

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan penggunaan lahan dari tanaman hutan menjadi tanaman semusim (pangan dan hortikultura) secara intensif mempengaruhi ketidakstabilan sistem tanah - tanaman meliputi ciri fisik (tata air dan udara), ciri kimia (tata hara), dan ciri biologi (tata kehidupan) tanah (Sukarsono, Nurwidodo, & Wahyuni, 2012). Selain perubahan tata kelola lahan, pengolahan tanah secara intensif dengan disertai pengangkutan dan pembakaran sisa vegetasi (panenan) juga berdampak terhadap degradasi lingkungan mikro. Struktur tanah menjadi memadat, cadangan air berkurang, kesetimbangan unsur hara terganggu, kandungan C-organik menurun, perkembangan mikroba terganggu, pertumbuhan dan produksi menurun (Bachri *et al.*, 2015). Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah (BOT) berfungsi dan menentukan sifat fisik (struktur tanah) dan kimia tanah (sebagai retensi unsur hara seperti kalium, fungsi buffer pH, suplai udara dan air serta aktivitas mikroba, dan penyimpanan karbon (Bronick & Lal, 2005; Krati *et al.*, 2019; Leinweber *et al.*, 2008). Jumlah dan komposisi kimia BOT penting untuk memahami dampak perubahan iklim dan mekanisme fungsional dasar tanah sehingga mampu mempertahankan dan menstabilkan biosfer. Oleh karenanya BOT dianggap sebagai indikator kualitas tanah.

Karakterisasi BOT berdasarkan nisbah C/N mungkin merupakan proksi yang tepat untuk komposisi dan stabilitas BOT di tanah lapisan atas. Jumlah humus biasanya kecil di lapisan tanah yang lebih dalam dan nisbahnya kurang dapat diandalkan. Pelepasan bahan organik tanah (BOT) dengan bahan organik terlarut yang terbentuk dalam larutan, dikonfirmasi baik dalam sistem tata air yang mengendap di bagian perakaran tanaman dan sedimen yang tidak diolah (Zhang, 2015). Derajat humifikasi telah terbukti menjadi indeks yang dapat merespon penambahan bahan organik ke dalam tanah (Canali *et al.*, 2004). Derajat humifikasi digunakan untuk menentukan perubahan struktur dan kualitas BOT yang terjadi selama proses humifikasi (Liaudanskiene & Slepeliene, 2011). Humifikasi BOT dapat dipahami sebagai proses sintesis dan/atau resintesis senyawa organik yang ditambahkan ke dalam tanah dan bergantung pada berbagai faktor seperti iklim, jumlah dan kualitas bahan tanaman yang tertanam, dan

pengelolaan tanah. Pengelolaan ekosistem lahan yang dominan, akan menghasilkan berbagai jenis senyawa humat (Wu, 2022). Senyawa humat yang dihasilkan dari degradasi biopolimer residu organik di dalam tanah disebabkan oleh aktivitas mikroba. Oleh karena itu, setiap faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroba dapat mengubah sifat kimia tanah. Namun, di antara berbagai faktor yang mempengaruhi proses ini, biomassa mikroba dan mineralisasi C dan N disarankan sebagai indikator potensial untuk menilai perubahan kualitas tanah (Alvear *et al.*, 2005; Nicolardot, 2007), tetapi belum cukup dievaluasi dalam ekosistem hutan, padang rumput dan tanaman tahunan, terutama pada kondisi yang dipelajari. Atribut biokimia tanah adalah ukuran yang berharga untuk menilai perubahan yang dihasilkan dari aktivitas mikroba tanah dari ekosistem pertanian yang berbeda (Bending *et al.*, 2002)

Proses ekologi seperti dekomposisi serasah daun dan respirasi tanah adalah jalur utama dalam ekosistem terestrial yang mengatur siklus materi, seperti pelepasan karbon dioksida (CO₂) ke atmosfer dan mineralisasi unsur hara ke dalam tanah. Jumlah serasah dan dekomposisinya menentukan jumlah karbon (C) yang tersimpan di lantai hutan (Qualls, 2004). Serasah tanaman merupakan salah satu sumber utama humus tanah, tetapi juga dapat mendorong degradasi humus primer. Aktivitas mikroba yang meningkat karena ketersediaan energi yang lebih tinggi, mengakibatkan hubungan yang membingungkan antara serasah dan humus tanah. Serasah campuran dapat meningkatkan degradasi humat tanah, namun serasah berdaun lebar dapat menurunkan humat tanah lebih besar dibandingkan dengan serasah jarum karena lebih mudah terurai. Jenis dan produksi serasah tanaman memengaruhi karakteristik humat tanah (Wei *et al.*, 2020).

Pengolahan tanah merupakan penyebab utama hilangnya karbon organik tanah (KOT). Tanah yang berdrainasi baik, sebagian besar menempati areal lahan pertanian dengan komposisi senyawa kimia yang seimbang dan dinamis, serta derajat humifikasi yang tinggi, menghasilkan nisbah C/N sedang hingga rendah (10-12).

1.2. Tujuan

Penelitian tentang kajian substansi humat ditujukan untuk:

1. Mengkaji kadar substansi humat pada berbagai penggunaan lahan (kebun campuran, lahan semak, dan lahan tegalan)
2. Mengkaji sifat fisik, kimia, dan biologi tanah terhadap indeks humifikasi dari beberapa penggunaan lahan
3. Mengkaji pengaruh suhu dan kelembaban terhadap indeks humifikasi dari beberapa penggunaan lahan

1.3. Rumusan Masalah

1. Manakah tipe penggunaan lahan yang memiliki kandungan asam humat paling tinggi?
2. Bagaimana pengaruh sifat fisik, kimia, dan biologi tanah terhadap indeks humifikasi bahan organik tanah dari beberapa penggunaan lahan?
3. Bagaimana pengaruh suhu dan kelembaban (udara dan tanah) terhadap populasi mikroorganisme tanah dan dampaknya terhadap indeks humifikasi dari berbagai penggunaan lahan?

1.4. Hipotesis

1. Penggunaan lahan kebun campuran memiliki kandungan asam humat paling tinggi
2. Sifat kimia (C-Organik, N-Total, Redoks, C/N Rasio), dan biologi tanah (populasi mikroba) berpengaruh terhadap indeks humifikasi
3. Suhu dan kelembaban (udara dan tanah) berpengaruh terhadap populasi mikroorganisme tanah dan memberikan dampak terhadap indeks humifikasi dari berbagai penggunaan lahan

1.5. Manfaat

1. Memberikan informasi mengenai substansi humat pada berbagai penggunaan lahan di Desa Jatiarjo, Kecamatan Prigen, Pasuruan
2. Sebagai rujukan untuk penelitian yang akan datang
3. Sebagai bahan masukan untuk pengambilan keputusan pengelolaan lahan selanjutnya khususnya pada pemberian bahan organik

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penggunaan Lahan

Lahan adalah suatu daerah permukaan daratan bumi yang ciri-cirinya mencakup segala tanda pengenal, baik yang bersifat cukup mantap maupun yang dapat diramalkan bersifat mendaur, dari biosfer, atmosfer, tanah, geologi, hidrologi dan populasi tumbuhan dan hewan, serta hasil kegiatan manusia pada masa lampau dan masa kini, sejauh tanda-tanda pengenal tersebut memberikan pengaruh murad (bentukan) atas penggunaan lahan oleh manusia pada masa kini dan masa mendatang (FAO, 1976).

Penggunaan/pemanfaatan lahan merupakan suatu percampuran yang kompleks dari berbagai karakteristik kepemilikan, lingkungan fisik, struktur dan penggunaan ruang (Kaiser *et al*, 1995). Pola pemanfaatan lahan/tanah adalah pengaturan berbagai kegiatan. Kegiatan sosial dan kegiatan untuk menunjang keberlanjutan hidup yang membutuhkan jumlah, jenis dan lokasi. Menurut Kazaz dan Charles (2001) dalam Munibah (2008) perubahan penggunaan lahan adalah perubahan penggunaan atau aktivitas terhadap suatu lahan yang berbeda dari aktivitas sebelumnya.

Ritohardoyo (2013) mengungkapkan bahwa penggunaan lahan adalah usaha manusia memanfaatkan lingkungan alamnya untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tertentu dalam kehidupan dan keberhasilannya yang dimaksud dengan penggunaan lahan dalam penelitian ini adalah interaksi antara manusia dengan alam sebagai bentuk campur tangan manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup baik material maupun spiritual sehingga dapat terpenuhi. Jika terjadi perubahan penggunaan lahan, maka pemanfaatan lahannya akan berubah pula yang dimaksud dengan perubahan penggunaan lahan dalam penelitian ini adalah proses perubahan dari penggunaan lahan sebelumnya ke penggunaan lahan lain yang dapat bersifat sementara ataupun permanen.

Definisi penggunaan lahan juga dikemukakan oleh Arsyad (1989) bahwa penggunaan lahan adalah setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik materiil maupun

spiritual. Penggunaan lahan dapat dikelompokkan dalam dua golongan besar yaitu penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lahan bukan pertanian.

2.1.1. Lahan Terbuka

Senifa *et al* (2018) mengemukakan bahwa lahan terbuka merupakan lahan tanpa tutupan lahan bersifat alamiah, semialamiah, maupun artifisial (contoh : lapangan). Menurut Klasifikasi Penggunaan Lahan Menurut Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 1 Tahun 1997 Tentang Pemetaan Penggunaan Tanah Perdesaan, Penggunaan Tanah Perkotaan, Kemampuan Tanah dan Penggunaan Simbol/Warna Untuk Penyajian dan Peta, Lahan terbuka/tanah terbuka merupakan areal yang tidak digarap karena tidak subur dan/atau menjadi tidak subur setelah digarap serta tidak ditumbuhi tanaman.

2.1.2. Tegalan

Tegalan merupakan salah satu bentuk penggunaan lahan yang digunakan sebagai tempat budidaya. Pemahaman tentang tegalan menurut Hani dan Suryanto (2014) dalam Chakim *et al* (2018), merupakan lahan kering yang berada di sekitar kawasan pemukiman penduduk, dapat berupa pekarangan atau tegalan. Pengelolaan tegalan biasanya ditanam dengan pola kebun campuran atau agroforestri. Ada tanaman yang khusus dibudidayakan secara intensif sebagai tanaman utama dan terdapat pula tanaman pendukung lainnya.

Tegalan dengan pola tanam campuran (*mixed cropping*) memiliki keunggulan di dalam penyuplai seresah ke dalam tanah. Diversitas tanaman yang cukup tinggi mampu menyediakan suplai bahan organik yang beragam. Namun, tidak semua tegalan ditanam dengan pola tanam campuran. Beberapa tegalan diusahakan dengan hanya pola monokultur, yakni pola tanaman satu jenis saja. Sehingga suplai ragam bahan organik ke dalam tanah juga rendah.

Penggunaan pola tanam mixed cropping mampu memberikan manfaat tidak hanya ke pembudidaya namun juga ke lingkungan dan tanah. Menurut Sayekti (2010), pola tanam tumpangsari mampu memberikan suplai bahan organik ke dalam tanah. Hal ini juga didasarkan pada pengembalian bahan organik ke dalam tanah. Penanaman tumpangsari akan diikuti dengan penanaman tegakan yang mampu menyuplai hara seperti sengon, lamtoro dan lain-lain.

2.1.3. Perkebunan

Pengertian perkebunan menurut Undang – Undang (UU) nomor 18 tahun 2004 tentang perkebunan adalah segala kegiatan yang mengusahakan tanaman tertentu pada tanah atau media tumbuh lainnya dalam ekosistem yang sesuai, mengolah dan memasarkan barang dan jasa hasil tanaman, dengan bantuan ilmu pengetahuan dan teknologi, permodalan serta manajemen untuk mewujudkan kesejahteraan bagi pelaku usaha perkebunan dan masyarakat.

Perkebunan identik dengan budidaya tanaman dengan dominasi satu jenis tanaman. Sehingga vegetasi yang muncul tidak terlalu beragam karena adanya tanaman yang dijadikan sebagai komoditas utama. Berbeda hal dengan hutan alami yang memiliki tingkat diversitas yang tinggi. Dampaknya akan berpengaruh pada ragam material yang berperan sebagai sumber bahan organik tanah.

2.2. **Bahan Organik Tanah (BOT)**

Hanafiah (2014) mengemukakan bahwa bahan organik tanah terbentuk dari jasad hidup tanah yang terdiri atas flora dan fauna, perakaran tanaman yang hidup dan yang mati, yang terdekomposisi dan mengalami modifikasi serta hasil sintesis baru yang berasal dari tanaman dan hewan. Bahan organik tanah memegang peranan penting dalam menentukan sifat fisik, kimia, serta aktivitas biologis di dalam tanah yang menentukan daya dukung dan produktivitas lahan (Mulyanto, 2004). Bahan organik umumnya ditemukan dipermukaan tanah dengan jumlah sekitar 3-5% saja (Hardjowigeno, 2007).

Analisis bahan organik tanah sangat diperlukan untuk mengetahui omset dan stabilisasi proses karbon organik dalam tanah. Pengujian BOT dengan elektroforesis kapiler untuk menyelidiki asam humat dalam tanah dari lokasi hutan yang beragam dan hasilnya menunjukkan pola sinyal indikasi dari karakteristik tanah (Tatzber *et al.*, 2007). Metode ini memberikan informasi yang berguna tentang jenis tanah dan melengkapi rangkaian metode yang telah ada untuk karakterisasi asam humat.

2.3. Humus

Bahan organik alami dalam tanah terdiri dari seresah (bahan organik makro yang terhampar di permukaan tanah), fraksi ringan (sisa tanaman dalam tanah), biomassa tanah (terutama mikroorganisme yang hidup di dalam tanah), dan humus stabil. Komposisi bahan organik tersebut merupakan yang terakhir mendominasi di sebagian besar tanah pertanian, hutan dan tegalan. Pada lahan gambut, sisa tanaman dapat merupakan sebagian besar bahan organik, tetapi tetap ada senyawa humat dalam jumlah besar. Humus terdiri dari senyawa humat dan nonhumat yang mampu diidentifikasi secara biokimiawi (asam amino, karbohidrat, lemak, lilin, resin, asam organik dengan berat molekul rendah, dll). Senyawa humat sebagai serangkaian berat molekul tinggi yang relatif, kuning zat berwarna hitam yang dibentuk oleh sintesis reaksi sekunder (Stevenson, 1994).

Secara tradisional, senyawa humat telah terdiri dari tiga fraksi utama, yang dibedakan berdasarkan sifat kelarutan dan adsorpsi mereka, yaitu (1) asam humat yang larut dalam basa tetapi tidak larut dalam asam, (2) asam fulvat yang larut dalam basa dan asam, dan (3) humin yang mudah larut dalam asam dan tidak dalam basa. Humin dapat terdiri dari asam humat dalam hubungan yang kuat dengan bahan mineral, bahan humat tak larut yang sangat kental, melanin jamur, dan zat parafin (Stevenson, 1994).

Secara garis besar, asam humat dan humin sebagian besar terbentuk pada tanah dan sedimen sebagai bagian dari fase padat. Sementara, asam fulvat lebih labil dan terukur untuk sebagian besar bahan organik terlarut di perairan alami. Kata 'humat', digunakan secara umum, mencakup semua senyawa humat.

2.3.1. Humifikasi

Humifikasi adalah proses alami mengubah bahan organik menjadi zat humat (humus, humat, asam humat, asam fulvat, dan humin) melalui mekanisme geomikrobiologi. Keragaman bahan tanaman yang ada di alam dan dengan akses yang tak terbatas ke radikal kimia, humifikasi menghasilkan zat humat yang variabelnya juga tak terbatas (Canellas *et al.*, 2012). Senyawa humat dapat ditentukan dengan mengukur absorbansi lindi pada panjang gelombang 254 dan 400 nm (berturutan pada rentang Ultra Violet dan tampak pada spektrofotometer UV-Vis). Indeks humifikasi (HIX) dihitung dengan membagi absorbansi pada 254 nm dengan

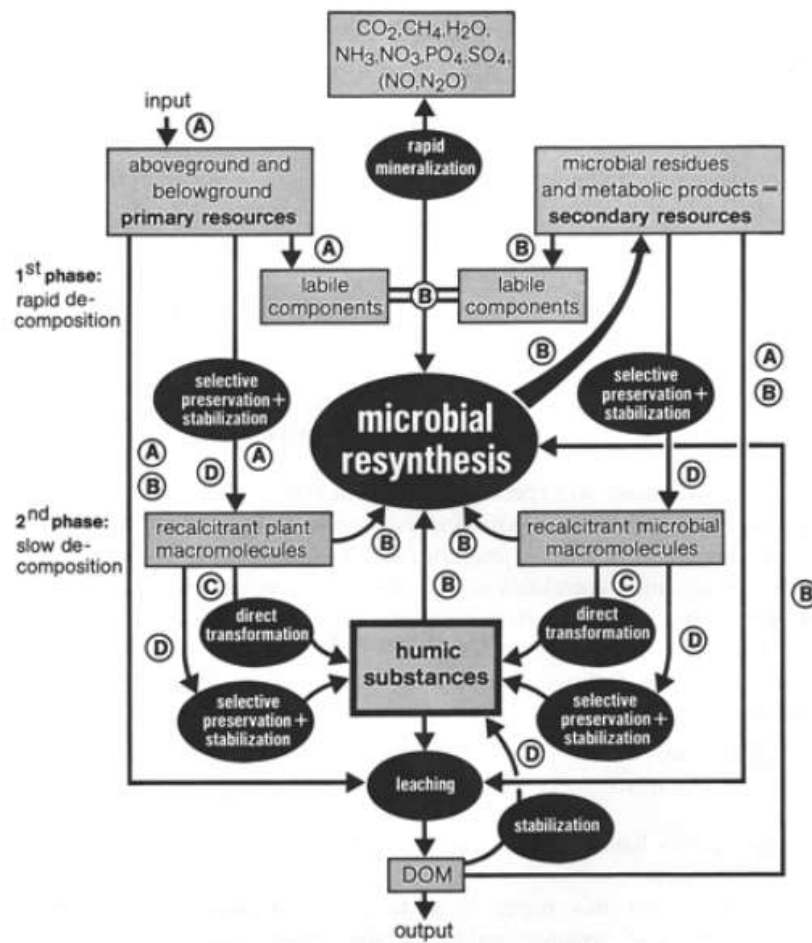
absorbansi pada 400 nm (Seran, 2011). Indeks humifikasi [$IH\% = 100 \times$ (kandungan asam humat/C-org total)] dianggap sebagai cerminan dari oksidasi, dekomposisi, dan stabilisasi limbah/seresah selama proses vermicomposting. Nilai indeks humifikasi kurang dari lima merupakan indikator tingkat humifikasi bahan organik yang tinggi (Zbytniewski & Buszewski, 2005). Disamping itu, nilai indeks humifikasi bahan organik tanah juga dapat ditentukan berdasarkan persamaan $HFIL = ACF/C_T$, yaitu indeks humifikasi (HFIL) sama dengan nisbah antara area kurva fluoresensi (ACF) dan total C-organik (C_T) yang disajikan dalam sampel (Martins *et al.*, 2011).

Derajat humifikasi bahan organik dapat dideteksi dengan menguji beberapa indikator, di antaranya (1) nisbah karbon dan nitrogen (nisbah C/N), (2) nisbah Asam Humat/Asam Fulvat (AH/AF) yang biasanya digunakan sebagai indeks dari polimerisasi dan kondensasi bahan organik (Seran, 2011), (3) nisbah warna dan derajat kondensasi aromatik dengan mengukur larutan terabsorpsi humat atau fulvat dalam spektrofotometer UV-VIS dengan membandingkannya pada panjang gelombang 400 nm dan 600 nm (nisbah E4/E6) (Stevenson, 1994), (4) tingkat humifikasi (HR) (Iwegbue *et al.*, 2006), dan (5) keasaman total, gugus OH karboksilat dan fenolik (Pramanik & Kim, 2014)

2.3.2. Faktor-faktor Pembentukan Humus

Humus merupakan suatu materi yang dihasilkan dari proses dekomposisi tingkat akhir oleh bahan organik. Menurut Guggenberger (2005), humifikasi dimana proses perombakan dan pembentukan residu karbon organik menjadi substansi humat yang disebabkan adanya aktivitas biokimia dan proses abiotik. Substansi humat merupakan wujud dari material karbon organik yang hanya dapat diidentifikasi struktur molekulnya secara mikroskopis.

Humifikasi terjadi secara umum baik di dalam sedimentasi bahan organik atau di air dan udara. Secara umum dikenal dengan perubahan bahan organik melalui polimerisasi menjadi bentuk oligomer dan monomer yang ditunjukkan dengan perubahan warna gelap (Abakumov *et al.*, 2018). Perombakan dan perubahan material yang terjadi pada bahan organik tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni iklim, jenis tanah, vegetasi dan mikroorganisme tanah (Bot dan Benitez, 2005).



Gambar 2.1. Pembentukan substansi humat oleh mikroorganisme (Zech *et al.*, 1997)

Bahan organik labil dan stabil merupakan material organik yang bersumber dari serasah tanaman yang telah mengalami pelapukan. Pelapukan ini meliputi proses humifikasi, mineralisasi, pencucian bahan organik dan stabilisasi komposisi dengan bahan anorganik. Beberapa proses tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni 1) kuantitas dan kualitas sumber bahan organik, 2) aktivitas mikroba, 3) katalis perombakkan, dan 4) faktor yang berkaitan dengan ikatan anorganik (mineral) tanah (Zech *et al.*, 1997).

2.3.3. Pengaruh Vegetasi Terhadap Pembentukan Asam Humat

Serasah tanaman merupakan tumpukan bahan organik yang terdiri dari berbagai bahan seperti daun, ranting dan batang tanaman. Serasah yang berasal dari tanaman mati kemudian akan terurai dalam beberapa tahap yang pada akhirnya akan menghasilkan energi bagi kehidupan organisme tersebut. Penggunaan lahan merupakan salah satu penentu ketersediaan bahan organik di dalam tanah. Produksi serasah sangat penting untuk kelestarian tanah. Berbagai bahan organik juga menentukan laju degradasi bahan organik.

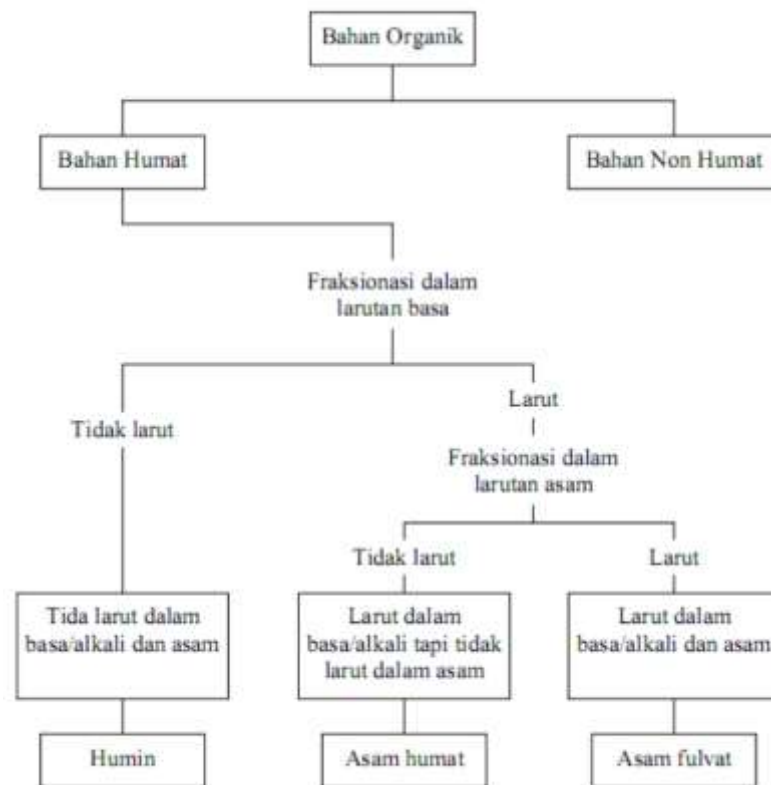
Vegetasi hutan hujan tropis terdiri dari berbagai jenis pohon berdaun hijau (*evergreen*) yang selalu menggugurkan daunnya lantai hutan (Ewusie, 1990). Serasah-serasah daun ini yang menjadi sumber bahan organik tanah. Sisa tanaman yang telah mati akan dilapuk dengan serangkaian proses baik secara kimia ataupun biologis. Hasil dari perombakan akan menghasilkan mineral-mineral organik yang nantinya akan digunakan sebagai sumber nutrisi oleh tanaman. Sehingga tercipta suatu siklus di dalam lingkungan yang lebih dikenal sebagai siklus hara (Ruhayat, 1993).

Vegetasi yang berbeda tentunya akan menimbulkan kondisi perbedaan pula pada laju humifikasi. Hal ini didasarkan pada beragam bahan masukan yang akan menjadi sumber bahan organik tanah. Menurut Coteaux (1995), laju dekomposisi bahan organik akan ditentukan oleh 3 faktor yakni, iklim, kualitas serasah dan keberadaan organisme yang ada di alam. Kualitas serasah menjadi salah satu penentu dari tipe penggunaan lahan. Karena penggunaan lahan akan memiliki macam vegetasi yang berbeda. Kawasan hutan alam akan memiliki keragaman sumber serasah yang tinggi jika dibandingkan dengan perkebunan yang hanya memiliki satu jenis tanaman atau komoditas.

Perbedaan vegetasi akan berdampak pada berbedanya vegetasi suatu lahan. Menurut Ariani (2003), jenis vegetasi akan berpengaruh terhadap laju dekomposisi bahan organik karena perbedaan sumber bahan organik yang didegradasi. Perbedaan sumber ini diakibatkan kandungan senyawa organik yang berbeda pula. Material yang mengandung lignin serta polifenol yang tinggi akan mengalami humifikasi yang lambat jika dibanding dengan material yang mengandung lignin dan polifenol yang rendah (Tan, 2014).

2.3.3. Fraksionasi Humat

Secara umum fraksionasi senyawa humat berdasarkan derajat kemasaman. Bahan organik terbagi atas dua macam yakni, bahan humat dan bahan non-humat. Bahan organik yang mengandung senyawa humat akan dipisahkan dengan kondisi basa. Dimana akan terbentuk tiga senyawa yakni humin, dan substrat humat. Subtrat humat akan mengalami pemisahan pada pH rendah dan membentuk asam humat dan fulvat. Besar kandungan humat pada suatu bahan organik ditentukan oleh lignin dan polifenol. Menurut Stevenson dan Goh (1971), semakin sedikit kandungan lignin dan fenol akan semakin tinggi kandungan asam humat dan fulvat yang selaras dengan proses dekomposisi bahan organik tersebut.



Gambar 2.2. Fraksionasi senyawa asam humat (Stevenson, 1994)

2.3.4. Asam Humat

Asam humat merupakan senyawa asam yang termasuk di dalam asam-asam organik tanah. Menurut Tan (2014), asam humat merupakan asam-asam organik yang ada dalam kelompok humus bersama dengan asam fulvat dan humin sebagai

hasil akhir dari dekomposisi. Dalam pengklasifikasian bahan organik terbagi menjadi tiga bagian yakni, 1) humin yang tidak dapat larut di dalam basa dan asam, 2) humat yang larut dalam basa namun tidak larut dalam kondisi asam, 3) fulvat yang larut dalam kondisi basa dan dapat larut dalam asam.

Humus merupakan bahan organik yang kaya akan asam organik. Asam humat merupakan salah satu komponen penyusunnya. Dua komponen lainnya ialah asam fulvat dan zat humin. Asam fulvat larut dalam semua tingkat pH, asam humat larut dalam suasana basa, sedangkan humin tidak dapat larut pada semua tingkat pH. Sifat-sifat kelarutan inilah yang dijadikan dasar untuk mengisolasi asam humat dari dua komponen humus lainnya (Salmin, 1988).

2.3.5. Indeks Humifikasi

Indeks humifikasi adalah parameter yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat dekomposisi bahan organik dalam tanah. Humifikasi adalah proses di mana bahan organik (seperti daun, ranting, dan sisa-sisa tanaman) mengalami dekomposisi mikroba dan transformasi kimia menjadi humus, komponen organik tanah yang stabil. Humus sangat penting bagi kesuburan tanah karena meningkatkan struktur tanah, retensi air, dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Indeks humifikasi dapat diidentifikasi salah satunya menggunakan metode spektrofotometri, yaitu dengan mengukur rasio antara absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Misalnya, rasio absorbansi pada 465 nm (A_{465}) dan 665 nm (A_{665}) sering digunakan untuk menentukan indeks humifikasi (Stevenson, 1994 ; Schnitzer, 1982)

2.4. Karakterisasi Senyawa Humat

Senyawa humat terbentuk akibat proses dekomposisi lanjutan dimana material bahan organik lebih disederhanakan hingga membentuk humus. Humus menjadi bahan utama dalam terbentuknya senyawa humat yang berasal dari bahan organik tanah. Komponen humus yakni banyak terdiri dari asam-asam organik, salah satunya adalah asam humat. Menurut Tan (2014), fraksi senyawa humat tanah terbagi atas asam humat, asam fulvat dan senyawa humin yakni bagian yang tidak larut dan lembab.

2.4.1. Total Kemasaman dan Gugus Fungsional

Menurut Alimin (2000) struktur asam humat banyak tersusun oleh gugus-gugus fenolat, karboksilat yang terikat pada cincin aromatik dan kuinon yang dijembatani oleh nitrogen dan oksigen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa asam humat merupakan senyawa aromatic dan alifatik yang mengikat gugus $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ fenolat, $-\text{OH}$ alkoholat, serta memungkinkan gugus kuinon.

Secara kimiawi, asam humat mengandung beberapa unsur kimia di dalamnya. Unsur kimia yang terkandung dalam humat antara lain unsure karbon (C) 40-60 %, oksigen (O) 30-50 %, 1-4 % nitrogen (N), 1-2 % sulfur (S), 0-0,3 % fosfor (P). Kandungan unsur hara dalam asam humat lebih tinggi jika dibandingkan dengan asam fulvat (Gaffney, 1996).

Tabel 2.1. Kandungan unsur dalam asam humat (Humic Acid Substances/HAS)

Unsur	HA-IHSS	Angka literature untuk HAS*	
		Rata-rata	Range
C	44,86	55,50	37,18-64,10
H	4,82	4,80	1,64-8,00
N	2,66	3,60	0,50-7,00
S	0	0,80	0,1-4,88
O	47,66	36,00	27,1-51,98

Sumber : MacCarthy, 1985

Selain kandungan unsur hara, karakteristik asam humat lainnya yakni kemampuan tukar senyawa-senyawa yang diukur melalui total kemasaman. Total kemasaman juga menunjukkan keberadaan gugus fungsional di dalam senyawa humat. Senyawa humat dicirikan memiliki kemasaman total dan gugus karboksil yang lebih rendah jika dibandingkan dengan asam fulvat. Asam fulvat memiliki kandungan karboksilat 2-3 kali lebih tinggi disbanding asam humat (Rahmawati, 2011).

Schnitzer (1994) memaparkan bahwa terdapat enam gugus fungsional yang terkandung dalam substansi humat (Asam Humat dan Asam Fulvat) dengan kandungan gugus senyawa asam organik yang berbeda di setiap gugus fungsionalnya. Keasaman total pada asam humat yaitu sebesar 670 cmol/kg sementara untuk kandungan dalam asam fulvat yaitu sebesar 1130 cmol/kg. Untuk gugus aromatic (COOH) pada asam humat yaitu sebesar 360 cmol/kg sedangkan

untuk asam fulvat yaitu sebesar 820 cmol/kg. Kandungan gugus fenolik (OH fenolat) pada asam humat dan asam fulvat memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 310 cmol/kg. Kandungan gugus OH Alkoholat pada asam humat sebesar 260 cmol/kg sedangkan pada asam fulvat sebesar 500 cmol/kg. Untuk gugus kuinon dan keton yang terkandung pada asam humat yaitu sebanyak 290 cmol/kg sedangkan pada asam fulvat sebanyak 270 cmol/kg. Terakhir yaitu gugus OCH_3 yang terkandung pada asam humat dan asam fulvat lebih sedikit, yaitu pada asam humat sebanyak 60 cmol/kg sedangkan pada asam fulvat sebanyak 80 cmol/kg.

2.4.2. Rasio Warna E4/E6

Karakteristik lain dari senyawa humat yakni rasio warna E4/E6. Rasio ini diukur dengan menggunakan alat spektrofotometri untuk mencari perbandingan panjang gelombang absorben. Rasio warna atau absorbansi dari larutan asam humat pada panjang gelombang 465 dan 665 nm menjadi tujuan dalam karakterisasi asam humat. Schnitzer dan Khan (1972), mengemukakan bahwa rasio E4/E6 memberikan informasi mengenai konsentrasi material humat yang berasal dari beragam ekstrak humat tanah. Perbandingan E4/E6 ini juga dipercaya sebagai penciri tingkat kondensasi dari gugus aromatic karbon (Kononova, 1966).

Rasio E4/E6 mencirikan tingkat konsentrasi gugus aromatic dan gugus alifatik yang ada dalam senyawa humat. Apabila nilai rasio E4/E6 kecil hal ini mencirikan bahwa dominasi gugus aromatic lebih tinggi, sedangkan jika nilai rasio besar maka struktur senyawa humat akan lebih banyak didominasi oleh gugus alifatik (Chen, *et al.*, 1977). Penciri ini bisa dikatakan sebagai index humifikasi, nilai rasio warna ≥ 7 menunjukkan kandungan fulvat. Sedangkan nilai rasio warna 3-5 atau yang lebih rendah menunjukkan kandungan humat yang tinggi. Sehingga Tan (2014), mengatakan bahwa nilai rasio yang lebih rendah merupakan tingkat humifikasi yang lebih tinggi.