

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peran Olah Tanah dalam Meningkatkan Organisme Tanah

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia pertanian, sistem pengolahan tanah tidak hanya dengan cara intensif saja, tetapi juga dapat menggunakan sistem olah tanah minimum (OTM), dan tanpa olah tanah (TOT). Kedua sistem ini disebut dengan olah tanah konservasi (OTK). Pengolahan tanah ditujukan untuk memperbaiki kondisi tanah sehingga memudahkan penetrasi akar, infiltrasi air, peredaran aerasi, dan menyiapkan tanah untuk irigasi permukaan (Arsyad, 2010).

Pantone *et al.* (2001) menyatakan bahwa organisme dalam tanah yang tidak diolah (TOT) atau diolah minimum (OTM) lebih tinggi populasinya dibanding tanah pertanian yang diolah intensif. Wander dan Balero (1999) melaporkan bahwa pemberian beberapa jenis gulma dapat merangsang perkembangan mikroorganisme tanah yang antagonis terhadap patogen pembawa penyakit pada tanaman lada.

Mukhlis, Riza, dan Nazemi (2002) melaporkan penggunaan herbisida pada persiapan lahan untuk penanaman padi gogo yang ditumpangsarikan dengan jeruk atau karet secara statistik tidak mempengaruhi populasi mikroba tanah (baik bakteri, jamur, aktinomycetes, maupun pelarut P).

Penyiapan lahan dengan sistem OTK baik berupa TOT maupun OTM dengan menggunakan herbisida terbukti mampu mengurangi secara nyata hilangnya *top soil* sekaligus menciptakan iklim mikro yang kondusif bagi pertumbuhan tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah serta menghemat tenaga kerja. Secara umum, penggunaan herbisida pada sistem ini tidak berpengaruh negatif terhadap populasi mikroba dalam tanah, tetapi dapat menekan populasi patogen pembawa penyakit seperti nematoda parasitik (Mukhlis *et al.*, 2000).

2.2 Mikroorganisme Tanah

Mikroorganisme dalam tanah banyak ditemukan di daerah sekitar perakaran (rhizosphere). Sebagian besar organisme tanah tersebut tergolong dalam tumbuhan. Walaupun demikian peranan kelompok binatang sangat penting khususnya pada saat pelapukan. Sebagian besar organisme tanah berukuran kecil sehingga tidak dapat dilihat langsung secara kasat mata (Winarso, 2005).

Bakteri mempunyai bentuk dasar bulat, batang, dan lengkung. Bentuk bakteri juga dapat dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan sumber energi, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri. Selain itu dapat mengalami pleomorfi, yaitu bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun ditumbuhkan pada syarat pertumbuhan yang sesuai. Umumnya bakteri berukuran 0,5-10 μ (Sumarsih, 2003).

Sel mikroba yang berukuran kecil ini merupakan satuan struktur biologi. Banyak mikroba yang terdiri dari satu sel saja, sehingga semua kegiatan dibebankan pada

satu sel tersebut. Selain itu, terdapat pula mikroba yang memiliki sel banyak (multiseluler). Pada jasad multiseluler umumnya sudah memiliki pembagian tugas diantara sel atau sel kelompoknya, walaupun organisasi selnya belum sempurna.

Menurut Handayanto dan Hairah (2007), penyebaran bakteri di dalam tanah umumnya lebih beragam dibanding organisme lainnya diperkirakan lebih dari 200 genera bakteri yang hidup di dalam tanah. Bakteri dapat hidup pada tempat yang sebagian organisme lainnya tidak bisa hidup, hal ini karena diversitas metaboliknya.

Total bakteri tanah yang ada di Bukit Maras jauh lebih tinggi dibandingkan dengan total bakteri tanah di Bukit Siam dikarenakan kandungan organik pada tanah di Bukit Maras jauh lebih baik sehingga kesuburan tanahnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan organik pada tanah di Bukit Siam, dan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan koloni bakteri di Bukit Siam antara lain pH, senyawa organik, jenis lapisan tanah, oksigen dan sebagainya karena terdapat korelasi yang kuat bahwa semakin banyak kandungan organik tanah dan oksigen, maka jumlah dan jenis mikroorganismenya juga semakin tinggi (Virgianty *et al.*, 2010).

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Biota Tanah

Kondisi lingkungan yang mendukung dapat memacu pertumbuhan dan reproduksi bakteri. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan reproduksi bakteri adalah suhu, kelembapan, dan cahaya (Martinko dan Madigan, 2005).

Kolberg, Westfall, dan Peterson (1999) menunjukkan bahwa tingkat pengisian air pada pori tanah merupakan hal yang paling mendasar dalam menentukan aktivitas mikroba tanah. Bakteri dan protozoa cenderung hidup dalam air tanah. Sedangkan fungi dalam tanah hidup disepanjang daerah pori yang terisi oleh air. Selanjutnya dikatakan pula bahwa air tanah tidak hanya secara langsung mempengaruhi aktivitas dan pertumbuhan biota tanah, tapi juga merupakan media yang mempengaruhi ketersediaan sumber energi dan nutrisi. Kelembapan dan temperatur tanah merupakan faktor yang menentukan mineralisasi N dalam tanah. Hal tersebut berkaitan dengan bahan organik tanah, yakni dengan meningkatnya air dan temperatur dalam tanah akan meningkatkan dekomposisi bahan organik.

Kemasaman tanah merupakan sifat fisik-kimia yang paling banyak diteliti pengaruhnya terhadap ekologi mikrobial. Salah satu konsekuensi yang sangat penting dari pH tanah adalah pengaruhnya terhadap kelarutan hara (keracunan dan kekurangan), seperti unsur Fe, Mn, dan Zn akan berkurang ketersediaannya pada pH melampaui netral, dan akan bersifat racun bila pH di bawah 5. Hara P kurang tersedia pada pH rendah maupun tinggi. Pada pH rendah umumnya dijumpai dominasi fungi sedangkan bakteri (termasuk aktinomycetes) umumnya dominan pada pH 6-8. Permukaan koloid tanah biasanya memiliki pH yang lebih rendah 2 unit atau lebih dari pH larutan. Kemasaman (pH) daerah rizosfer sebagian dikontrol oleh sumber hara nitrogen bagi tanaman. Dekomposisi bahan organik oleh mikrobial cenderung meningkatkan kemasaman tanah akibat asam organik yang dihasilkan (Killham, 1999).

Temperatur memiliki efek langsung maupun tidak langsung pada aktivitas biologis dalam tanah. Efek langsung yaitu terhadap laju reaksi fisik dalam tanah dan

efek tidak langsung adalah mempengaruhi aktivitas mikrobia tanah melalui aspek lain seperti laju pelapukan mineral, laju difusi, potensi redoks, aktivitas air, dan lain-lain. Perlu diperhatikan bahwa temperatur tanah juga dapat berinteraksi dengan faktor lain dalam mengatur aktivitas mikrobia tanah (Megharaj *et al.*, 1999).

Menurut Geissen dan Brummer (1999), cahaya juga mempengaruhi kegiatan biota tanah, yakni mempengaruhi distribusi dan aktivitas organisme yang berada di permukaan tanah dimana alga yang dominan, pada tanah tanpa penutup tanah, serta di permukaan batuan. Efek tidak langsung oleh cahaya terhadap mikrobia tanah adalah lebih penting. Cahaya merupakan sumber energi pada komponen fotoautotropik biota tanah. Sekitar 5% total radiasi matahari digunakan untuk reaksi fotosintesis mikrobia tanah (tanaman, alga, dan bakteri fotoautotropik).

2.4 Sistem Olah Tanah

Tanah merupakan benda alam yang bersifat dinamis, sumber kehidupan, dan mempunyai fungsi penting dari ekosistem darat yang menggambarkan keseimbangan yang unik antara faktor fisik, kimia, dan biologi. Komponen utama tanah terdiri dari mineral anorganik, pasir, debu, liat, bahan-bahan organik hasil dekomposisi dari biota tanah, serangga, bakteri, fungi, alga, nematoda, dan sebagainya (Abawi dan Widmer, 2000 dalam Subowo *et al.*, 2003).

Dalam budidaya pertanian, pengolahan tanah merupakan suatu kegiatan yang sangat penting. Pengolahan tanah adalah setiap manipulasi mekanik terhadap tanah yang diperlukan untuk menciptakan keadaan tanah yang baik bagi

pertumbuhan tanaman. Pengolahan tanah semacam ini dikenal dengan olah tanah konservasi. Tujuan pokok pengolahan tanah adalah menyiapkan tempat tumbuh bagi benih atau bibit, membrantas gulma, memperbaiki kondisi tanah untuk penetrasi akar, memperbaiki aerasi, meningkatkan infiltrasi dan menyiapkan tanah untuk irigasi permukaan (Arsyad, 2010).

2.4.1 Tanpa Olah Tanah (TOT)

Tanpa Olah Tanah (TOT) adalah cara penanaman yang tidak memerlukan penyiapan lahan. Tanpa Olah Tanah dicirikan oleh sangat sedikitnya gangguan terhadap permukaan tanah, kecuali lubang kecil untuk meletakkan benih dan adanya penggunaan sisa tanaman sebagai mulsa yang menutupi sebagian besar permukaan lahan. Sistem tanpa olah tanah (TOT) dilakukan dengan tidak mengolah tanah secara mekanis, kecuali alur kecil atau lubang tugal untuk menempatkan benih agar cukup kontak dengan tanah. Prasyarat utama budidaya pertanian tanpa olah tanah yaitu adanya mulsa yang berasal dari sisa-sisa tanaman musim sebelumnya. Mulsa dibiarkan menutupi permukaan tanah untuk melindungi tanah dari benturan langsung butiran hujan, disamping untuk menciptakan mikroklimat yang mendukung pertumbuhan tanaman. Gulma dikendalikan dengan cara kimia (herbisida) dan bersama-sama dengan sisa-sisa tanaman musiman sebelumnya, biomassa dapat dimanfaatkan sebagai mulsa (Utomo, 2006).

Budidaya pertanian tanpa olah tanah merupakan tipe olah tanah konservasi paling ekstrim. Selanjutnya dikatakan, seperti halnya olah tanah konservasi lainnya.

Prasyarat utama budidaya pertanian tanpa olah tanah yaitu adanya mulsa yang berasal dari sisa-sisa tanaman musim sebelumnya. Mulsa dibiarkan menutupi permukaan tanah untuk melindungi tanah dari benturan langsung butiran hujan, disamping untuk menciptakan iklim mikro yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Pada sistem budidaya pertanian tanpa olah tanah, tanah tidak boleh diolah secara mekanis, kecuali alur kecil atau lubang tugal untuk menempatkan benih agar cukup kontak dengan tanah. Tumbuhan pengganggu dikendalikan dengan cara kimia (herbisida) dan bersama-sama dengan sisa-sisa tanaman musiman sebelumnya, biomassa dapat dimanfaatkan sebagai mulsa (Utomo, 2006).

Sistem olah tanah berperan penting dalam mempengaruhi populasi organisme tanah. Perbedaan sistem olah tanah akan mempengaruhi tinggi rendahnya populasi organisme tanah. Sistem OTI yang menerapkan pengolahan tanah secara intensif tanpa mengembalikan serasah sisa tanaman dan gulma, menyebabkan penurunan kandungan bahan organik tanah dengan cepat (Six *et al.*, 1999). Penurunan kandungan bahan organik tanah dapat menurunkan populasi organisme tanah. Hal ini dikarenakan bahan organik merupakan sumber energi bagi organisme tanah. Menurut Nurida (2001), ketersediaan sumber energi (sumber C) baik dalam bentuk organik maupun anorganik sangat menentukan tingkat populasi, keragaman dan aktivitas mikroorganisme.

Logsdon, Kaspar, dan Cambardella (1999) menyatakan bahwa setelah 16 tahun TOT terdapat jumlah C-organik (pada permukaan 5 cm) yang lebih banyak dibandingkan pada lahan yang diolah, tapi pada kedalaman 5-20 cm tidak berbeda

nyata. Semakin banyak C-organik dalam tanah maka akan memberi pengaruh yang menguntungkan bagi aktivitas mikroorganisme tanah yang menggunakan C-organik sebagai sumber energi. Sama halnya dengan Needelman *et al.* (1999) mendapatkan bahwa TOT meningkatkan bahan organik pada kedalaman 0-5 cm, 15% lebih banyak dibanding dengan lahan dengan pengolahan tanah konvensional. Namun pada kedalaman 5-15 cm dan 15-30 cm, jumlah bahan organik pada pengolahan tanah konvensional lebih besar 15,8% dan 2,3%, dikatakan pula bahwa pengolahan tidak mempengaruhi biomassa mikroba tanah.

2.4.2 Olah Tanah Minimum (OTM)

Sistem OTK (TOT dan OTM) merupakan sistem olah tanah yang menerapkan pengolahan tanah berwawasan lingkungan. Pada sistem OTK tanah diolah seperlunya dan serasah sisa tanaman dan gulma dikembalikan ke lahan sebagai mulsa penutup tanah. Mulsa juga berperan sebagai penambah bahan organik tanah. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa organisme tanah membutuhkan bahan organik sebagai sumber energinya. Secara langsung mulsa dapat meningkatkan populasi organisme tanah. Penelitian Utomo (1990) menunjukkan bahwa bakteri tanah meningkat masing-masing 1,95 kali dan 7,14 kali pada OTM dan TOT dibandingkan dengan sistem OTI.

Pengolahan tanah minimum adalah suatu pengolahan dengan mengurangi pemakaian alat-alat pengolahan tanah. Sistem olah tanah minimum merupakan sistem olah tanah konservasi, pada sistem olah tanah minimum gulma dibabat. Kemudian gulma hasil babatan dikembalikan ke lahan sebagai mulsa (Utomo, 2006).

Usaha perladangan berpindah-pindah merupakan usaha tani tradisional yang masih banyak dilakukan didaerah tropik. Sistem yang sering diterapkan dalam usaha tani tradisional ini adalah tebas-tebang bakar dan tanam yang merupakan cara pengolahan tanah minimum yang paling banyak dipraktekkan di Indonesia, tetapi cara berpindah-pindah ini dinilai sangat merusak lingkungan (Wiroatmodjo, 1990).

Dalam sistem perladangan ini, tanah tidak diolah secara mekanis, kecuali dalam pembuatan lubang atau alur tanaman dan gulma dikendalikan secara kimia dan kemudian dimanfaatkan sebagai mulsa.

2.4.3 Olah Tanah Intensif (OTI)

Sistem olah tanah intensif dimaksudkan untuk meningkatkan produktivitas lahan yang diusahakan. Penerapan pengolahan tanah intensif akan menurunkan produktifitas lahan dan mendegradasi tanah. Menurut Utomo (1994), besarnya erosi di Indonesia yang beriklim tropis bukan hanya karena agroekosistem yang kondusif terhadap degradasi tetapi juga karena pengolahan tanah yang dilakukan tidak memperhatikan kaidah konservasi.

Pada sistem olah tanah intensif, tanah dicangkul setiap kali akan bertanam tanpa penggunaan mulsa. Hal ini dapat memperbaiki kegemburan dan drainase tanah. Namun, bila pengolahan tanah dilakukan secara terus menerus, OTI juga sangat berdampak terhadap kerusakan tanah, misalnya meningkatnya erosi dan menurunnya kadar bahan organik. Bahan organik merupakan sumber energi yang digunakan oleh mikroorganismen tanah untuk tumbuh dan berkembang. Semakin

banyak kandungan bahan organik maka semakin banyak jumlah aktivitas mikroorganisme yang terjadi, sebaliknya bila tanah miskin kandungan bahan organik maka pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme tanah akan terganggu jumlah mikroorganisme dan sekaligus biomasnya akan berkurang (Iswandi *et al.*, 1995).

Pengolahan tanah secara temporer dapat memperbaiki sifat fisik tanah, tetapi pengolahan tanah yang dilakukan berulang kali dalam setiap tahun dalam jangka panjang dapat menimbulkan kerusakan tanah, karena (a) pelapukan bahan organik dan aktifitas tanah (mikroorganisme tanah) menjadi rusak (b) pengolahan tanah sewaktu penyiangan banyak memutuskan akar-akar tanaman yang dangkal, (c) mempercepat penurunan kandungan bahan organik tanah, (d) meningkatkan kepadatan tanah pada kedalaman 15-25 cm akibat pengolahan tanah dengan alat berat yang berlebihan yang dapat menghambat perkembangan akar tanaman serta menurunkan laju infiltrasi, dan (e) lebih memungkinkan terjadinya erosi (Rahman, 2003).

2.5 Alang-alang (*Imperata cylindrica*. L)

Alang-alang (*Imperata cylindrica*. L) adalah jenis rumput tahunan yang menyukai cahaya matahari, dengan bagian yang mudah terbakar di atas tanah dan akar rimpang (rhizome) yang menyebar luas di bawah permukaan tanah. Alang-alang dapat berkembang biak melalui biji dan akar rimpang, namun pertumbuhannya terhambat bila ternaungi. Oleh karena itu salah satu cara mengatasinya adalah dengan menanam tanaman lain yang tumbuh lebih cepat dan dapat menaungi.

Ketika pertumbuhan alang-alang tertekan, maka jenis-jenis tumbuhan lainnya akan lebih mudah tumbuh. Selain itu, alang-alang bukan merupakan tanaman yang rakus hara dan bahkan seringkali dijumpai pada tanah yang tidak subur dan tanah masam.

Alang-alang dapat berbiak dengan cepat, dengan benih-benihnya yang tersebar cepat bersama angin, atau melalui rimpangnya yang lekas menembus tanah yang gembur. Alang-alang tidak dapat tumbuh di tanah terendam dan yang senantiasa ternaungi. Gulma ini dapat segera menguasai lahan bekas hutan yang rusak dan terbuka, bekas ladang, sawah yang mengering, tepi jalan dan lain-lain. Alang-alang dapat tumbuh dominan dan menutupi areal yang luas di tempat-tempat semacam itu (Wikipedia, 2012).

Alang-alang banyak dijumpai pada tanah yang mempunyai tingkat kesuburan sedang sampai tinggi, hal ini didukung oleh hasil penelitian Tjimpolo dan Kesumaningwati (2009) yang menyimpulkan bahwa lahan alang-alang tidak suka tumbuh di tanah yang miskin, gersang atau berbatu-batu. Rumput ini senang dengan tanah-tanah yang cukup subur, banyak disinari matahari sampai agak teduh, dengan kondisi lembab atau kering.

Menurut Terry *et al.* (1997), padang alang-alang juga memiliki ketahanan tinggi, tanaman lain mengalami kesulitan ketika harus bersaing dengannya dalam memperoleh air, unsur hara dan cahaya. Beberapa jenis tanaman terganggu pertumbuhannya karena adanya zat beracun (allelopati) yang dikeluarkan oleh akar dan rimpang alang-alang. Bila padang alang-alang tidak terbakar, lama kelamaan secara berangsur akan kembali menjadi hutan (suksesi hutan). Lambat

laun, tunas-tunas pohon dan semak pioner tumbuh dari biji, dan beberapa akan berkembang menaungi alang-alang serta mampu mendapatkan cahaya dan juga air. Ketika pertumbuhan alang-alang tertekan, maka jenis-jenis tumbuhan lainnya akan lebih mudah tumbuh. Selain itu, alang-alang bukan merupakan tanaman yang rakus hara dan bahkan seringkali dijumpai pada tanah yang tidak subur dan tanah masam. Kandungan bahan organik tanah semakin berkurang pada lahan alang-alang yang pernah terbakar. Alang-alang juga dijumpai pada tanah yang mempunyai tingkat kesuburan sedang sampai tinggi.

2.6 Bahan Organik

Bahan organik mempunyai peranan penting sebagai sumber karbon, dalam pengertian yang lebih luas sebagai sumber pakan, dan juga sebagai sumber energi untuk mendukung kehidupan dan berkembangbiaknya berbagai jenis mikroba dalam tanah (Pirngadi *et al.*, 2006).

Bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus (Stevenson, 1994).

Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah mengandung karbon yang tinggi. Pengaturan jumlah karbon di dalam tanah meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah dan penggunaan hara secara efisien. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa ketersediaan hara bagi tanaman tergantung pada tipe bahan yang

termineralisasi dan hubungan antara karbon dan nutrisi lain (misalnya rasio antara C/N, C/P, dan C/S) (Delgado dan Follet, 2002). Hasil penelitian jangka panjang menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik, terutama kotoran ayam baik diberikan secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk anorganik akan memperbaiki sifat kimia tanah dan sifat biologis tanah. Perbaikan sifat biologis tanah diantaranya melalui peningkatan populasi dan keragaman spora fungi MVA indigenous (Yusnaini, 2009).

Kandungan bahan organik yang tinggi dalam tanah mendorong pertumbuhan mikroba secara cepat sehingga dapat memperbaiki aerasi tanah, menyediakan energi bagi kehidupan mikroba tanah, meningkatkan aktivitas jasad renik (mikroba tanah), dan meningkatkan kesehatan biologis tanah (Dobermann dan Fairhurst, 2000).

Holmes and Zak (1994) menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah mikroba dalam tanah ketersediaan karbon. Selain itu, aktivitas mikroba di dalam tanah sangat dibatasi oleh masukan C yang berasal dari produksi bahan organik yang berasal dari sisa-sisa tanaman. Selanjutnya dikatakan pula bahwa ketersediaan sumber energi yang melimpah, akan meningkatkan populasi mikrobia tanah.