

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat dan Ciri Tanah Ultisol

Di Indonesia tanah jenis Ultisol cukup luas yaitu sekitar 38,4 juta hektar atau sekitar 29,7% dari 190 juta hektar luas daratan Indonesia. Kelemahan-kelemahan yang menonjol pada Ultisol adalah pH rendah, kapasitas tukar kation rendah, kejenuhan basa rendah, kandungan unsur hara seperti N, P, K, Ca, dan Mg sedikit dan tingkat Al-dd yang tinggi, mengakibatkan tidak tersedianya unsur hara yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Konsepsi pokok dari Ultisol (Ultimus terakhir) adalah tanah-tanah yang berwarna merah kuning, yang sudah mengalami proses hancuran iklim lanjut (ultimate), sehingga merupakan tanah yang memiliki penampang dalam (> 2 m), menunjukkan adanya kenaikan kandungan liat dan terakumulasi disebut horizon Argilik (Subagyo dkk., 2004).

Tanah ultisol memiliki ciri adanya horizon argilik atau kandik dengan kejenuhan basa (dengan menghitung jumlah kation) kurang dari 35 persen. Sebaran terluas tanah Ultisol terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti di Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara (53.000 ha). Tanah ini dapat dijumpai pada berbagai relief, mulai dari datar hingga bergunung (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Dari data analisis tanah Ultisol dari berbagai wilayah di Indonesia,

menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki ciri reaksi tanah sangat masam (pH 4,1 – 4,8). Kandungan bahan organik lapisan atas yang tipis (8 – 12 cm), umumnya rendah sampai sedang. Rasio C/N tergolong rendah (5 – 10). Kandungan P-potensial yang rendah dan K-potensial yang bervariasi sangat rendah sampai rendah, baik lapisan atas maupun lapisan bawah. Jumlah basa-basa tukar rendah, kandungan K-dd hanya berkisar 0 – 0,1 me 100 g⁻¹ tanah disemua lapisan termasuk rendah, dapat disimpulkan potensi kesuburan alami Ultisol sangat rendah sampai rendah (Subagyo dkk., 2004).

2.2 Pengaruh Pupuk Organik dan Kombinasinya dengan Pupuk Anorganik terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah.

Pupuk organik di samping berpengaruh terhadap pasokan hara tanah juga tidak kalah pentingnya terhadap sifat fisik, biologi dan kimia tanah lainnya. Syarat tanah sebagai media tumbuh dibutuhkan kondisi fisik dan kimia yang baik. Keadaan fisik tanah yang baik apabila dapat menjamin pertumbuhan akar tanaman dan mampu sebagai tempat aerasi dan lengas tanah, yang semuanya berkaitan dengan peran bahan organik. Peran bahan organik yang paling besar terhadap sifat fisik tanah meliputi : struktur, konsistensi, porositas, daya mengikat air, dan yang tidak kalah penting adalah peningkatan ketahanan terhadap erosi (Stevenson, 1982).

Menurut Simanungkalit dkk. (2006), pupuk organik dapat berperan sebagai “pengikat” butiran primer menjadi butir sekunder tanah dalam pembentukan agregat yang mantap. Keadaan ini besar pengaruhnya pada porositas, penyimpanan dan penyediaan air, aerasi tanah, dan suhu tanah. Pupuk organik

memiliki fungsi kimia yang penting seperti: (1) penyediaan hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe, meskipun jumlahnya relatif sedikit. Penggunaan bahan organik dapat mencegah kahat unsur mikro pada tanah marginal atau tanah yang telah diusahakan secara intensif dengan pemupukan yang kurang seimbang; (2) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan (3) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti Al, Fe, dan Mn.

Bahan organik tanah merupakan salah satu bahan pembentuk agregat tanah, yang mempunyai peran sebagai bahan perekat antar partikel tanah untuk bersatu menjadi agregat tanah, sehingga bahan organik penting dalam pembentukan struktur tanah. Pengaruh pemberian pupuk organik terhadap struktur tanah sangat berkaitan dengan tekstur tanah yang diperlakukan. Pada tanah lempung yang berat, terjadi perubahan struktur gumpal kasar dan kuat menjadi struktur yang lebih halus tidak kasar, dengan derajat struktur sedang hingga kuat, sehingga lebih mudah untuk diolah. Komponen organik seperti asam humat dan asam fulvat dalam hal ini berperan sebagai sementasi partikel lempung dengan membentuk kompleks lempung-logam-humus (Stevenson, 1982). Pada tanah pasir bahan organik dapat diharapkan merubah struktur tanah dari berbutir tunggal menjadi bentuk gumpal, sehingga meningkatkan derajat struktur dan ukuran agregat atau meningkatkan kelas struktur dari halus menjadi sedang atau kasar (Scholes dkk., 1994).

Pengaruh pupuk organik terhadap sifat fisika tanah yang lain adalah terhadap peningkatan porositas tanah. Porositas tanah adalah ukuran yang menunjukkan

bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah yang terisi oleh udara dan air.

Pori pori tanah dapat dibedakan menjadi pori mikro, pori meso dan pori makro.

Pori-pori mikro sering dikenal sebagai pori kapiler, pori meso dikenal sebagai pori drainase lambat, dan pori makro merupakan pori drainase cepat. Tanah pasir yang banyak mengandung pori makro sulit menahan air, sedang tanah lempung yang banyak mengandung pori mikro drainasinya jelek. Pori dalam tanah menentukan kandungan air dan udara dalam tanah serta menentukan perbandingan tata udara dan tata air yang baik. Penambahan bahan organik pada tanah kasar (berpasir), akan meningkatkan pori yang berukuran menengah dan menurunkan pori makro. Dengan demikian akan meningkatkan kemampuan menahan air (Stevenson, 1982).

Pupuk organik juga berpengaruh terhadap kesuburan kimia tanah antara lain terhadap kapasitas pertukaran kation, kapasitas pertukaran anion, pH tanah, daya sangga tanah dan terhadap keharuan tanah. Penambahan bahan organik akan meningkatkan muatan negatif sehingga akan meningkatkan kapasitas pertukaran kation (KPK). Bahan organik memberikan kontribusi yang nyata terhadap KPK tanah. Sekitar 20 – 70 % kapasitas pertukaran tanah pada umumnya bersumber pada koloid humus (contoh: Molisol), sehingga terdapat korelasi antara bahan organik dengan KPK tanah (Stevenson, 1982).

Kapasitas pertukaran kation (KPK) menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan kation-kation dan mempertukarkan kation-kation tersebut termasuk kation hara tanaman. Kapasitas pertukaran kation penting untuk kesuburan tanah. Humus dalam tanah sebagai hasil proses dekomposisi bahan organik merupakan

sumber muatan negatif tanah, sehingga humus dianggap mempunyai susunan koloid seperti lempung, namun humus tidak semantap koloid lempung, dia bersifat dinamik, mudah dihancurkan dan dibentuk. Sumber utama muatan negatif humus sebagian besar berasal dari gugus karboksil ($-COOH$) dan fenolik ($-OH$) (Brady, 1990).

Pengaruh penambahan pupuk organik terhadap pH tanah dapat meningkatkan atau menurunkan tergantung oleh tingkat kematangan pupuk organik yang kita tambahkan dan jenis tanahnya. Penambahan pupuk organik yang belum masak (misal pupuk hijau) atau pupuk organik yang masih mengalami proses dekomposisi, biasanya akan menyebabkan penurunan pH tanah, karena selama proses dekomposisi akan melepaskan asam-asam organik yang menyebabkan menurunnya pH tanah. Namun apabila diberikan pada tanah yang masam dengan kandungan Al tertukar tinggi, akan menyebabkan peningkatan pH tanah, karena asam-asam organik hasil dekomposisi akan mengikat Al membentuk senyawa kompleks (khelat), sehingga Al-tidak terhidrolisis lagi. Dilaporkan bahwa penamhan pupuk organik pada tanah masam, antara lain inseptisol, ultisol dan andisol mampu meningkatkan pH tanah dan mampu menurunkan Al tertukar tanah (Suntoro, 2001).

Peran pupuk organik terhadap ketersediaan hara dalam tanah tidak terlepas dengan proses mineralisasi yang merupakan tahap akhir dari proses perombakan bahan organik. Dalam proses mineralisasi akan dilepas mineral-mineral hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg dan S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil. Hara N, P dan S merupakan hara yang relatif lebih

banyak untuk dilepas dan dapat digunakan tanaman. Bahan organik sumber nitrogen (protein) pertama-tama akan mengalami peruraian menjadi asam-asam amino yang dikenal dengan proses aminisasi, yang selanjutnya oleh sejumlah besar mikrobia heterotrofik mengurai menjadi amonium yang dikenal sebagai proses amonifikasi. Amonifikasi ini dapat berlangsung hampir pada setiap keadaan, sehingga amonium dapat merupakan bentuk nitrogen anorganik (mineral) yang utama dalam tanah (Tisdale dan Nelson, 1974).

Selain berperan terhadap peningkatan sifat fisik dan kimia tanah, pupuk organik juga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Pupuk organik merupakan sumber energi bagi makro dan mikro-fauna tanah. Penambahan pupuk organik dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik serta respirasi tanah. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi, bakteri dan aktinomisetes. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan organik antara lain yang tergolong dalam protozoa, nematoda, Collembola, dan cacing tanah. Fauna tanah ini berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggung jawab terhadap pemeliharaan struktur tanah (Tian dkk., 1997).

Mikro flora dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, karena pupuk organik menyediakan energi untuk tumbuh dan pupuk organik memberikan karbon sebagai sumber energi. Pengaruh positif yang lain dari penambahan pupuk organik adalah pengaruhnya pada pertumbuhan

tanaman. Terdapat senyawa yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biologis yang ditemukan di dalam tanah adalah senyawa perangsang tumbuh (auxin), dan vitamin (Stevenson, 1982).

Kombinasi pupuk organik dan anorganik perlu dilakukan guna meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik. Pemupukan dengan cara kombinasi ini akan memberikan keuntungan, antara lain ; (1) menambah kandungan hara yang tersedia dan siap diserap tanaman selama periode pertumbuhan tanaman ; (2) menyediakan semua unsur hara dalam jumlah yang seimbang dan dengan demikian akan memperbaiki persentase penyerapan hara oleh tanaman yang ditambahkan dalam bentuk pupuk ; (3) mencegah kehilangan hara karena bahan organik mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi ; (4) membantu dalam mempertahankan kandungan bahan organik tanah pada aras tertentu sehingga mempunyai pengaruh yang baik terhadap sifat fisik tanah dan status kesuburan tanah ; (5) residu bahan organik akan berpengaruh baik pada pertanaman berikutnya maupun dalam mempertahankan produktivitas tanah ; (6) lebih ekonomis apabila diangkut dalam jarak yang jauh karena setiap unit volume banyak mengandung nitrogen, fosfat dan kalium serta mengandung hara tanaman lebih banyak ; dan (7) membantu dalam mempertahankan keseimbangan ekologi tanah sehingga kesehatan tanah dan kesehatan tanaman dapat lebih baik (Sutanto, 2002).

Dalam penelitian Anjani (2013), pemberian pupuk Organonitrofos dengan dosis 5000 kg ha⁻¹ menunjukkan pertumbuhan serta produksi tanaman tomat tertinggi. Selanjutnya diikuti kombinasi pupuk Organonitrofos dan pupuk kimia dengan

dosis urea 100 kg ha^{-1} , SP 36 50 kg ha^{-1} , KCl 50 kg ha^{-1} , Organonitrofos 2000 kg ha^{-1} mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Anjani (2013), menambahkan pada dosis 5000 kg ha^{-1} bobot buah segar dan bobot kering tanaman juga meningkat bila dibandingkan dengan kontrol maupun pemupukan rekomendasi.

2.3 Pengaruh Pemberian Biochar terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah.

Biochar merupakan bahan padatan yang terbentuk melalui proses pembakaran bahan organik tanpa oksigen (pyrolysis) pada temperatur $250 - 500^{\circ}\text{C}$. Biochar telah terbukti bertahan dalam tanah hingga >1000 tahun dan mampu mensekuestrasi karbon dalam tanah (Lehmann, 2007). Penambahan biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mampu memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi (Glaser dkk., 2002). Bahan baku biochar tergolong murah dan mudah diperoleh yaitu berupa limbah pertanian terutama yang sulit terdekomposisi atau dengan rasio C/N tinggi. Beberapa tahun silam penduduk asli Amazon telah memberikan *charcoal* ke dalam tanah

Pemberian *biochar* dapat memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah (Steinbeiss dkk., 2009). *Biochar* yang diberikan ke dalam tanah dapat meningkatkan fiksasi N di dalam tanah (Rondon dkk., 2007). Pencucian N dapat dikurangi secara signifikan dengan pemberian *biochar* ke dalam media tanam (Steiner, 2007), sehingga N tersedia baik bagi tanaman dan tidak mengalami kekurangan.

Biochar juga dapat meningkatkan KTK tanah, sehingga dapat mengurangi resiko pencucian hara khususnya K dan $\text{NH}_4\text{-N}$. *Biochar* juga dapat menahan P yang tidak bisa diretensi oleh bahan organik biasa (Lehmann, 2007). Pemberian *biochar* juga meningkatkan kandungan C di dalam tanah, meningkatkan keseimbangan C di dalam tanah, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Graber, 2010).

Semakin lamanya *biochar* tersedia di dalam tanah dapat memberikan pengaruh positif terhadap unsur hara yang terkandung di dalam tanah tersebut. Perbaikan sifat-sifat tersebut juga tergantung pada jenis tanah dan kualitas *biochar* yang digunakan (Steinbeiss dkk., 2009).

Pemberian *biochar* ke dalam tanah meningkatkan ketersediaan kation utama, P, dan total N yang berpengaruh terhadap produksi tanaman. Tingginya ketersediaan hara bagi tanaman merupakan hasil dari bertambahnya nutrisi secara langsung dari *biochar*, meningkatnya retensi hara, dan perubahan dinamika mikroba tanah. Keuntungan jangka panjangnya bagi ketersediaan hara berhubungan dengan stabilisasi karbon organik yang lebih tinggi seiring dengan pembebasan hara yang lebih lambat dibanding bahan organik yang biasa digunakan (Gani, 2009).

Selain itu pula diketahui bahwa keberadaan *biochar* di dalam tanah dapat digunakan sebagai habitat fungi dan mikroba tanah lainnya. Sebagaimana dilaporkan oleh Saito dan Marumoto (2002) bahwa fungi dapat bersporulasi di dalam pori mikro *biochar* karena di dalam pori tersebut kompetisi yang terjadi dengan saprofit lainnya cukup rendah. Oleh karena itu pemanfaatan *biochar* sebagai bahan pembawa bioamelioran dengan bahan aktif hayati (bio) bakteri

merupakan peluang baru yang dapat menghasilkan sebuah invensi. Hal ini cukup beralasan karena penelitian terkait dengan karakteristik *biochar* dan viabilitas mikroba dalam interaksinya dengan *biochar* belum banyak dilakukan.