

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sifat dan Ciri Tanah Ultisol

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Subagyo dkk., 2004). Tanah Ultisol yaitu tanah yang memiliki kemasaman kurang dari 5,5 sesuai dengan sifat kimia, komponen kimia tanahnya yang berperan terbesar dalam menentukan sifat dan ciri tanah umumnya pada kesuburan tanah. Nilai pH yang mendekati minimum dapat ditemui sampai pada kedalaman beberapa cm dari batuan yang utuh (belum melapuk).

Tanah Ultisol umumnya mempunyai nilai kejenuhan basa < 35%, karena batas ini merupakan salah satu syarat untuk klasifikasi Tanah Ultisol menurut *Soil Taxonomy*. Beberapa jenis Tanah Ultisol mempunyai kapasitas tukar kation < 16 cmol kg<sup>-1</sup> liat, yaitu Ultisol yang mempunyai horizon kandik. Reaksi Tanah Ultisol pada umumnya masam hingga sangat masam (pH 5–3,10), kecuali Tanah Ultisol dari batu gamping yang mempunyai reaksi netral hingga agak masam (pH 6,80–6,50) (Hermawan dkk., 2014). Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada Tanah Ultisol dari granit, sedimen, dan tufa tergolong rendah masing-masing berkisar antara 2,90–7,50 cmol kg<sup>-1</sup>, 6,11–13,68 cmol kg<sup>-1</sup>, dan 6,10–6,80 cmol kg<sup>-1</sup>,

sedangkan yang dari bahan volkan andesitik dan batu gamping tergolong tinggi ( $>17 \text{ cmol kg}^{-1}$ ) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Tekstur Tanah Ultisol bervariasi dan dipengaruhi oleh bahan induk tanahnya.

Tanah Ultisol dari granit yang kaya akan mineral kuarsa umumnya mempunyai tekstur yang kasar seperti liat berpasir. Sedangkan Tanah Ultisol dari batu kapur, batuan andesit, dan tufa cenderung mempunyai tekstur yang halus seperti liat dan liat halus (Subardja, 1986).

Warna tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain bahan organik yang menyebabkan warna gelap atau hitam, kandungan mineral primer fraksi ringan seperti kuarsa dan plagioklas yang memberikan warna putih keabuan, serta oksida besi seperti goethit dan hematit yang memberikan warna kecoklatan hingga merah. Makin coklat warna tanah umumnya makin tinggi kandungan goethit, dan makin merah warna tanah makin tinggi kandungan hematit (Eswaran dan Sys, 1970).

Ultisol merupakan tanah masam yang telah mengalami pencucian basa-basa yang intensif dan umumnya dijumpai pada lingkungan dengan drainase baik.

Kondisi tersebut sangat menunjang untuk pembentukan mineral kaolinit.

Namun, dominasi kaolinit tersebut tidak mempunyai kontribusi yang nyata pada sifat kimia tanah, karena KTK kaolinit sangat rendah, berkisar

$1,20\text{--}12,50 \text{ cmol kg}^{-1}$  (Briendly dkk., 1986). Mineral liat lainnya yang sering dijumpai adalah haloisit dan gibsit (Subagyo dkk., 2004).

Tanah Ultisol memiliki kapasitas jerapan P tinggi yang dapat disebabkan oleh tingginya kandungan ion  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ , Fe-oksida, dan mineral liat. Bentuk Fe di dalam tanah antara lain disebut dengan konkresi besi. Di tanah masam seperti Tanah Ultisol keberadaan konkresi besi lebih banyak ditemukan. Konkresi besi dapat menyebabkan tingginya daya jerap tanah. Semakin banyak keberadaan konkresi besi maka semakin tinggi kekuatan tanah untuk menyerap unsur hara seperti fosfor. Sehingga menyebabkan fosfor tidak tersedia bagi tanaman.

## **2.2 Ketersediaan Fosfor dalam Tanah**

Fosfor merupakan unsur hara makro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, tetapi kadarnya dalam tanaman lebih rendah dari nitrogen, kalium, dan kalsium. Fosfor dinilai lebih penting dari kalsium dan juga kalium. Di Indonesia masalah kekurangan fosfor menempati tempat kedua setelah nitrogen dan urutan kebutuhan pupuk terutama di lahan kering (Leiwakabessy, 1988).

Secara garis besar, fosfor tanah dibedakan menjadi fosfor organik dan anorganik. Fosfor masuk ke dalam tanah melalui proses adsorpsi oleh tanaman dan jasad renik. Ketersediaan fosfor anorganik juga ditentukan oleh faktor dari pH tanah, ion Fe, Al, dan Mn larut, atau adanya mineral yang mengandung Fe, Al, dan Mn. Ketersediaan unsur P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tingkat kemasaman tanah, yaitu apabila kemasaman tanah tinggi maka misel tanah larut lebih banyak sehingga cenderung untuk mengikat fosfat. Dan diketahui bahwa ketersediaan fosfat sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu pH tanah, ion Fe, Al, Mn larut, ketersediaan Ca, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik, kegiatan

jasad renik, dan faktor tersebut kesemuanya sangat bergantung pada kemasaman tanah (Kuswandi, 1993).

Tingkat keasaman (pH), bahan organik tanah, dan bahan induk dapat mempengaruhi ketersediaan P dalam tanah. Tanah di Indonesia umumnya bersifat masam, dimana kelarutan unsur Fe, Al yang tinggi dan mengikat P menjadi senyawa Al-P dan Fe-P yang bentuknya tidak tersedia. Selain itu bahan organik tanah juga mempengaruhi ketersediaan P karena apabila jumlah bahan organik dalam tanah rendah, maka ketersediaan P juga menjadi rendah, karena bahan organik merupakan salah satu penyumbang P. Bahan organik juga menghasilkan senyawa organik yang dapat meningkatkan ketersediaan P dengan membentuk senyawa kelat. Sedangkan bahan induk merupakan sumber P yang alami, karena bahan induk merupakan pembentuk tanah (Tan, 1982).

Fosfat di dalam tanah terdapat dalam bentuk fosfat anorganik dan fosfat organik. Bentuk anorganiknya berupa senyawa-senyawa Ca-fosfat, Fe-fosfat dan Al-fosfat. Fosfat organik mengandung senyawa-senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroba dan tersusun dari asam nukleat, fosfolipid dan fitin. Materi organik yang berasal dari sampah tanaman mati dan membusuk kaya akan sumber-sumber fosfat organik (Kusumastuti, 2014).

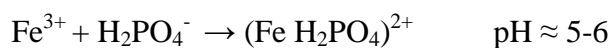
### **2.3 Pengaruh Besi dan Bahan Organik terhadap Jerapan Fosfor**

Di dalam tanah, bentuk besi dapat berbentuk konkresi besi. Konkresi adalah konsentrasi lokal berbagai senyawa kimia Fe maupun Mn yang berbentuk butir-butir atau batang-batang keras. Bentuk, besar dan warnanya berbeda-beda

tergantung susunan kimianya. Konkresi Fe dan Mn merupakan campuran bahan-bahan tanah yang direkatkan oleh akumulasi oksida-oksida Fe dan Mn berwujud konkresi dalam bentuk bundar atau lonjong yang padat dan keras sebesar 0,05-20 mm. Terbentuk karena adanya reaksi reduksi dan oksidasi secara bergilir akibat turun naiknya permukaan air tanah makin merah warna konkresi makin besar kadar Fe-nya sedangkan makin hitam maka makin tinggi kadar Mn-nya. Seringkali konkresi terdapat sebagai sisipan dalam horizon yang mengalami gleisasi (Darmawijaya, 1997).

Tanah yang berkapasitas jerapan P tinggi yang disebabkan oleh tingginya kandungan ion  $Al^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ , Al-oksida, dan mineral liat terdapat pada Tanah Ultisol (Sanchez, 1976). Mekanisme jerapan P oleh senyawa tersebut terjadi melalui reaksi pertukaran anion, yaitu lepasnya anion  $OH^-$  ke larutan tanah setelah terjadinya pengikatan anion P.

Tanah asam dengan  $pH < 5,5$  didominasi oleh kation  $Fe^{3+}$  dan  $Al^{3+}$  yang mengikat anion  $H_2PO_4^-$  dan mengendapkannya sebagai hidroksi Fe-fosfat dan Al-fosfat melalui reaksi (Lindsay, 1979).



Senyawa-senyawa Al-fosfat dan Fe-fosfat semakin tersedia jika keasaman meningkat hingga  $pH \leq 5,5$  dan pada  $pH > 5,5$  kelarutannya berkurang sehingga menyusutkan pengaruh meracuni dan mengurangi kemampuannya dalam mengendapkan fosfat dari larutan tanah (Lopez-Hernandez dkk., 1979).

Pemberian bahan organik ke dalam tanah mampu meningkatkan pH, P-tersedia, dan kation-kation basa dalam tanah dari hasil dekomposisi bahan organik. Hasil dari dekomposisi tersebut menghasilkan asam-asam organik yang mampu menurunkan fiksasi P oleh Al dan Fe bebas, melalui proses pengkelatan Al dan Fe tersebut sehingga P dapat tersedia. Proses pelepasan ikatan P oleh Al dan Fe yang dipengaruhi asam karboksilat hasil dekomposisi bahan organik sehingga P menjadi tersedia (Hairiah dkk., 2006).

Bahan organik, disamping sebagai sumber hara makro dan mikro bagi tanaman juga, mempunyai kaitan erat dengan populasi dan aktivitas biologi tanah. Salah satu ciri penting bahan organik tanah adalah nilai KTK yang tinggi sebagai akibat ionisasi gugus-gugus fungsional seperti karboksil (-COOH), *fenol* (-OH), *enol* (-OH), *quinon* dan *amida* (-NH) (Tan, 1982). Hasil dekomposisi bahan organik berupa asam-asam organik mempunyai kemampuan yang besar untuk mengikat kation melalui ikatan korelasi dan mampu menyelimuti koloida bermuatan positif (Kononova, 1966) dan mampu mendesak P yang telah berada pada kompleks jerapan tanah (Lopez-Hernandez dkk., 1979). Adanya pengaruh positif dari permukaan organik terhadap daya jerap, ketersediaan P didalam tanah perlu dikaji lebih mendalam sehingga efektifitas pemupukan P dapat ditingkatkan.

Bahan organik selain dapat meningkatkan kesuburan tanah juga mempunyai peran penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah. 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.

Asam fulvat berkorelasi positif dengan kadar dan jumlah ion yang tercuci, sedangkan asam humat berkorelasi negatif dengan kadar dan jumlah ion yang tercuci (Subowo dkk., 1990).

## 2.4 Persamaan Langmuir

Persamaan yang sering digunakan oleh beberapa peneliti dalam menentukan jerapan anion dan kation tanah dan bahan-bahan tanah yaitu persamaan Langmuir (Fox dan Kamprath, 1970). Dengan persamaan Langmuir dapat dipelajari jumlah yang terjerap oleh tanah pada keadaan setimbang dengan P dalam larutan tanah.

$$q = kbC / (1+kC) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- q = jumlah P yang dijerap per satuan bobot tanah
- k = konstanta yang berkaitan dengan energy ikatan;
- b = daya jerap P maksimum; dan
- C = konsentrasi P dalam keseimbangan.

Persamaan tersebut diubah menjadi :

$$C/q = 1/kb + C/b \dots\dots\dots (2)$$

Pengeplotan antara C/q (y) dengan C (x) akan menghasilkan garis lurus dengan persamaan regresi  $Y = 1/kb + 1/bX$ . Dari persamaan regresi 1/b tersebut maka nilai b dapat ditentukan. Setelah nilai b diketahui maka nilai k dapat dihitung. Nilai b merupakan jerapan maksimum dan k merupakan nilai konstanta energi ikatan suatu tanah (Syers dkk., 1973).

Persamaan Langmuir dapat digunakan untuk menetapkan jerapan maksimum P (b) dan batas relatif energi ikatan untuk menjerap P (k). Apabila jerapan maksimum P (b) tinggi berarti tingginya jumlah P yang terjerap oleh tanah tersebut, jika

jerapan maksimum  $P$  (b) rendah berarti rendahnya tingkat kemampuan tanah dalam menyerap fosfor. Sedangkan jika konstanta energi ikatan  $P$  (k) tinggi menunjukkan tingginya daya ikat  $P$  dan apabila konstanta energi ikatan (k) rendah menunjukkan rendahnya daya ikat  $P$  pada tanah tersebut.

Menurut Djokosudarjo (1982), persamaan Langmuir didasari oleh beberapa anggapan; (1) tapak jerapan yang terdapat merupakan suatu populasi yang uniform dengan panas jerapan sama (energi) dan tidak terjadi interaksi diantara molekul-molekul yang terjerap, (2) molekul-molekul terjerap adalah terikat (*fixed*) dan tidak berpindah dari bentangan permukaan, (3) jerapan terhenti bila semua tapak jerapan telah terisi yaitu bila molekul terjerap membentuk lapisan tunggal pada permukaan.