertanian. Ketersediaan senyawa karbon lebih penting bagi biota tanah dari pada unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium dan sulfur. Oleh karena itu, pupuk organik biasanya mempunyai dampak yang lebih baik dari pada pupuk mineral terhadap biota tanah. Pengaruh langsung

dari pupuk mineral terhadap biota tanah dapat bervariasi tetapi mungkin kurang penting dari pada pengaruh tidak langsung. Pengaruh tidak langsung yang utama adalah tekanan terhadap biota tanah karena pH menurun, meningkatnya aktifitas biologi, dengan meningkatnya produktivitas tanaman, masukan residu tananaman dan kandungan bahan organik tanah (Bunemann and McNeill, 2004).

4. DAMPAK PESTISIDA TERHADAP BIOTA TANAH

Penggunaan pestisida sudah lama dipraktikkan pada pertanian konvensional untuk meningkatkan hasil tanaman dan produksi makanan. Namun, banyak pestisida ini mempunyai pengaruh racun tidak hanya bagi spesies sasaran, juga berdampak terhadap organisme yang bermanfaat bagi agroekosistem yang lebih luas. Paradikma hukum Newton Ke-tiga, meskipun menyangkut gerak dan energi, sangat mungkin diterapkan pada pengelolaan tanah: "Setiap aksi ada reaksi". Setiap keputusan pengelolaan yang dilakukan petani akan berdampak terhadap kesehatan tanah, baik yang bermanfaat atau yang merugikan (Van Zwieten, 2004)

Pestisida dapat berdampak terhadap tanah melalui mekanisme langsung ataupun tidak langsung. Contoh, penggunaan herbisida dapat tidak berpengaruh secara langsung terhadap biota tanah, tetapi proses pemindahan bahan vegetatif dari tanah dapat mempengaruhi ketersediaan dari eksudat rizosfir dan bahan organik bagi biota, dan dapat menurunkan stabilitas tanah, menyebabkan erosi dan pemadatan tanah. Dampak langsung pestisida dapat terjadi apabila bahan kimianya sampai ke tanah, baik karena diarahkan langsung ke tanah seperti fumigasi, atau herbisida praemergensi, atau melalui pengendapan secara tidak langsung dari penyemprotan atau tetesan penyemprotan, menetes dari tanaman dan bahan tanaman yang terkontaminasi jatuh ke tanah. Ada beberapa faktor yang

mempengaruhi sampainya pestisida ke tanah dan berpotensi mempunyai dampak terhadap biota tanah. Selama aplikasi, pestisida dapat mengalami degradasi dalam larutan semprotan dan/atau mengalami fotodegradasi (oleh matahari). Pestisida tersebut dapat menetes dan berpengaruh pada yang bukan sasaran. Proses ini menurunkan bahan kimia aktif ke permukaan tanah. Pada permukaan tanah, pestisida dapat menyebar melalui beberapa proses, meliputi penguapan (volatilasi) pencucian dan aliran permukaan. Degradasi dapat terjadi melalui proses biologi dan non biologi. Ketersediaan pestisida secara biologi dapat berkurang karena terikat dengan komponen tanah, terutama liat dan bahan organik.

Ada sedikit penelitian menunjukkan dampak penggunaan pestisida dalam jangka panjang, dan bahkan sedikit yang membahas pengukuran atau pengamatan terhadap perubahan proses di dalam tanah. Pengaruh yang signifikan ditunjukkan oleh fungisida beracun aktif cuprum yang menyebabkan menurunnya populasi cacing tanah di dalam tanah (Van Zwieten, 2004).

Dijelaskan pula bahwa bertimbunnya bahan organik di permukaan tanah, dapat dipastikan sebagai hasil tidak terjadinya biotubasi (pencampuran oleh biota). Demikian juga, Gaw *et al* (2004) menjelaskan bahwa tidak adanya penguraian residu pestisida di dalam tanah karena residu cuprum merupakan ko-kontaminasi. Merrington, *et al* (2002) lebih jauh meneliti dampak signifikan terhadap proses-proses mikroba tanah seperti respirasi dan biomasa karbon dan menunjukkan bahwa residu cuprum menyebabkan mikroba stress. Dampak ini tidak mungkin berubah dalam waktu singkat, karena akumulasi cuprum di permukaan tanah dan cenderung tidak mengalami mekanisme penguraian seperti biodegradasi. Juga yang mempunyai pengaruh signifikan adalah fumigasi tanah, yang bertujuan untuk

menghilangkan persaingan biologi dan persaingan pemanfaatan tanah oleh tanaman. Pengaruh fumigasi dalam jangka panjang dapat dikurangi dengan penambahan campuran pupuk kandang dan kompos, dimana aktivitas biologi normal dapat diamati 8 – 12 minggu setelah fumigasi (Dungan *et al*, 2003). Tidak ada penambahan bahan organik, maka pemulihan fungsi tanah masih sedikit bahkan setelah 12 minggu.

Penggunaan herbisida merupakan komponen vital dalam pertanian modern, terutama pada sistem pengolahan tanah minimum. Dengan meningkatnya penerapan retensi tunggul tanaman dan pengolahan tanah minimum dan munculnya herbisida baru, maka penggunaan herbisida akan menjadi praktek penting dimasa yang akan datang. Pengaruh sampingan penggunaan herbisida terhadap aktivitas biologi tanah dapat menyebabkan pengaruh yang tidak diinginkan dalam proses transformasi yang penting seperti mengurangi nitrifikasi dan mineralisasi nitrogen, atau menyebabkan kerusakan yang tidak diinginkan terhadap tanaman dengan meningkatnya serangan penyakit. Pengaruh sampingan penggunaan herbisida dapat berpengaruh positif atau negatif. Apabila penggunaan herbisida bertujuan untuk membentuk praktek yang sehat dalam sistem pertanian berkelanjutan, evaluasi pengaruh herbisida, terutama pada penggunaan yang berulang kali dan dalam jangka panjang, penting untuk memastikan ketersediaan unsur hara yang optimum dan pertumbuhan tanaman. Hasil dari penelitian laboratorium, rumah kaca dan percobaan lapangan yang dilaksanakan selama tiga tahun di Australia Selatan dan Victoria menunjukkan bahwa tidak semua herbisida mempunyai pengaruh negatif terhadap biota tanah dan proses biologi tanah. Beberapa implikasi dan rekomendasi bagi penggunaan herbisida tergantung pada tujuan dan ketersediaan

informasi terkait dalam literatur seperti berikut :

- Penting untuk menggunakan pendekatan yang terintegrasi dalam pengujian biota dan aktifitas yang terkait untuk mengevaluasi dan memprediksi pengaruh sampingan dan pengaruh pemakaian berulang dan dalam jangka panjang. Pengaruh setiap herbisida perlu diperhatikan secara terpisah.
- Dampak jangka pendek dari sebagian besar herbisida yang diuji dapat diulang, sehingga memungkinkan untuk mengembangkan pilihan-pilihan pengelolaan untuk mengurangi dampak negatif.
- Pemilik lahan perlu melakukan modifikasi praktek pengelolaan untuk menghindari penggunaan herbisida tertentu.
- Periode pemulihan yang sesuai untuk biota tanah harus dilakukan pada selang waktu pengaplikasian herbisida.
- Tanah yang mempunyai biota yang sehat dapat melakukan pemulihan terhadap dampak negatif penggunaan herbisida dalam jangka pendek. Penggunaan herbisida yang sesuai dapat memperkecil kerusakan biota tanah, jika praktek pengelolaan yang meningkatkan aktivitas biologi dilaksanakan (Gupta and Roget, 2004).

5. PERANAN BAHAN ORGANIK TERHADAP KESEHATAN TANAH

Kandungan bahan organik tanah pada sebagian besar lahan pertanian di Indonesia dalam tiga dasawarsa terakhir telah mencapai tingkat rendah bahkan sangat rendah. Menurut Karama, Marzuki dan Manwan (1990), sebagian besar (73%) lahan-lahan tersebut, baik lahan sawah maupun lahan kering mempunyai kandungan bahan organik yang rendah (<2%) (Setyorini, 2005;

Djakakirana dan Sabihan, 2007), maka meningkatkan bahan organik tanah sangat dibutuhkan yang berkaitan dengan peranan biota tanah dalam daur siklus unsur hara.

Bahan organik tanah merupakan suatu indikator kunci bagi kesehatan tanah, tetapi lebih disarankan bahwa bahan organik yang terurai dapat digunakan sebagai suatu ukuran tidak langsung bagi kesehatan tanah karena perputaran waktunya yang singkat. Diketahui bahwa karbon organik tanah memainkan peranan penting terhadap sifat biologi tanah (bahan makanan bagi mikroba), kimia tanah (penyangga dan perubahan pH) dan fisika tanah (menstabilkan struktur tanah). Sifat-sifat ini berkaitan dengan karbon organik, N dan P tanah, adalah merupakan indikator kritis untuk kesehatan dan kalitas tanah (Krull, et all, 2004). Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan kualitas tanah, nutrisi lebih optimal dan efisiensi air. Bahan organik dalam tanah menaikkan ketersediaan P salah satunya dengan menaikkan jumlah mineralisasi P organik menjadi P anorganik (Anggara dan Kasno, 2010).

Secara umum, menambah bahan organik tanah dapat dipandang sebagai kebutuhan oleh banyak petani karena berhubungan langsung dengan unsur hara yang lebih baik bagi tanaman, mudah dalam penanaman, persiapan bedengan benih, stabilitas agregat lebih baik, menurunkan bulk density tanah, meningkatkan kapasitas pegang air, meningkatkan porositas dan suhu pada musim semi (Lal, 2002).

Menurut Magdoff (2001), ada beberapa strategi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki tanah agar menjadi sehat, yaitu :

1. Penambahan bahan organik, dapat dilakukan dengan pemberian tanaman penutup tanah atau pemberian kotoran hewan dan sisa-sisa tanaman. Penambahan bahan organik juga dapat dilakukan dengan

pemberian beberapa jenis bahan organik, karena setiap bahan organik memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

2. Melindungi permukaan tanah dengan tanaman penutup tanah. Tanaman penutup tanah dapat melindungi tanah dari kelembaban dan temperatur yang ekstrim serta meningkatkan ketersediaan air tanah, sehingga memberi cukup air untuk tanaman dan sekaligus mengurangi aliran permukaan dan erosi.
3. Mengurangi pengolahan lahan yang intensif.
4. Melakukan rotasi tanaman.
5. Menggunakan tindakan lain untuk mengurangi erosi. Misal : strip cropping.
6. Menggunakan teknik pengelolaan tanah yang baik untuk mensuplai nutrisi tanpa menyebabkan polusi tanah

Pengelolaan tanah sehat dapat dilakukan dengan memperkecil kondisi yang dapat menyebabkan tanaman stres dan mengurangi organisme tanah yang merugikan serta meningkatkan organisme tanah yang menguntungkan, sehingga pada akhirnya tanah sehat memiliki kontribusi dalam pengendalian hama terpadu

PERANAN BIOTA TANAH

Tanah dapat dipandang sebagai komunitas hidup dari pada tubuh yang diam. Bahan organik tanah juga mengandung organisme yang mati, bahan tanaman, dan bahan organik lainnya dalam berbagai tahap dekomposisi. Humus, bahan organik yang berwarna gelap akhir dari tahap dekomposisi relatif stabil. Baik bahan organik dan humus menjadi penyedia unsur hara tanaman; juga membangun struktur tanah dan manfaat lainnya.

Tipe kehidupan tanah yang sehat dibutuhkan untuk mendukung kehidupan

manusia sekarang dan jauh ke masa depan akan menjadi seimbang dalam unsur hara dan tinggi kandungan humus, dengan keragaman hayati organisme tanah yang banyak. Hal tersebut akan menghasilkan tanaman yang sehat dengan gulma, penyakit dan serangan hama yang minim. Untuk mencapai ini, kita perlu bekerja dengan proses alami dan optimalkan fungsi organisme tanah bagi keberlanjutan pertanian.

Dengan memperhatikan keadaan alam, anda pasti ingin mengetahui bagaimana padang rumput dan hutan berfungsi tanpa pengolahan tanah dan pemupukan. Tanah pada daerah tersebut diolah oleh organisme tanah bukan dengan peralatan mesin. Tanah-tanah tersebut juga dipupuk, tetapi pupuknya digunakan berulang-ulang dan tidak pernah keluar dari tempatnya. Tanah alami ditutupi oleh serasah tanaman dan/atau tanaman hidup sepanjang tahun. Selain serasah dipermukaan, organisme tanah yang kompleks merombak residu tanaman dan akar yang mati, kemudian melepaskan unsur hara yang tersimpan secara perlahan sepanjang waktu. Fakta bahwa tanah atas merupakan bagian paling beragam secara biologi di bumi. Organisme yang mendiami tanah membebaskan mineral, mengkonversinya menjadi tersedia bagi tanaman yang kemudian diserap oleh tanaman yang tumbuh di tempat itu. Organisme tanah mendaur ulang unsur hara berulang-ulang bersamaan mati dan tumbuhnya tanaman generasi baru.

Keragaman biologi pada sistem tanah dapat mempengaruhi proses seperti siklus unsur hara, pembentukan struktur tanah, siklus hama, dan laju dekomposisi. Para peneliti telah menemukan bagaimana dan jenis kompleksitas jaring makanan dalam pengeloaan ekosistem yang optimal untuk proses di dalam tanah.

Siklus hara. Ketika organisme mengkonsumsi makanan, mereka

membentuk biomasanya yang lebih banyak dan membuang kotorannya. Kotoran yang paling penting untuk tanaman adalah ammonium (NH_4^+). Ammonium dan unsur hara tersedia lainnya cepat diserap oleh organisme lainnya termasuk akar tanaman. Dengan adanya berbagai jenis organisme unsur hara dapat didaur ulang dengan lebih cepat dan sering unsur hara dapat digunakan dan tidak dapat digunakan.

Menahan hara. Selain mineralisasi atau membebaskan nitrogen untuk tanaman, organisme tanah dapat melakukan imobilisasi atau menahan nitrogen ketika tanaman tidak menyerapnya. Nitrogen dalam bentuk bahan organik tanah dan biomassa organisme adalah tidak mobil dan tidak cepat hilang dari zona perakaran dibandingkan nitrat (NO_3^-) dan ammonium (NH_4^+).

Memperbaiki struktur, infiltrasi dan kapasitas pegang air. Banyak organisme tanah terlibat dalam pembentukan dan menstabilkan agregat tanah. Aktivitas bakteri, bahan organik, dan sifat kimia liat bertanggungjawab terhadap pembentukan agregat mikro dari partikel tanah yang terpisah. Cacing tanah dan arthropoda mengkonsumsi agregat kecil dari partikel mineral dan bahan organik dan seterusnya membentuk pellet kotoran yang lebih besar yang dilapisi senyawa dari pencernaannya. Pelet kotoran ini menjadi bagian dari struktur tanah. Hifa fungi dan akar rambut bersamaan membalut dan membantu terbentuknya agregat yang lebih besar. Meningkatnya stabilitas agregat sejalan dengan galian cacing tanah dan arthropoda, meningkatkan porositas, infiltrasi air, dan kapasitas pegang air.

Agregat dapat dibentuk secara bersamaan oleh akar tanaman, aktivitas cacing tanah, dan sejenis lem yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah. Suatu agregat dibentuk dengan kekuatan fisik dapat

berupa kekuatan akar rambut atau benang yang dihasilkan oleh fungi.

Agregat dapat juga menjadi stabil (mempertahankan bentuk ketika basah) akibat produk sampingan dari dekomposisi bahan organik oleh fungi dan bakteri—seperti lem, lilin, dan obahan seperti perekat lainnya. Produk sampingan ini merekatkan partikel tanah membentuk agregat yang stabil. Agregat ini cukup kuat saling mengikat baik dalam keadaan basah(disebut "stabil-air").

Ahli mikrobiologi tanah USDA Sara Wright menamakan lem yang mengikat agregat sebagai "glomalin" berasal dari Glomales yakni fungi yang umum hidup di akar tanaman. Fungi ini mengeluarkan (sekresi) sejenis protein dikenal sebagai glomalin melalui filamen seperti rambut atau hifa. Ketika Wright mengkaji glomalin di dalam agregat tanah, ditemukan terdapat 2% dari berat total tanah dibagian timur Amerika mengandung glomalin. Agregat tanah dari bagian barat dan tengah mengandung lebih rendah glomalin. Ditemukan juga bahwa pengolahan tanah cenderung mengurangi kandungan glomalin. Tingkat kandungan glomalin dan pembentuka agregat lebih tinggi pada lahan jagung tanpa olah tanah dari pada olah tanah.

Agregat tanah yang baik meningkatkan infiltrasi air, meningkatkan aliran udara, dan meningkatkan daya pegang air. Akar tanaman lebih banyak volumenya pada tanah yang agregatnya baik, tinggi bahan organik, dibandingkan tanah yang terdispersi dan rendah bahan organik. Akar tanaman, cacing tanah dan arthropoda tanah dapat menembus dengan mudah melalui agregat tanah yang baik. Agregat tanah juga mencegah merekahnya permukaan tanah. Akhirnya, agregat tanah yang baik lebih tahan terhadap erosi sebab agregat lebih berat dari pada komponen partikel tanah.

Menekan penyakit. Jaring makanan tanah yang kompleks terdiri dari berbagai organisme. Terjadinya persaingan dapat mencegah keberadaan patogen tanah pada permukaan tanaman, mencegah patogen mendapatkan makanan, atau membuat metabolisme yang menjadi toksik atau menghambat patogen.

Degradasi polutan. Peranan penting tanah adalah membersihkan air. Jaring makanan yang kompleks termasuk organisme yang mengkonsumsi (degradasi) polutan secara luas pada kondisi lingkungan yang luas.

Keragaman hayati. Kompleksitas jaring makanan yang makin besar berarti keragaman hayati juga lebih besar. Keragaman hayati ditentukan oleh jumlah spesies, juga jumlah relatif setiap spesies, dan jumlah kelompok fungsional organisme.

Manfaat pengaruh dari organisme tanah terhadap produktivitas pertanian dan fungsi ekologi meliputi :

- dekomposisi bahan organik dan pembentukan agregat tanah;
- menguraikan senyawa toksik baik karena produk sampingan dari metabolisme dan agrokimia;
- melaksanakan transformasi anorganik yang membuat nitrat, sulfat, dan fosfat tersedia juga unsure mikro seperti besi dan mangan;
- fiksasi nitrogen menjadi bentuk dapat digunakan oleh tanaman.

Disamping manfaat di atas, banyak organisme tanah juga membatasi produksi tanaman. Contoh, beberapa moles dan binatang pengerat dapat membuat kerusakan serius terhadap tanaman, keong dan slugs merupakan hama yang serius juga beberapa semut, aphids dan nematoda. Sebagian mikroflora, bakteri dan actinomycetes menyebabkan penyakit tanaman, namun yang paling banyak disebabkan oleh

jamur mengakibatkan penyakit tanaman melalui tanah seperti layu, busuk akar, busuk pangkal batang, dan penyakit busuk daun. Organisme tanah mungkin juga bersaing dalam pengambilan nitrogen dengan tanaman, dalam drainasi buruk organisme tanah mungkin bersaing dalam pengambilan oksigen (Sullivan, 2004).

6. BIOTA TANAH TANAH DAN PERTANIAN

Perbedaan kelompok biota tanah sangat mempengaruhi sifat tanah termasuk pedogenesis, siklus dan ketersediaan air dan hara, proses dekomposisi, pembentukan agregat dan pori-pori tanah dan termasuk proses biologi tanah. Meskipun identifikasi peran mikroorganisme terhadap produksi tanaman sulit dilakukan (Anderson, 1994). Hal ini sering disebabkan masalah skala penelitian, dimana produksi tanaman diukur dalam skala pot dan selama satu musim tanam, umumnya pada skala luas yang lebih kecil yang memberikan pengaruh dalam jangka pendek terhadap biota tanah (Lavelle, 2000). Tambahan pula, sulit untuk menentukan berbagai interaksi antara mikroorganisme yang berada di atas dan di dalam tanah. Ada beberapa contoh pengaruh positif dan negatif dari beberapa kelompok fungsional terutama mikroorganisme, fitoparasit/patogen atau rizopagus, akar tanaman dan makrofauna terhadap produksi tanaman.

Kegiatan manusia melalui berbagai tindakan dan teknologi pengelolaan lahan mempengaruhi terhadap mikroorganisme tanah, baik aktivitas dan keragamannya. Pembukaan hutan atau padang rumput untuk pertanian secara drastis mempengaruhi lingkungan tanah demikian juga jumlah dan jenis organisme tanah. Pada umumnya jumlah dan kualitas residu tanaman serta jumlah spesies tanaman berkurang oleh karena berkurangnya habitat dan makanan untuk organisme

tanah secara nyata. Berbagai tindak praktek dan sistem pertanian juga besar pengaruhnya terhadap biota tanah. Akibat perubahan lingkungan fisik dan kimia tanah, maka rasio jumlah organisme dan interaksinya dengan organisme lainnya berkurang akibat tindakan pertanian, contoh; dengan penambahan kapur, pupuk buatan dan pupuk organik, tindakan pengolahan tanah, penggunaan pestisida dan sebagainya

Walaupun manusia umumnya memulai pengaruh keragaman hayati tanah secara alami pada suatu lokasi (akibat tekanan ekologi dan evolusi), namun manusia juga memiliki kemampuan untuk menempatkan organisme baru dan melalui pemanfaatan tindakan pengelolaan yang berbeda, memberikan tekanan secara selektif terhadap biota tanah yang ada maupun yang dikembangkan. Hal ini memberikan peluang untuk mengelola organisme tanah dan aktivitasnya untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Secara teori, mungkin cukup pengetahuan untuk mengelola komunitas tanah, namun perlu secara mendasar mempertimbangkan dan menerapkan penelitian terapan yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat kebutuhan secara biologi dan pengelolaan optimal dari sumber daya biologi ini (Hendrix *et al.*, 1990).

Tindakan pertanian dapat memiliki dampak positif dan negatif. Contoh; pertanian yang menggunakan eksternal-input yang tinggi dapat memecahkan masalah tanah secara khusus melalui penggunaan pupuk anorganik, pestisida dan tambahan bahan lainnya, agar kebutuhan tanaman dapat terpenuhi (Sanchez, 1997). Tindakan-tindakan tersebut dapat meningkatkan produksi pangan secara luas, disamping itu cenderung menurunkan atau merusak manfaat potensial dari aktivitas biologi tanah dalam mempertahankan kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman. Lebih jauh lagi, tindakan

pertanian yang salah atau berlebihan menyebabkan degradasi tanah dan lingkungan (seperti berkurangnya atau hilangnya kesuburan tanah, menurunnya sifat fisik dan biologi tanah, kontaminasi air tanah dan permukaan) dan menurunnya produktivitas tanah pada daerah tertentu di dunia. Tambahan lagi, para petani dunia tidak dapat menerapkan prinsip-prinsip dan tindakan eksternal input pada pertanian dengan baik (Vandermeer *et al.*, 1998).

Tindakan pengelolaan lahan mempengaruhi susunan mikoriza. Jumlah fungi mikoriza akan menurun didalam tanah fallowed fields atau pada lahan pertanian yang tidak ada mikoriza. Pengolahan tanah akan mengurangi asosiasi mikoriza, dan pemakaian fungisida merupakan racun bagi fungi mikoriza. Kandungan nitrogen atau posfat yang sangat tinggi pada pupuk dapat mengurangi inokulasi mikoriza di akar. Beberapa inokulum mikoriza tersedia secara komersial dan dapat ditambahkan ke dalam tanah pada saat penanaman.

PENUTUP

Semua praktek-praktek budidaya pertanian modern akan berpengaruh terhadap biota tanah yang akan berpengaruh terhadap kesehatan tanah. Beberapa dampak negatif dari budidaya pertanian modern meliputi hilangnya karbon organik, pengolahan tanah (pemadatan, rusaknya agregat tanah), erosi, penggunaan pupuk anorganik, pestisida dan produk turunannya, aplikasi sludge dan surfaktan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan dan penerapan dari pendekatan terpadu dalam pertanian yang memperhitungkan dampak potensial terhadap tanah dan lingkungan. Pertimbangan implikasi secara biologi, kimia dan fisika dari penggunaan lahan dan tindakan pengelolaan termasuk prinsip ekologi akan membuat produktivitas pertanian secara berkesinambungan. Pengelolaan biologi

tanah yang efektif dengan memperhatikan kandungan bahan organik tanah memelihara dan meningkatkan kesehatan tanah. Bahan organik tanah merupakan suatu indikator kunci bagi kesehatan tanah, memainkan peranan penting terhadap sifat biologi tanah (bahan makanan bagi mikroba), kimia tanah (penyangga dan perubahan pH) dan fisika tanah (menstabilkan struktur tanah).

DAFTAR PUSTAKA

- Abawi, G.S dan T.L. Widmer. 2000. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. *Applied Soil Ecology* 15: 37-47.
- Anggara, L dan Kasno, A. 2010. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Mineralisasi Fosfat Pada Tanah Sawah Dan Lahan Kering. Balai Penelitian Tanah Bogor.
- Bunemann, E. K dan McNeill, A, 2004. Impact of fertilisers on soil biota. University of Adelaide. Proceedings of a workshop on current research into soil biology in agriculture, 11-12 August 2004, Tamworth Sustainable Farming Training Centre.
- Djakakirana, G dan S. Sabiham. 2007. Pengembangan Pertanian Spesifik Lokasi: Jawaban dalam mendukung Budidaya Pertanian Ekologis. Dalam F. Kasryno, E. Pasandaran dan A. M. Fagi. Membalik Arus Menuai Kemandirian Petani. Yayasan Padi Indonesia, Jakarta.
- Doran, J. W. dan Safley, M. 1997. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: *Biological Indicators of Soil Health*. Pankhurst, C. E., Doube, B. M., and Gupta, V. V. S. R.

- (eds.). CAB International, pp. 1-28.
- Dungan, R. S., Ibekwe, A. M. and Yates, S. R. 2003. Effect of propargyl bromide and 1,3-dichloropropene on microbial communities in an organically amended soil. *FEMS Microbiology Ecology* 42 75-87.
- Giller, K.E., Amijee, F., Broderick, S. J. and Edje, O. T. 1998. Environmental constrain to nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L in Tanzania II. Response to N and P fertilizers and inoculation with rhizobium. *African Crop Science Journal*, 6(2);171-178.
- Gaw, S. K., Palmer, G., Kim, N. D. dan Wilkins, A. L. 2003. Preliminary evidence that copper inhibits the degradation of DDT to DDE in pip and stonefruit orchard soils in the Auckland region, New Zealand. *Environmental Pollution*. 122, 1-5.
- Giller, K. E., Witter, E., dan McGrath, S. P. 1998. Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry* 30, 1389-1414.
- Gupta, V.V.S. R., dan Roget, D. K. 2004. Understanding soil biota and biological functions: Management of soil biota for improved benefits to crop production and environmental health. CSIRO Land and Water, Glen Osmond SA. In: *Soil Biology. Proceedings of a workshop on current research into soil biology in agriculture, 11-12 August 2004, Tamworth Sustainable Farming Training Centre*.
- Hendrix, P.F., D.A. Crossley, Jr., J.M. Blair dan D.C. Coleman. 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: C.A. Edwards, R. Lal, P. Madden, R.H. Miller and G. House (eds.), *Sustainable agricultural systems. SWCS, Ankeny, USA*. pp. 637-654.
- Karama, A. S., A. R. Marzuki dan I. Manwan, 1990. Penggunaan Pupuk Organik Pada Tanaman Pangan. *Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk V. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor*.
- Krull, E. S., Skjemstad, J. O., and Baldock, J. A. 2004. Functions of soil organic matter and the effect on soil properties. CSIRO Land & Water, PMB 2, Glen Osmond, SA 5064. On line : <http://users.datarealm.com/treepower//soils/organicmatter.html>
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sci.* 165, 73-86.
- Magdoff, F. 2001. Concept, components and strategies of soil health in agroecosystems. *Journal of Nematology* 33 (4) : 169-172.
- Merrington, G., Rogers, S. L., dan Zwieten, L.V. 2002. The potential impact of long-term copper fungicide usage on soil microbial biomass and microbial activity in an avocado orchard. *Australian Journal of Soil Research* 40, 749-759.
- Paul, E. A., dan Clark, F. E. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2nd Edition, Academic Press, London.
- Sanchez, P. A. 1997. Changing tropical soil fertility paradigms: from Brazil to Africa and back. In: A.C. Moniz (ed.), *Plant-soil interactions at low pH*. Brazilian Soil Science Society, Lavras, Brazil. pp. 19-28.
- Setyorini, D. 2005. Pupuk Organik Tingkatkan Produksi Pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 27 (6): 13-15
- Sullivan, P. 2004. *Sustainable Soil Management*. NCAT Agriculture Specialist (the National Center for

Appropriate Technology (NCAT).
ATTRA Publication
#IP027/133(Appropriate
Technology Transfer for Rurals
Areas).On line
[http://www.attra.org/attra-
pub/soilmgmt.html](http://www.attra.org/attra-pub/soilmgmt.html)

- Vandermeer, J., M. van Noordwijk, J.M.
Anderson, C. Ong and I. Perfecto.
1998. Global change and multi-
species agroecosystems: Concepts
and issues. Agriculture
Ecosystems Environment. 67, 1-
22.
- Van Zwieten, L. 2004. Impacts of
pesticides on soil biota. NSW
Department of Primary Industries,
Wollongbar. In Soil Biology in
Agriculture, Proceedings of a
workshop on current research into
soil biology in agriculture, 11-12
August 2004, Tamworth
Sustainable Farming Training
Centre.