

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Ultisol

Tanah Ultisol merupakan jenis tanah yang miskin akan unsur hara dan bersifat masam. Ciri morfologi yang penting pada Ultisol adalah adanya peningkatan fraksi liat dalam jumlah tertentu pada horizon seperti yang disyaratkan dalam *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2003). Horizon tanah dengan peningkatan liat tersebut dikenal sebagai horizon argilik. Horizon tersebut dapat dikenali dari fraksi liat hasil analisis di laboratorium maupun dari penampang profil tanah. Horizon argilik umumnya kaya akan Al sehingga peka terhadap perkembangan akar tanaman, yang menyebabkan akar tanaman tidak dapat menembus horizon ini dan hanya berkembang di atas horizon argilik (Soekardi dkk., 1993).

Tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang telah mengalami pencucian lanjut yang dicirikan dengan agregat tanah yang kurang stabil. Struktur tana gumpal bersudut dan kemampuan untuk menahan air cukup rendah. Jenis tanah ini mempunyai pH yang cukup rendah yaitu 4-5, tetapi kelarutan Al, Fe, Mn dan kejenuhan basa tanah tersebut menjadi rendah. Kandungan bahan organik rendah serta pencucian lanjut akan unsure K^+ , Na^+ , NH_4^+ , dan Mg cukup tinggi. Hal ini mengakibatkan kandungan bahan pada tanah ultisol tidak stabil dan cepat sekali menurun setelah tana dibuka atau diolah. Selain itu juga, aktivitas mikroorganisme

yang terdapat pada tanah ultisol juga sangat rendah. Akibatnya kandungan bahan organik pada tanah ultisol tersebut susah untuk terurai (Hardjowigeno, 1993; Munir 1996).

Kesuburan alami tanah ultisol umumnya terdapat pada horizon A yang tipis dengan kandungan bahan organik yang rendah. Unsur hara makro seperti fosfor dan kalium yang sering kahat, reaksi tanah masam hingga sangat masam, serta kejenuhan aluminium yang tinggi merupakan sifat-sifat tanah Ultisol yang sering menghambat pertumbuhan tanaman (Hardjowigeno, 1993). Untuk mengatasi masalah tersebut salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan penambahan bahan organik. Bahan organik dapat meningkatkan agregasi tanah, memperbaiki aerasi dan perkolasi, serta membuat struktur tanah menjadi lebih remah dan mudah diolah. Bahan organik tanah melalui fraksi-fraksinya mempunyai pengaruh nyata terhadap pergerakan dan pencucian hara. Penyediaan bahan organik dapat pula diusahakan melalui pertanaman lorong (*alley cropping*). Selain pangkasan tanaman dapat menjadi sumber bahan organik tanah, cara ini juga dapat mengendalikan erosi (Cahyono, 1999).

2.2 Kompos Limbah Agroindustri dan Bahan Organik

Salah satu limbah pertanian yang baru sedikit dimanfaatkan adalah limbah dari perkebunan kakao yaitu kulit buah kakao. Kulit buah kakao merupakan limbah perkebunan kakao yang sangat bermanfaat, banyak mengandung hara mineral khususnya K dan N serta serat, lemak dan sejumlah asam organik yang dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak. Kulit buah kakao selain untuk pakan

ternak, juga sebagai bahan baku kompos/pupuk organik yang bagi petani merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam proses produksi karena merupakan investasi yang dapat dipergunakan pada kondisi krisis, juga berfungsi sebagai pengganti pupuk kandang (Darmono dan Panji, 1999).

Sebagai bahan organik, kulit buah kakao mempunyai komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman. Sebagai bahan organik, kulit buah kakao mempunyai komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman. Kandungan hara yang terdapat pada kulit kakao telah dijelaskan pada bab pendahuluan.

Selain limbah kulit buah kakao, limbah lain dari perkebunan adalah limbah kulit kopi. Limbah kulit buah kopi memiliki kadar bahan organik dan unsur hara yang memungkinkan untuk memperbaiki sifat tanah. Kulit buah kopi juga mengandung unsur Ca, Mg, Mn, Fe, Cu dan Zn. Dalam 1 ha areal pertanaman kopi akan memproduksi limbah segar sekitar 1,8 ton setara dengan produksi limbah kering 630 kg (Ditjen Perkebunan, 2010).

Selain bidang perkebunan, dalam bidang pertanian di Indonesia juga banyak limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal, salah satunya adalah limbah jerami padi. Manfaat kompos jerami tidak hanya dilihat dari sisi kandungan hara saja. Kompos juga memiliki kandungan C-organik yang tinggi. Penambahan kompos jerami akan menambah kandungan bahan organik tanah. Pemakaian kompos jerami yang konsisten dalam jangka panjang akan dapat menaikkan

kandungan bahan organik tanah dan mengembalikan kesuburan tanah (Handayani, 2009).

Selain sektor perkebunan Indonesia tercatat sebagai negara penghasil udang terbesar ketiga di dunia, setiap tahunnya dihasilkan sekitar 0,08 juta ton. Sekitar 80%-90% dari jumlah tersebut udang diekspor dalam bentuk udang beku, tanpa kepala dan kulit. Ekspor udang beku ke Jepang pada bulan november 2005 sebesar 3,903 ton. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan udang bekisar 60%-70% dari berat udang (Krissetiana, 2004).

Limbah udang berupa kulit dan kepala udang mengandung senyawa kimia khitin dan khitosan merupakan limbah yang mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kepala udang mengandung protein (25%-40%), kalsium karbonat (45%-50%), dan khitin (15%-20%). Dengan adanya sifat-sifat khitin dan khitosan yang dihubungkan dengan gugus amino dan hidroksil yang terkait, maka menyebabkan sifat polielektrolit kation sehingga dapat berperan sebagai penukar ion (ion exchanger) dan dapat berperan sebagai absorben terhadap logam berat (Prasetyo, 2004). Karena berperan sebagai penukar ion maka khitin dan khitosan dari limbah udang berpotensi meningkatkan KTK dalam tanah sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan asam humat dan asam fulvat dalam tanah.

Pupuk kandang merupakan salah satu alternatif petani dalam mengurangi pemakaian pupuk kimia. Pupuk kandang yang banyak digunakan petani adalah

pupuk kandang sapi. Pupuk kandang sapi merupakan pupuk padat yang banyak mengandung air dan lendir. Pupuk kandang selain dapat menambah ketersediaan unsur-unsur hara bagi tanaman, juga mengembangkan kehidupan mikroorganisme di dalam tanah. Mikroorganisme berperan mengubah seresah dan sisa-sisa tanaman menjadi humus, senyawa-senyawa tertentu disintesa menjadi bahan-bahan yang berguna bagi tanaman (Sutedjo, 2008). Pupuk kandang yang sudah siap digunakan apabila tidak terjadi lagi penguraian oleh mikroba. Ciri fisiknya yakni berwarna coklat kehitaman, cukup kering, tidak menggumpal dan tidak berbau menyengat. Ciri kimiawinya adalah C/N ratio kecil (bahan pembentuknya sudah tidak terlihat) dan temperaturnya relatif stabil (Pupuk kandang dapat diberikan sebagai pupuk dasar, yakni dengan cara menebarkan secara merata di seluruh lahan Yusuf (2009). Khusus bagi tanaman dalam pot, pupuk kandang diberikan sepertiga dari media dalam pot (Susanto, 2002).

Selain pupuk kandang, banyak para petani menggunakan kotoran cacing (kascing) sebagai pupuk organik. Kascing adalah bahan organik yang berasal dari cacing. Radian (1994) mengemukakan bahwa kascing adalah kotoran cacing tanah yang bercampur dengan tanah atau bahan lainnya yang merupakan pupuk organik yang kaya akan unsur hara dan kualitasnya lebih baik dibandingkan dengan pupuk organik jenis lain.

Anas (1990) menyatakan bahwa kascing kascing sangat baik untuk pertumbuhan tanaman, karena mengandung auksin. Unsur hara dalam cacing tergolong lengkap baik hara makro maupun hara mikro, tersedia dalam bentuk yang mudah diserap

oleh tanaman (Nick, 2007). Menurut Scullion dan Malik (2007) stabilitas agregat tanah yang terbentuk cukup baik sebagai akibat tingginya karbohidrat dalam kasing Mulat (2003) mengemukakan hasil penelitian mengenai pengaruh kasing terhadap jumlah malai padi menunjukkan bahwa pupuk kotoran cacing memberikan jumlah malai 2,5 – 3 kali lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa kotoran cacing. Menurut Nick (2008) kasing mengandung mikroba yang bermanfaat bagi tanaman. Aktivitas mikroba membantu dalam pembentukan struktur tanah agar stabil.

2.3 Bahan Organik dan Proses Dekomposisinya

Bahan organik tanah lebih mengacu pada bahan (sisa jaringan tanaman/hewan) yang telah mengalami perombakan atau dekomposisi baik sebagian atau seluruhnya, yang telah mengalami humifikasi maupun yang belum. Bahan organik mencakup semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan, baik yang hidup maupun yang telah mati, pada berbagai tahapan dekomposisi (Sarno, 1998). Kononova (1966) dan Schnitzer (1997) membagi bahan organik tanah menjadi 2 kelompok, yakni bahan yang telah terhumifikasi, yang disebut sebagai bahan Humat (*humic substances*) dan bahan yg tidak terhumifikasi, yang disebut sebagai bahan bukan Humat (*non-humic substances*). Kelompok pertama lebih dikenal sebagai “humus” yang merupakan hasil akhir proses dekomposisi bahan organik bersifat stabil dan tahan terhadap proses biodegradasi. Humus terdiri atas fraksi asam humat, asam fulfat dan humin. Kelompok kedua meliputi senyawa-senyawa organik seperti karbohidrat, asam amino, peptida, lemak, lilin, lignin, asam nukleat, protein. Bahan organik tanah berada pada kondisi yang dinamik sebagai

akibat adanya mikroorganisme tanah yang memanfaatkannya sebagai sumber energi dan karbon. Kandungan bahan organik tanah terutama ditentukan oleh kesetimbangan antara laju penghancuran dengan laju dekomposisinya (Tan, 1982).

Stevenson (1982) menyajikan proses dekomposisi BO dg urutan sbb:

1. Fase perombakan bahan organik segar. Proses ini akan merubah ukuran bahan menjadi lebih kecil.
2. Fase perombakan lanjutan, yang melibatkan kegiatan enzim mikroorganisme tanah. Fase ini dibagi lagi menjadi beberap tahapan:
 - a. Tahap awal dicirikan oleh kehilangan secara cepat bahan-bahan yang mudah terdekomposisi sabagi akibat pembafaatan BO sebagai sumber karbon dan energi oleh mikroorganisme tanah, terutama bakteri. Dihasilkan sejumlah senyawa sampingan (*by products*) seperti: NH_3 , H_2S , CO_2 , asam organik dll.
 - b. Tahap tengah terbentuk senyawa organik tengahan/antara (*intermediate products*) dan biomasa baru sel organisme)
 - c. Tahap akhir dicirikan oleh terjadinya dekomposisi secara berangsur bagian jaringan tanaman/hewan yang lebih resisten (mis: lignin). Peran fungi dan Actinomycetes pada tahap ini sangat dominan
3. Fase perombakan dan sintesis ulang senyawa-senyawa organik (humifikasi) yg akan membentuk humus.

Pengomposan adalah dekomposisi alami dari bahan organik oleh mikroorganisme yang memerlukan oksigen (aerob). Hasil pengomposan berupa kompos memiliki muatan negatif, dapat dikoagulasikan oleh kation-kation dan partikel tanah untuk membentuk agregat tanah. Dengan demikian, penambahan kompos dapat memperbaiki struktur tanah sehingga akan memperbaiki pula aerasi, drainase, absorpsi panas, kemampuan daya serap tanah terhadap air serta berguna untuk mengendalikan erosi tanah (Gaur, 1982). Hasil dari pengomposan dikenal dengan nama kompos. Kompos didefinisikan sebagai campuran pupuk dari bahan organik yang berasal dari tanaman atau hewan atau campuran keduanya yang telah melapuk sebagian dan dapat berisi senyawa-senyawa lain seperti abu, kapur dan bahan kimia lainnya sebagai bahan tambahan (Murbandono, 2001).

Penggunaan kompos sangat baik karena dapat memberikan manfaat baik bagi tanah maupun tanaman. Kompos dapat menggemburkan tanah, memperbaiki struktur dan porositas tanah, serta komposisi mikroorganisme tanah, meningkatkan daya ikat tanah terhadap air, menyimpan air tanah lebih lama, dan mencegah lapisan kering pada tanah. Kompos juga menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman, memudahkan pertumbuhan akar tanaman, mencegah beberapa penyakit akar, dan dapat menghemat pemakaian pupuk kimia dan atau pupuk buatan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia. Karena keunggulannya tersebut, kompos menjadi salah satu alternatif pengganti pupuk kimia karena harganya murah, berkualitas dan akrab lingkungan (Hakim dkk., 1986).

Kematangan kompos digunakan juga sebagai faktor yang mempengaruhi cepat aplikasinya ke tanaman. Kriteria kematangan kompos bervariasi tergantung bahan asal kompos, kondisi dan proses dekomposisi selama pengomposan. Gaur (1982) menyatakan bahwa ada beberapa parameter untuk menentukan kematangan kompos, yaitu: 1) karakteristik fisik, seperti suhu, warna, tekstur dan besarnya kelarutan dalam larutan natrium hidroksida atau natrium fosfat; 2) nisbah C/N, status dari kandungan hara tanaman, dan nilai kompos yang ditunjukkan oleh uji tanaman, 3) tidak berbau dan bebas dari patogen parasit dan biji rumput-rumputan. Kematangan kompos menurutnya sangat berpengaruh terhadap mutu kompos. Kompos yang sudah matang akan memiliki kandungan bahan organik yang dapat didekomposisi dengan mudah, nisbah C/N yang rendah, tidak menyebarkan bau yang ofensif, kandungan kadar airnya memadai dan tidak mengandung unsur-unsur yang merugikan tanaman. Oleh sebab itu, kematangan kompos merupakan faktor utama dalam menentukan kelayakan mutu kompos.

2.4 Asam Humat dan Fulvat

Asam Humat adalah humus yang tidak larut di air dibawah kondisi asam ($\text{pH} < 2$) tetapi larut pada pH yang tinggi (basa). Asam humat dapat diekstraksi dari substansi humat tanah dengan beberapa pelarut yang tidak larut dalam asam lemah. Asam fulvat adalah fraksi dari senyawa (substansi) humat yang larut di dalam air dengan berbagai pH. Asam fulvat larut di larutan pada proses pelepasan asam humat dengan pengasaman, warna pencirinya adalah kuning kecoklatan (Tan, 1995). Asam humat terdiri dari banyak cincin aromatik yang kompleks makro molekul alifatik, substansi amino, gula dan peptin sedangkan asam fulvat

mengandung struktur aromatik dan alifatik dan sebagian besar telah disubstitusi oleh oksigen yang mengandung gugus fungsional. Humin adalah senyawa humat yang tidak larut dalam berbagai nilai pH (dalam air, asam, dan alkali), humin mempunyai warna hitam. Konsentrasi asam humat dan asam fulvat pada seluruh tanah secara relatif lebih tinggi daripada konsentrasi asam organik yang belum terhumifikasi, dengan demikian bahan humat merupakan komponen utama dari bahan organik tanah (Tan, 1995).

Menurut Schnitzer dan Huang (1997) komposisi elemen dan gugus fungsional asam humat dan asam fulvat yang dimurnikan dari ekstraks tanah dari berbagai pedologi yang berbeda-beda. Ia menyatakan bahwa kandungan C dan N asam humat lebih tinggi dari pada asam fulvat, sedangkan asam fulvat memiliki H, O yang lebih tinggi. Asam fulvat juga memiliki gugus-gugus fungsional yang lebih tinggi dari asam humat tetapi memiliki bobot molekul lebih rendah. Asam fulvat memiliki bobot molekul lebih rendah, tetapi lebih teroksidasi dibandingkan dengan asam humat. Asam fulvat menandung sejumlah metabolit dan bahan-bahan muda yang tidak berasosiasi dengan koloid tanah. Banyak komponen yang terkandung dalam fraksinya menjadi subjek asimilasi cepat mikroba atau dimineralisasi sehingga memberikan unsur bagi tanaman.

Menurut Tsutsuki (1993) kadar N pada asam humat meningkat pada awal pembentukan asam humat, kemudian menurun kembali jika tingkat humifikasi meningkat. Kadar C dan O juga meningkat bila tingkat humifikasi meningkat.

Dibandingkan asam humat, asam fulvat mengandung C dan N lebih rendah sementara kadar H dan O lebih tinggi.

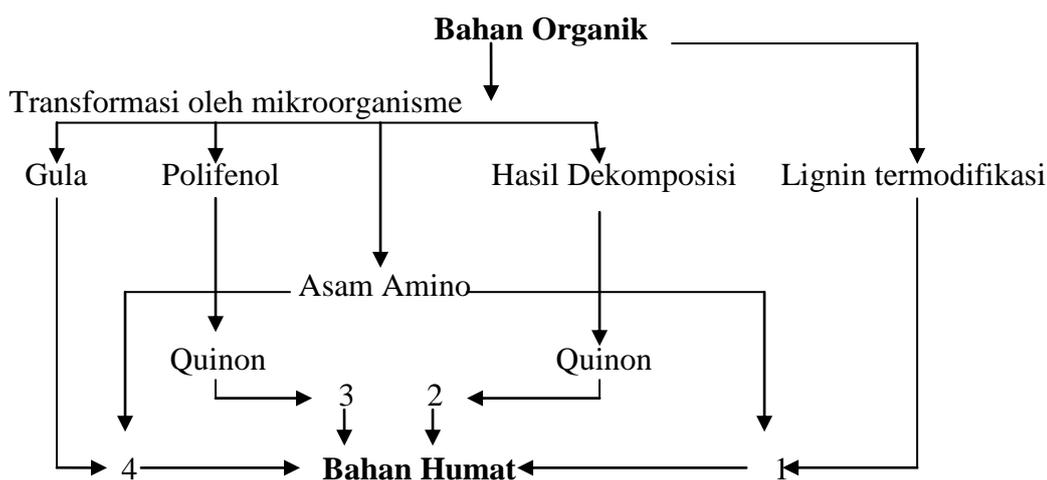
2.5 Pembentukan Asam Humat dan Asam Fulvat

Menurut Kononova (1966) selama proses dekomposisi bahan organik di dalam tanah akan dihasilkan asam-asam organik dan pada tahap paling akhir akan terbentuk asam humat dan asam fulvat, asam-asam tersebut dikenal dengan humus. Asam humat dan asam fulvat dibentuk selama proses dekomposisi sisa tanaman yang mengandung senyawa phenolik dari lignin dan flavonoid sebagai unit struktur yang paling penting untuk sintesis bahan humat (Martin dan Heider, 1969). Terbentuknya bahan humat ini sebagian besar terjadi melalui reaksi biokimia secara enzimatik dan sebagian lagi terbentuk melalui reaksi kimia non enzimatik (Kononova, 1966).

Dekomposisi dan humifikasi terjadi dan berlangsung secara simultan.

Karakteristik dari humifikasi yaitu (1) tanaman yang gugur dan tersisa merupakan fragmen yang kecil halus, (2) berwarna gelap, (3) ratio C/N lebih rendah, dan (4) kemudian ditransformasikan menjadi coklat kegelapan atau hitam dan amorfus.

Dalam proses dekomposisi ternyata lignin yang telah dirombak oleh mikroorganisme merupakan awal pembentukan humus. Pola pembentukan bahan humat selama pelapukan sisa-sisa tanaman dan hewan dalam tanah menurut Stevenson (1982) selama pelapukan bahan organik (Gambar 1).



Gambar 1. Lintasan-lintasan pembentukan bahan humat di dalam tanah selama proses pelapukan bahan organik (Stavenson, 1982).

Senyawa-senyawa humat terbentuk melalui modifikasi lignin (lintasan 1), tetapi akhir-akhir ini sebagian besar penelitian menunjukkan mekanisme yang menyangkut quinon (lintasan 2 dan 3). Dan lintasan 4 menunjukkan teori gula amino non enzimatis.

Sesuai dengan teori lignin (lintasan 1), lignin dimanfaatkan oleh mikroorganisme secara tidak lengkap dan residunya menjadi bagian dari humus. Modifikasi lignin meliputi hilangnya gugus metoksil (OCH_3) dan menghasilkan hidroksi fenol serta oksidasi rantai samping alifatik membentuk gugus COOH . Bahan-bahan termodifikasi ini selanjutnya mengalami perubahan-perubahan menghasilkan asam humat dan selanjutnya asam fulvat. Dalam lintasan 2, lignin masih memainkan peranan penting dalam sintesis humus, tetapi caranya berbeda. Dalam hal ini asam-asam dan aldehyd fenolik lepas dari lignin selama serangan mikroba, dan mengalami polimerisasi, baik ada maupun tidak ada senyawa amino, membentuk mikromolekul yaitu bahan humat. Lintasan 3 dalam beberapa hal

sama dengan lintasan 2 kecuali bahwa polifenol disintesis oleh mikroba dari sumber C non lignin (seperti selulosa). Polifenol selanjutnya secara enzimatik dioksidasi menjadi quinon dan diubah menjadi bahan humat. Selain itu humus dapat dibentuk dari gula (lintasan 4). Sesuai dengan konsep ini gula reduksi dan asam amino yang terbentuk sebagai hasil samping metabolisme mikroba, melalui polimerisasi non enzimatik membentuk polimer yang mengandung unsur nitrogen berwarna coklat.