

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Penetapan P Tersedia

P tersedia adalah P tanah yang dapat larut dalam air dan asam sitrat. Bentuk P dalam tanah dapat dibedakan berdasarkan kelarutan dan ketersediaannya di dalam tanah, P yang dapat larut dalam air adalah bentuk P yang dapat diserap tanaman. P tersedia dalam tanah dapat dianalisis dengan beberapa metode. Menurut Rahman (2009), metode-metode untuk menganalisis fosfat antara lain: Bray dan Kurtz, Mehlich, dan Olsen yang akan dijelaskan dibawah ini.

2.1.1 Metode Bray dan Kurtz

Metode Bray dan Kurtz P-1 telah terbukti berkorelasi erat dengan respon hasil tanaman pada tanah sangat asam sampai netral. Pada tanah asam, florida dalam larutan ekstraksi Bray dan Kurtz P-1 dapat meningkatkan pelarutan P dari aluminium fosfat dengan cara menurunkan aktivitas Al dalam larutan melalui pembentukan berbagai kompleks Al-F. Florida juga efektif menekan terjadinya adsorpsi P lagi oleh koloid tanah. Sifat asam dari larutan ekstraktan (pH=2,6) juga memberikan kontribusi dalam pelarutan P dari berbagai bentuk ikatan dengan Al, Ca dan Fe (Frank, 1998).

Analisis P-tanah metode Bray dan Kurtz P-1 tidak cocok digunakan untuk: (1) tanah bertekstur liat dengan tingkat kejenuhan basa tinggi. (2) tanah bertekstur

lempung liat berdebu atau tanah bertekstur lebih halus yang berkapur atau memiliki nilai pH tinggi ($\text{pH} > 6,8$) atau memiliki nilai tingkat kejenuhan basa tinggi. (3) Tanah dengan kandungan setara kalsium karbonat $> 7\%$ dari kejenuhan basa, atau (4) Tanah dengan kandungan kapur tinggi ($> 2\% \text{CaCO}_3$).

Pada tanah diatas, terjadi dua reaksi yaitu: reaksi pertama adalah keasaman larutan ekstraksi bisa dinetralkan, kecuali rasio antara larutan ekstraksi dengan tanah ditingkatkan. Reaksi kedua, CaF_2 yang terbentuk dari reaksi antara Ca^{2+} dalam tanah dengan F^- yang ditambahkan dari larutan ekstraksi, dapat bereaksi dengan P tanah dan terbentuk P-tanah immobil. Kedua jenis reaksi tersebut mengurangi efisiensi ekstraksi P, sehingga menghasilkan nilai P tanah yang rendah. Selain itu, larutan ekstraksi Bray dan Kurtz P-1 dapat melarutkan P dari batuan fosfat, sehingga tidak dianjurkan penggunaan metode ini pada tanah yang tinggi kadungan batuan fosfatnya, karena akan diperoleh hasil pengukuran P tanah yang terlalu tinggi (Holford, 1980)

2.1.3 Metode Mehlich

Penetapan P tersedia pada tanah dengan metode Mehlich 1 sangat sesuai untuk menganalisis tanah masam. Kuo (1996) menyatakan bahwa metode Mehlich 1 kurang tepat jika digunakan pada tanah berkapur atau tanah alkalin, karena pada tanah berkapur akan terekstrak sebagian besar P-non labil tanah pada $\text{pH} > 6,5$, tanah ini mengandung batuan fosfat, kapasitas tukar kation (KTK) tinggi, serta berkejenuhan basa tinggi. Pada tanah berkapur atau tanah alkalin, proses pengasaman akibat larutan ekstraksi dari metode Mehlich 1 menjadi ternetralkan, sehingga menurunkan kemampuan larutan asam dalam mengekstraksi P. Hal yang

sama terjadi juga dalam penurunan efisiensi ekstraksi P yang disebabkan liat, aluminium hidroksida, dan besi oksida (Lins dan Cox, 1989).

2.1.2 Metode Olsen

Metode P Olsen merupakan metode yang paling sesuai untuk tanah berkapur, terutama pada tanah-tanah dengan kandungan kalsium karbonat > 2%. Akan tetapi, Fixen and Grove (1990) menyatakan bahwa metode P Olsen cukup efektif juga untuk tanah asam. Metode P Olsen berlandaskan penggunaan HCO_3^- , CO_3^{2-} , dan OH^- pada pH 8,5. Larutan 0,5 M NaHCO_3 yang digunakan akan menurunkan konsentrasi larutan dari Ca^{2+} terlarut dengan terbentuk endapan CaCO_3 . Reaksi-reaksi tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan kelarutan P tanah.

Tabel 1. Ekstraktan P tersedia.

Metode analisis	Larutan ekstraktan	Cocok pada tanah
Bray	NH_4F 0,03 N + HCl 0,025 N	Tanah masam
Mehlich	0,05 M HCl + 0,0125 M H_2SO_4 .	Tanah masam
Olsen	0,5 M NaHCO_3 pH 8,5	Tanah berkapur

Pengukuran larutan P yang telah terekstrak dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer. Spektrofotometer adalah instrument yang digunakan untuk mengukur transmittan pada panjang gelombang warna dengan menggunakan molibdat dan asam askorbat. Ion orthofosfat dan molibdat berkondensasi dalam larutan asam heteropoli untuk menghasilkan asam molibdofosfat heteropoli (asam fosfat molibdat). Asam molibdofosfat yang dihasilkan direduksi dengan hidrazinium sulfat sehingga menghasilkan kompleks warna biru yang dapat larut.

Intensitas warna biru yang mula-mula dimasukkan kedalam heteropoli selektif menghasilkan warna biru. Keuntungan spektrofotometer adalah memberikan cara sederhana untuk menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil dan merupakan metode yang tepat untuk konsentrasi zat terlarut (Bassett, dkk., 1994).

2.2 Sifat dan Ciri Tanah Ultisol

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran terluas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Tanah Ultisol memiliki kemasaman tanah sekitar 3,5—5,5, komponen kimia tanahnya yang berperan terbesar dalam menentukan sifat dan ciri tanah umumnya pada kesuburan tanah. Tanah Ultisol umumnya mempunyai nilai kejenuhan basa < 35%, karena batas ini merupakan salah satu syarat untuk klasifikasi Tanah Ultisol menurut *Soil Taxonomy* (Subagyo dkk., 2004).

Beberapa jenis Tanah Ultisol mempunyai kapasitas tukar kation < 16 cmol kg⁻¹ 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). Kapasitas tukar kation pada Tanah Ultisol dari granit, sedimen, dan tufa tergolong rendah masing-masing berkisar antara 2,90–7,50 cmol kg⁻¹, 6,11–13,68 cmol kg⁻¹, dan 6,10–6,80 cmol kg⁻¹, sedangkan yang dari bahan volkan andesitik dan batu gamping tergolong tinggi (>17 cmol kg⁻¹) (Prasetyo dkk., 2000).

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 kapasitas tukar kation kaolinit sangat rendah, berkisar 1,20–12,50 cmol kg⁻¹. Mineral liat lainnya yang sering dijumpai adalah haloisit dan gibsit (Subagyo dkk., 2004).

2.3 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

fosfor menempati tempat kedua setelah nitrogen dalam urutan kebutuhan pupuk terutama di lahan kering (Leiwakabessy, 1988).

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. Sedangkan fosfor anorganik ditentukan oleh faktor pH tanah, ion Fe, Al, dan Mn larut. (Sutedjo, 1996).

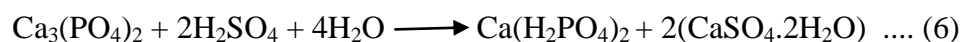
Ketersediaan fosfat sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu pH tanah, ion Fe, Al, Mn larut, ketersediaan Ca, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik. Tingkat keasaman (pH), bahan organik tanah, dan bahan induk dapat mempengaruhi ketersediaan P dalam tanah (Kuswandi, 1993). Tanah di Indonesia umumnya bersifat masam, dimana kelarutan unsur Fe, Al yang tinggi akan mengikat P menjadi senyawa Al-P dan Fe-P yang merupakan bentuk P 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 sumber P yang dapat meningkatkan ketersediaan P. Sedangkan bahan induk merupakan sumber P yang alami, karena bahan induk merupakan pembentuk tanah (Tan, 1982).

2.4 Batuan Fosfat

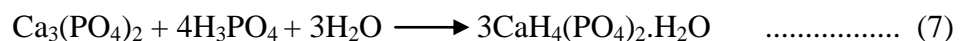
Fosfat alam atau batuan fosfat adalah salah satu sumber P yang bersifat tidak larut dalam air. Batuan ini berasal dari mineral apatit dengan komposisi yang beragam, karena berasal dari batuan beku atau sedimen (Moersidi, 1999).

Fosfat alam adalah salah satu alternatif pupuk sebagai sumber fosfat yang digunakan dengan tujuan menanggulangi kekahatan P dalam tanah. Tepung fosfat alam dapat diaplikasikan secara langsung ke lahan tanpa melalui proses pabrik. Tepung fosfat alam yang diaplikasikan ke lahan secara langsung dengan tujuan untuk menyediakan kebutuhan unsur hara fosfor (P) bagi tanaman akan tidak efektif terutama pada tanah masam karena fosfor dalam batuan fosfat bersifat tidak mudah larut (Wahida dkk., 2007).

Penambahan asam sulfat pada batuan fosfat dapat mengubah ion P menjadi ion H_2PO_4^- merupakan cara pengolahan batuan fosfat.



Husein, dkk., (1998) menyatakan bahwa batuan fosfat mengandung P_2O_5 yang berkadar rendah apabila ditingkatkan pada proses asidulasi dengan menggunakan larutan asam fosfat (H_3PO_4), sehingga reaksi yang terbentuk adalah:

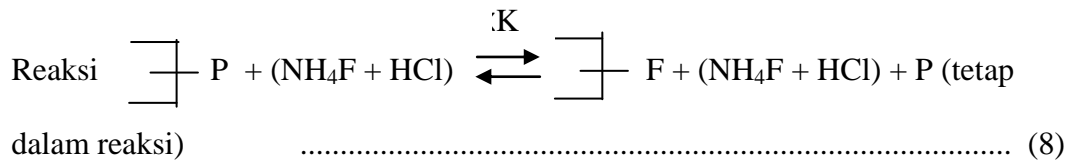


2.5 Perbedaan Kesetimbangan Kimia dan Kinetika Kimia

Pada umumnya, konstanta kesetimbangan (K) ditentukan secara termodinamika.

Berdasarkan konsep ini pada suatu temperatur tertentu, nilai K sama dengan

nisbah antara konsentrasi semua produk dengan pereaksi pada saat reaksi setimbang.



Perubahan nilai K berhubungan dengan energy bebas " ΔG_{rxn} " dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = e^{-\Delta G_{\text{rxn}}/RT} \text{ atau } \Delta G_{\text{rxn}} = -RT \ln K \text{ (P8)}$$

Syarat untuk terjadinya suatu reaksi kimia kearah produk bila energi bebas lebih kecil dari nol ($\Delta G < 0$).

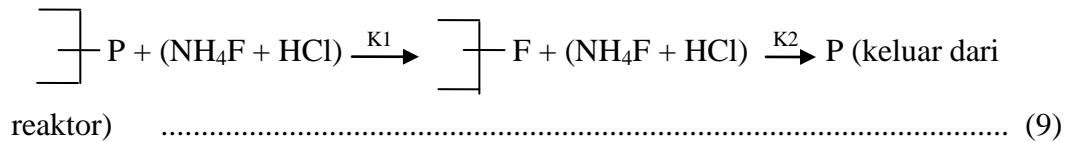
Reaksi kesetimbangan sangat berbeda dengan reaksi kinetika. Konsep termodinamika menyatakan bahwa jika konsentrasi salah satu pereaksi ditambahkan maka kesetimbangan akan bergeser ke arah produk. Tetapi, konsep kinetika menyatakan kecepatan dan mekanisme reaksi yang berhubungan dengan waktu (Patiha, 2013).

Kinetika merupakan bagian ilmu kimia fisika yang mempelajari laju reaksi kimia, faktor-faktor yang mempengaruhinya serta penjelasan hubungannya terhadap mekanisme reaksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi kinetika antara lain konsentrasi, suhu, katalis, dan sifat molekul yang berbentuk ionik-kovalen.

Kinetika disebut juga dinamika kimia, karena adanya gerakan molekul, elemen atau ion dalam mekanisme reaksi dan laju reaksi sebagai fungsi waktu.

Mekanisme reaksi dapat dinyatakan dengan bantuan pengamatan dan pengukuran

besaran termodinamika suatu reaksi, dengan mengamati arah jalannya reaktan maupun produk.



Hal ini berlawanan dari tinjauan termodinamika, dimana dikenal parameter waktu tidak hanya tergantung dari keadaan awal dan akhir (Siregar, 2008).

2.6 Kinetika Kimia

Kinetika kimia adalah ilmu yang mempelajari laju dan mekanisme reaksi, atau seberapa cepat proses reaksi berlangsung dalam waktu tertentu. Kinetika kimia menjelaskan hubungan antara perubahan konsentrasi reaktan (atau produk) sebagai fungsi waktu.

Pada reaksi :



Berlaku : $-1/2 d[\text{A}]/dt = -d[\text{B}]/dt = +1/3 d[\text{C}]/dt = +1/4 d[\text{D}]/dt$, dimana tanda negatif menunjukkan pengurangan jumlah, sedangkan tanda positif menunjukkan peningkatan jumlah (Muhayatun, 2006).

Orde reaksi merupakan jumlah atom atau molekul dari reaktan yang konsentrasinya memiliki peranan penting dalam menentukan kecepatan reaksi. Reaksi berorde satu adalah suatu reaksi dimana kecepataannya tergantung pada pangkat satu dari salah satu reaktan. Sedangkan orde dua adalah suatu reaksi dimana kecepataannya bergantung pada pangkat dua dari salah satu reaktan atau

masing-masing berpangkat satu terhadap reaktan. Secara umum dapat ditulis sebagai berikut :

$$V = k.C_A^a.C_B^b \dots\dots\dots (P10)$$

Orde total dari reaksi dapat dinyatakan : $n=a+b+\dots$ reaksi tersebut dapat dikatakan berorde a terhadap A dan berorde b terhadap B dan seterusnya.

Sedangkan reaksi yang kecepatannya tidak ditentukan konsentrasinya adalah orde nol (Ilim, 1989).

Apabila telah melakukan beberapa penelitian untuk menyelidiki apa yang terjadi dengan laju reaksi dimana konsentrasi dari satu reaktan berubah, maka kita akan mendapatkan :

1. Laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi

Jika kita melipatgandakan konsentrasi, laju reaksi akan berlipat gandapula. Jika konsentrasi ditingkatkan dengan faktor 4, maka laju reaksi pun akan menjadi 4 kali lipat.

2. Jika reaksi berbanding terbalik dengan kuadrat konsentrasi

Jka melipatgandakan konsentrasi dari laju raksi dan bertambah 4 kali lipat (2^2).

Jika konsentrasi dilipatgandakan 3 kali lipat , laju reaksi akan bertambah 9 kali lipat (3^2). Dengan simbol dapat dilambangkan dengan:

$$V= k [A]^2 \dots\dots\dots (P11)$$

Dengan melakukan percobaan yang melibatkan reaksi antara A dan B, didapatkan juga laju raksi yang berhubungan dengan konsentrasi A dan B, dimana persamaan laju reaksinya adalah:

$$V= k[A]^a[B]^b \dots\dots\dots (P12)$$

Dapat dilihat dari persamaan laju reaksi bahwa laju reaksi dipengaruhi oleh pangkat dari konsentrasi A dan B. Pangkat-pangkat ini disebut dengan orde reaksi terhadap A dan B. Jika orde reaksi terhadap A adalah nol (0), berarti konsentrasi dari A tidak mempengaruhi laju reaksi (Ilim, 1989).