

PEMANFAATAN BIOTA TANAH UNTUK KEBERLANJUTAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN LAHAN KERING MASAM

Tim Sintesis Kebijakan

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 98, Bogor 16123*

PENDAHULUAN

Banyak faktor yang harus diperhitungkan dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan pada jumlah dan kualitas yang cukup serta berkesinambungan. Pengelolaan lahan merupakan salah satu faktor terpenting dalam mencapai hasil yang optimal dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pengelolaan lahan (tanah) harus diupayakan tanpa menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan maupun menurunkan kualitas sumber daya lahan, dan sebaiknya diarahkan pada perbaikan struktur fisik, komposisi kimia, dan aktivitas biota tanah yang optimum bagi tanaman. Dengan demikian, interaksi antara komponen-komponen biotik dan abiotik tanah pada lahan memberikan keseimbangan yang optimal bagi ketersediaan hara dalam tanah, yang selanjutnya menjamin keberlangsungan produktivitas lahan, dan keberhasilan usaha tani. Melalui sistem tersebut diharapkan akan terbentuk agroekosistem yang stabil dengan masukan dari luar yang minimum, tetapi dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman tanpa menurunkan kualitas lingkungan.

Pada umumnya lahan kering masam didominasi oleh tanah Ultisol, yang dicirikan oleh kapasitas tukar kation (KTK) dan kemampuan memegang/menyimpan air yang rendah, tetapi kadar Al dan Mn tinggi. Oleh karena itu, kesuburan tanah Ultisol sering kali hanya ditentukan oleh kadar bahan organik pada lapisan atas, dan bila lapisan ini tererosi maka tanah menjadi miskin hara dan bahan organik. Di samping itu, kekahatan fosfor merupakan salah satu kendala terpenting bagi usaha tani di lahan masam. Hal ini karena sebagian besar koloid dan mineral tanah yang terkandung dalam tanah Ultisol mempunyai kemampuan menyemat fosfat cukup tinggi, sehingga sebagian besar fosfat dalam keadaan tersemat oleh Al dan Fe, tidak tersedia bagi tanaman maupun biota tanah.

Di dalam tanah terdapat berbagai jenis biota tanah, antara lain mikroba (bakteri, fungi, aktinomisetes, mikroflora, dan protozoa) serta fauna tanah. Masing-masing biota tanah mempunyai fungsi yang khusus. Dalam kaitannya dengan tanaman, mikroba sangat berperan dalam membantu pertumbuhan tanaman melalui penyediaan hara (mikroba penambat N, pelarut P), membantu penyerapan hara (cendawan mikoriza arbuskula), memacu pertumbuhan tanaman (penghasil hormon), dan pengendalian hama-penyakit (penghasil antibiotik,

¹⁾ Naskah disampaikan pada Rapat Pimpinan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bulan April 2008.

antipatogen). Demikian pula fauna tanah, setiap grup fauna mempunyai fungsi ekologis yang khusus. Keanekaragaman biota dalam tanah dapat digunakan sebagai indikator biologis kualitas tanah.

Setiap hektar lahan kering umumnya dihuni lebih dari 20 grup fauna tanah, dan aktivitas setiap grup fauna memberikan pengaruh yang khas terhadap lingkungan lahan/tanah. Aktivitas beberapa grup fauna tanah menguntungkan bagi tanaman, tetapi beberapa grup fauna tanah lainnya dapat merugikan tanaman. Secara keseluruhan, aktivitas berbagai grup biota tanah menciptakan agroekosistem lahan.

Grup-grup fauna tanah yang menguntungkan antara lain yang berperan sebagai: (1) saprofit, yaitu fauna pemakan sisa-sisa organik sehingga mempercepat proses dekomposisi dan mineralisasi serta meningkatkan populasi mikroba tanah; (2) geofagus, yaitu fauna pemakan campuran tanah dan sisa organik, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan porositas, membantu penyebaran hara, memperbaiki proses hidrologi tanah, dan meningkatkan pertukaran udara di dalam tanah; dan (3) predator, yaitu fauna pemakan organisme pengganggu sehingga berperan sebagai pengendali populasi hama-penyakit tanaman.

Biota tanah memegang peranan penting dalam siklus hara di dalam tanah, sehingga dalam jangka panjang sangat mempengaruhi keberlanjutan produktivitas lahan. Salah satu biota tanah yang berperan sebagai saprofit maupun geofagus adalah cacing tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacing tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui perbaikan sifat kimia, fisik, dan biologis tanah. Kascing (pupuk organik bekas cacing atau campuran bahan organik sisa

makanan cacing dan kotoran cacing) mempunyai kadar hara N, P dan K 2,5 kali kadar hara bahan organik semula, serta meningkatkan porositas tanah (pori total dan pori drainase cepat meningkat 1,15 kali). Penggunaan cacing *Pheretima hu-piensis*, yang merupakan cacing tanah anagaesis (cacing yang memakan bahan organik di permukaan dan hidup di dalam tanah) dengan populasi 1 ekor/kg tanah, disertai pemberian bahan organik 5 t/ha dapat meningkatkan hasil jagung varietas Sukmaraga hingga 40%.

Secara alami, ketersediaan nutrisi cacing tanah dipenuhi oleh hasil aktivitas organisme lain seperti mesofauna tanah. Mesofauna memecah bahan organik kasar menjadi serpihan yang lebih halus, yang selanjutnya berubah menjadi koloid-koloid organik sehingga menyediakan nutrisi bagi cacing tanah. Selanjutnya cacing mendistribusikan nutrisi tersebut (membawanya ke dalam liang cacing) ke areal sekitarnya sehingga merangsang perkembangan mikroorganisme tanah. Berbagai aktivitas mikroorganisme tanah, mikroflora dan fauna saling mendukung keberlangsungan proses siklus hara, membentuk *biogenic soil structure* yang mengatur proses fisik, kimia, dan hayati tanah.

Pemanfaatan biota tanah sebagai agens hayati yang menguntungkan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam membantu pertumbuhan tanaman merupakan peluang yang sangat besar dalam melestarikan kesuburan dan produktivitas tanah. Oleh karena itu, di samping diperlukan pengetahuan tentang kemampuan dan keunggulan biota tanah dalam menjalankan fungsi ekologis, juga perlu diciptakan teknologi aplikasi biota yang tepat dalam pengelolaan lahan kering.

PERMASALAHAN

Kegiatan pertanian konvensional yang hanya berorientasi pada pemaksimalan hasil dengan mengandalkan bahan kimia berupa pupuk dan biosida secara terus-menerus mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan. Hal ini antara lain ditunjukkan oleh hara tanah yang cepat terkuras, keseimbangan hara dalam tanah terganggu, keanekaragaman hayati tanah menurun, biomassa fauna tanah menurun, fluktuasi populasi grup-grup fauna tanah dominan meningkat, proses dekomposisi sisa-sisa organik terhambat, dan kadar unsur toksik bagi tanaman seperti Al pada lahan kering masam meningkat sehingga produktivitas lahan menurun. Kemunduran fisik, kimia, dan hayati tanah pada sebagian besar sistem pertanian konvensional dalam jangka panjang merupakan salah satu masalah serius bagi keberlanjutan usaha tani.

Program intensifikasi yang pernah dijalankan mengakibatkan faktor biotik tanah yang semula lebih dominan dalam mengendalikan proses-proses kimia, fisik, dan biologi tanah tergantikan oleh penggunaan masukan kimia dan perlakuan mekanis. Demikian pula praktek pertanian pada lahan kering masam sering hanya mengandalkan penggunaan pupuk anorganik. Keadaan ini menciptakan biaya tinggi dan mengarah pada ketergantungan yang sangat besar terhadap bahan kimia pertanian serta mekanisasi, sehingga untuk mempertahankan produktivitas lahan akan sangat banyak kendala yang harus dihadapi. Di sisi lain, penggunaan bahan kimia pertanian yang berlebihan akan menurunkan populasi dan keanekaragaman hayati tanah, kelompok biota yang menjalankan fungsi tertentu musnah sehingga menghilangkan peran komunitas

biota tersebut dari ekosistem. Terdapat bukti yang cukup kuat hilangnya salah satu spesies *Rhizobium* dari tanah akibat praktek pertanian intensif, sehingga menghilangkan kemampuan penambatan nitrogen oleh legum tanaman inang *Rhizobium* tersebut.

Salah satu komponen ekosistem tanah adalah mikroba, yang berperan penting dalam membantu pertumbuhan tanaman. Berbagai mikroba hidup bersimbiose dengan tanaman membentuk bintil akar (*Rhizobium*), mengkoloni akar (rhizobakteri), atau hidup di dalam jaringan tanaman (diazotrof endofitik) dan di dalam tanah. Mikroba tersebut berperan dalam penambatan N₂ (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Beijerinckia*), penghasil hormon tumbuh (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*), pelarut fosfat (*Bacillus*, *Pseudomonas*), dan pengurai bahan organik (*Aspergillus*, *Trichoderma*). Kemampuan mikroba dalam menjalankan fungsi ekologis beragam sehingga untuk memanfaatkannya perlu dilakukan seleksi. Selanjutnya, mikroba unggul hasil seleksi dapat diperbanyak dan dibuat inokulan sebagai pupuk hayati.

Fauna tanah juga merupakan salah satu komponen ekosistem tanah. Fauna tanah berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui penurunan berat jenis, peningkatan ruang pori, aerasi, drainase, kapasitas penyimpanan air, dan dekomposisi bahan organik, pencampuran partikel tanah, penyebaran mikroba, serta perbaikan struktur agregat tanah. Walaupun pengaruhnya terhadap pembentukan tanah dan dekomposisi bahan organik bersifat tidak langsung, secara umum fauna tanah dapat dipandang sebagai pengatur terjadinya proses dalam tanah.

Secara garis besar terdapat tiga kelompok invertebrata yang hidup di tanah, yaitu

mikrofauna (protozoa dan nematoda), mesofauna, dan makrofauna. Mikrofauna memacu dekomposisi bahan organik dengan memperkecil ukuran dengan ezim selulase yang kemudian dimanfaatkan oleh mikroba dekomposer lainnya. Mesofauna dan makrofauna selain memperkecil ukuran sisa organik, aktivitas metabolismenya menghasilkan feses yang mengandung berbagai hara tersedia bagi tanaman maupun mikroba tanah. Beberapa makrofauna tanah seperti cacing tanah memiliki peran penting dalam mempengaruhi kesehatan dan produktivitas tanah. Liang cacing dapat meningkatkan aerasi, penetrasi akar, dan infiltrasi air. Kotoran cacing, yang merupakan campuran tanah dan sisa organik yang telah tercerna, mengandung berbagai hara yang tersedia bagi tanaman.

Peran biota tanah dalam mempertahankan kualitas tanah tidak diragukan lagi, tetapi kemampuan tersebut kurang dimanfaatkan karena masih banyak teknologi yang belum dikuasai. Teknologi yang diperlukan untuk pemanfaatan biota tanah meliputi seleksi spesies unggul, pemeliharaan, perbanyakan, dan penggunaannya kembali pada waktu dan tempat yang tepat.

Fauna dan organisme tanah lainnya merupakan bagian integral dari ekosistem lahan dan memainkan peran kritis dalam mempertahankan kesehatan tanah, fungsi ekosistem, dan produksi. Organisme tanah yang berinteraksi dengan kegiatan manusia dalam mengelola lahan mempengaruhi kesehatan dan kualitas tanah. Setiap organisme mempunyai peran khusus dalam siklus hara di dalam tanah.

Keanekaragaman biota tanah menciptakan keragaman fungsi dan proses dalam tanah. Setiap komunitas organisme menjalankan fungsi yang berbeda, antara lain sebagai penambat nitrogen, pelarut fosfat, perombak bahan organik, penghasil fito-

hormon dan antibiotik, dan dapat dipandang sebagai arsitek ekosistem tanah.

ANALISIS MASALAH

Ketergantungan yang besar terhadap pupuk kimia sebagai sumber hara berpotensi menurunkan produktivitas lahan, sehingga penggunaannya perlu dikurangi dengan memanfaatkan pupuk organik yang tersedia di lokasi dan belum dimanfaatkan secara optimal. Pembangunan pertanian pada masa yang akan datang, terutama pada lahan kering, diupayakan dengan memanfaatkan pupuk hayati serta lebih berorientasi pada pendayagunaan lahan sesuai daya dukungnya dengan mengoptimalkan fungsi-fungsi ekologis dari setiap komponen ekosistem lahan. Hal ini mendorong penyempurnaan konsep pengelolaan lahan sebagai sarana produksi pertanian, dan keselarasan antara pendekatan pengelolaan lahan dan dinamika ekosistem lahan menjadi faktor penting.

Tanah pada lahan kering di kawasan tropika basah umumnya memiliki lapisan bawah yang padat untuk tanah yang relatif tua, serta miskin hara. Pada umumnya tanah-tanah yang baru dibuka mempunyai kadar bahan organik cukup tinggi, tetapi cepat menurun setelah pembukaan lahan dan keanekaragaman biota tanah menjadi rendah. Adanya fauna tanah yang dalam siklus hidupnya dapat membuat lobang dalam tanah (*burrower*) seperti cacing tanah, akan mencegah pemadatan tanah, dan kascing yang dihasilkan dapat meningkatkan KTK tanah dan penyebaran hara pada rhizosfer.

Penggunaan bahan organik yang dipadukan dengan biota tanah (cacing tanah) yang berperan sebagai dekomposer, distributor hara dan pengolah tanah,

selain dapat meningkatkan efisiensi pupuk dan ketersediaan hara juga menambah keanekaragaman mikroorganisme tanah. Oleh karena itu, pengelolaan hara secara terpadu dengan menggunakan cacing tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan perlu diteliti.

Berbagai aktivitas mikroorganisme tanah, mikroflora dan fauna saling mendukung bagi keberlangsungan siklus hara, membentuk *biogenic soil structure* yang mengatur proses fisik, kimia, dan hayati tanah. Berbagai mikroorganisme dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui produksi berbagai senyawa penting seperti zat organik pelarut hara, fitohormon, antipatogen, dan penambat N. Beberapa mikroba diazotorop endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan melindungi tanaman melalui metabolisme zat tumbuh alami, meningkatkan ketersediaan hara dan bahan organik, serta sekresi senyawa antimikroba dan hama.

Biota tanah seperti Oligochaeta, Collembola, dan Acarina berperan dalam dekomposisi bahan organik, distribusi hara, pencampuran tanah, dan pembentukan agregat tanah. Cacing tanah yang dalam siklus hidupnya dapat membuat lobang dalam tanah dapat mencegah pemadatan tanah, mempertebal tanah lapisan atas, dan meningkatkan ketersediaan hara. Kepadatan tanah dapat menurunkan secara nyata berat, volume, kerapatan, panjang akar, dan nisbah akar dan batang. Untuk memperbaiki dan mempertahankan kesuburan tanah tropika dapat dilakukan dengan memanipulasi populasi hayati tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian inokulan cacing tanah dapat meningkatkan P tersedia tanah dan jumlah kation, menurunkan C/N, mengeliminir Al dalam tanah,

meningkatkan ruang pori total, menurunkan *bulk density*, serta meningkatkan pori drainase dan permeabilitas tanah.

Biota tanah merupakan salah satu komponen ekosistem lahan/tanah yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah melalui penurunan berat jenis, meningkatkan ruang pori, aerasi, drainase, kapasitas penyimpanan air, dekomposisi sisa organik, pencampuran partikel tanah, penyebaran mikroba, dan perbaikan struktur agregat tanah. Walaupun pengaruhnya terhadap pembentukan tanah dan dekomposisi bahan organik bersifat tidak langsung, secara umum biota tanah dapat dipandang sebagai pengatur proses fisik, kimia maupun biokimia dalam tanah.

Praktek pertanian yang menjamin keberlangsungan produktivitas lahan pada umumnya menyertakan pengelolaan bahan organik, terutama penggunaan pupuk organik yang cukup, dan mengurangi pemakaian pupuk kimia. Pergiliran dan penganekaragaman tanaman juga penting untuk meningkatkan keanekaragaman sumber makanan dan kondisi lingkungan biota tanah. Perbaikan kualitas lahan melalui pemupukan dan pengapuran mungkin masih diperlukan, namun pada takaran rendah sehingga tidak berakibat buruk terhadap populasi biota tanah. Penggunaan pestisida, terutama insektisida, nematisida, dan fungisida perlu dikurangi. Demikian pula perlu pencegahan proses degradasi tanah (erosi, pemadatan) serta kontaminasi dan polusi. Praktek pertanian yang berpengaruh positif terhadap populasi biota tanah adalah Bahan organik (mulsa, pupuk, dsb), pengolahan tanah minimum, pupuk hijau, tanaman penutup tanah, pergiliran tanaman, pertanian organik, pengapuran, pemupukan, sedangkan yang berpengaruh

negatif adalah Penggunaan pestisida, terlalu sering pengolahan tanah, pembakaran sisa-sisa organik, tidak ada tanaman penutup tanah/erosi, monokultur, lahan terbuka (langsung tersinari matahari), pemadatan tanah, polusi/kontaminasi

IMPLIKASI KEBIJAKAN

Kebijakan pengelolaan lahan pertanian yang berorientasi pada pengoptimalan fungsi ekologis dari setiap komponen ekosistem lahan, menimbulkan implikasi seperti diuraikan berikut ini.

Pemakaian Pupuk Hayati

Pemakaian pupuk hayati pada lahan kering masam sebaiknya yang telah terbukti dapat menjalankan fungsi ekologis, merupakan mikroba hasil seleksi yang benar-benar unggul dalam membantu pertumbuhan tanaman. Pupuk hayati meliputi bakteri penambat N, mikroba pelarut fosfat, dan cendawan mikoriza arbuskula.

Bakteri penambat N₂. Bakteri ini mencakup bakteri yang membentuk bintil akar, bersimbiose dengan tanaman legum, dan bakteri penambat N yang hidup bebas di dalam tanah. Oleh karena itu, budi daya tanaman legum (kacang-kacangan) dapat menggunakan *Rhizobium* spp. Namun, perlu diperhatikan bahwa hubungan antara tanaman legum dan *Rhizobium* bersifat sangat spesifik, artinya satu spesies *Rhizobium* hanya dapat bersimbiose dengan spesies legum tertentu. Oleh karena itu, penggunaan *Rhizobium* sp. harus disesuaikan dengan spesies legum yang akan dibudidayakan. Bakteri penambat N yang hidup bebas seperti *Azotobacter*,

Azospirillum, dan *Beijerinckia* dapat digunakan pada tanaman dari famili Gramineae (rumput-rumputan) seperti padi, jagung, dan sorgum.

Mikroba pelarut fosfat. Telah banyak dihasilkan pupuk hayati yang mengandung mikroba pelarut fosfat. Mikroba ini ada yang hidup bebas di dalam tanah atau hidup di daerah perakaran (rhizobakteri). Mikroba tersebut dapat menghasilkan senyawa organik yang dapat melarutkan P-tanah, sehingga ketersediaan P bagi tanaman meningkat dan mengurangi takaran penggunaan pupuk P.

Cendawan mikoriza arbuskula (CMA). CMA merupakan suatu bentuk asosiasi cendawan dengan akar tanaman tingkat tinggi. Kemampuan asosiasi tanaman-CMA ini memungkinkan tanaman memperoleh hara dan air yang cukup pada kondisi lingkungan yang miskin unsur hara dan kering, perlindungan terhadap patogen tanah maupun unsur beracun, dan secara tidak langsung melalui perbaikan struktur tanah. Hal ini dimungkinkan karena CMA mempunyai kemampuan menyerap hara dan air lebih tinggi dibanding akar tanaman. Keunggulan kemampuan CMA dalam pengambilan hara, terutama hara yang bersifat tidak mobil seperti P, Zn, dan Cu, disebabkan CMA memiliki struktur hifa yang mampu menjelajah daerah di antara partikel tanah, melampaui jarak yang dapat dicapai akar (rambut akar), kecepatan translokasi hara enam kali kecepatan rambut akar, dan nilai ambang batas konsentrasi hara yang dapat diserap CMA lebih rendah (setengah ambang batas konsentrasi hara yang dapat diserap akar). CMA secara tidak langsung juga dapat meningkatkan ketersediaan P-tanah melalui produksi enzim fosfatase oleh akar tanaman. CMA juga berperan dalam mem-

bantu pemenuhan kebutuhan air pada saat kekeringan karena bertambahnya luas permukaan penyerapan air oleh hifa eksternal.

Satu spesies CMA dapat berasosiasi dengan berbagai tanaman sehingga satu macam CMA dapat digunakan untuk berbagai jenis tanaman. Pada saat ini telah dihasilkan berbagai inokulan CMA, umumnya dari spesies *Glomus*, *Gigaspora*, dan *Acaulospora*.

Pengelolaan Bahan Organik

Pengelolaan bahan organik ditujukan untuk memperoleh/menyediakan sumber energi dan nutrisi bagi biota tanah, sehingga keanekaragaman biota tanah terjaga dan dapat menjalankan perannya dalam membantu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Setiap jenis biota tanah memerlukan senyawa organik yang berbeda dengan jenis biota lainnya, sehingga diperlukan keanekaragaman tanaman sebagai sumber organik. Hal ini dapat dicapai dengan mengusahakan praktek pertanian seperti berikut ini.

Pola tanam. Pola tanaman selain dimaksudkan untuk memperoleh hasil tanaman yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pangan, juga untuk mendapatkan sisa tanaman/panen yang mengandung berbagai senyawa organik sehingga diperoleh bahan organik dalam jumlah dan kualitas yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi dan nutrisi biota tanah. Semua sisa panen dikembalikan ke tanah, tetapi jika diperlukan untuk makanan

ternak maka kotoran ternak atau pupuk kandang dikembalikan ke tanah. Pola tanam di lahan kering dapat dilaksanakan dengan pergiliran tanaman dan tumpang sari.

Pemakaian pupuk organik. Pupuk organik sangat bermanfaat untuk menyuburkan tanah dan meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan biota tanah. Dalam hal ini, penggunaan pupuk organik bukan merupakan tindakan utama, hanya sebagai pelengkap, sehingga penggunaannya tidak pada setiap musim tanam dengan takaran 3-5 t/ha. Pupuk organik dapat berupa pupuk kandang, kompos maupun pupuk hijau.

Pemakaian Pupuk Anorganik

Seperti halnya pupuk organik, pemakaian pupuk anorganik hanya diperlukan untuk memenuhi kebutuhan minimum hara tertentu seperti N, P, dan K, sehingga diberikan pada takaran yang rendah. Pupuk N (urea) untuk tanaman legum diperlukan sebagai *stater* sehingga diberikan pada saat tanam dengan takaran 15-20 kg/ha, sedangkan untuk tanaman nonlegum takarannya lebih tinggi. Pemakaian pupuk P (P-alam) minimal 60 kg P/ha untuk dua musim tanam, demikian pula pupuk KCl dengan takaran 60-90 kg/ha. Takaran pupuk anorganik secara tepat perlu diteliti lebih lanjut.

Pengapuran mungkin diperlukan, tetapi hanya sebatas memenuhi kebutuhan tanaman, bukan untuk meningkatkan pH tanah maupun mengurangi kadar Al tanah.