

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Kapur

Tanah berkapur adalah tanah yang memiliki kalsium karbonat bebas yang berada di dalamnya. Tanah berkapur mencakup lebih dari 30% dari permukaan bumi dan kandungan Kalsium Karbonatnya bervariasi mulai dari beberapa persen sampai 95% (Hassan, 2012). Tanah berkapur banyak dijumpai di daerah kering dan semi kering serta daerah lembab maupun semi lembab. Pada zona lembab terutama di mana bahan induknya kaya akan  $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat) (Leytem dan Mikkelsen, 2005). Tanah berkapur memiliki reaksi alkali karena keberadaan dari  $\text{CaCO}_3$  yang mendominasi kimia mereka. Karbonat di dalam tanah berkontribusi sebagai pH buffering pada sebagian besar tanah berkapur yaitu pada kisaran 7,5-8,5. Keberadaan  $\text{CaCO}_3$  pada tanah berkapur mempengaruhi sifat fisik mereka seperti ketersediaan air tanah untuk tanaman. Karbonat, baik secara langsung atau tidak langsung, mempengaruhi kimia dan ketersediaan N, P, K, Mg, Zn, Cu, dan Fe (Obraza *et al.*, 1993).

Dalam konteks permasalahan tanah dalam pertanian, tanah berkapur adalah tanah di mana jumlah kalsium karbonat yang tinggi mendominasi masalah yang terkait dengan penggunaan lahan pada pertanian. Tanah kapur dicirikan oleh adanya kalsium karbonat pada material bahan induk, lapisan akumulasi karbonat sekunder (Biasanya Ca atau Mg) lebih dari 15% kalsium karbonat setara dan setidaknya 5% Lebih karbonat dari lapisan dasar (Hassan, 2012). Beberapa peneliti menemukan korelasi yang sangat signifikan antara fiksasi P dan kandungan  $\text{CaCO}_3$ . Kalsium karbonat memainkan peran penting dalam immobilisasi P, dan dicalcium fosfat dikenal sebagai produk awal utama pupuk yang diterapkan ke tanah. Namun, di bawah pH basa dari tanah berkapur, kalsium karbonat mengkonversi senyawa awal tersebut ke bentuk yang kurang larut yaitu kalsium fosfat. (Hassan 2012). Sifat tanah berkapur mengontrol dinamika P di dalam tanah. Tanah berkapur sangat mempertahankan P dan akibatnya terjadi konsentrasi P yang rendah dalam larutan tanah (Hassan, 2012). Luas permukaan spesifik  $\text{CaCO}_3$  mengontrol reaksi fiksasi p pada tanah berkapur. Fosfor menggantikan molekul air yang terserap, ion bikarbonat dan ion hidroksil ketika diserap oleh kalsit. Kekuatan penyerapan

tergantung pada kelarutan senyawa yang terbentuk dengan ion Ca yang ada di permukaan (Celi *et al.*, 2000).

Fosfor adalah unsur hara utama dan diperlukan untuk menjaga pasokan optimal dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Tanah mungkin berisi beberapa ratus hingga ribuan pon fosfat per acre. Namun, banyak fosfat dalam tanah tidak tersedia bagi tanaman. Tanah berkapur yang bersifat alkalin mempertahankan fosfor sebagai senyawa kalsium yang lebih tinggi dari kelarutan rendah melalui reaksi kimia dengan unsur tanah, terutama Ca dan kapur bebas yang ada di dalam tanah sehingga menyebabkan hilangnya unsur hara ini (Hassan, 2012). Sifat-sifat tanah yang berkontribusi pada mobilisasi mineral P dari sumber organik yang berbeda adalah tekstur tanah, tingkat  $\text{CaCO}_3$ , tingkat pH dan kandungan bahan organik. Apabila kemasaman makin rendah (pH makin tinggi) ketersediaan P juga akan berkurang oleh fiksasi Ca dan Mg yang banyak pada tanah-tanah alkalin. P sangat rentan untuk diikat baik pada kondisi masam maupun alkalin. Semakin lama antara P dan tanah bersentuhan, semakin banyak P terfiksasi. Tanah berkapur dianggap sebagai tanah dengan daya fosfat-immobilising yang besar. Reaksi fosfat dengan permukaan kalsit melibatkan adsorpsi pada konsentrasi rendah fosfat diikuti oleh pengendapan kalsium fosfat pada tingkat yang lebih tinggi. Proses penyerapan tergantung pada spesifik permukaan  $\text{CaCO}_3$ , yang terkait dengan distribusi ukuran partikel, daripada jumlah total  $\text{CaCO}_3$  (Celi *et al.*, 2000).

Kalsium bereaksi dengan P dalam tanah untuk membentuk kalsium fosfat ( $\text{CaPO}_4$ ) mengendap. Pada tanah alkali dan tanah berkapur, kalsium umumnya merupakan faktor yang paling berpengaruh untuk mengikat P dan mengurangi ketersediaannya untuk penyerapan. Waktu juga memainkan peran utama dalam pembentukan Ca-P yang mengendap di dalam tanah. Penelitian telah menunjukkan bahwa P menjadi kurang tersedia seiring berjalannya waktu pada tanah yang kaya akan Ca. Maka dari itu harus dilakukan analisis tanah setiap tahunnya untuk mengetahui kandungan P pada tanah (Leytem dan Mikkelsen, 2005). Efek yang dihasilkan dari rendahnya kelarutan P dalam tanah alkalin dan berkapur adalah rendahnya efisiensi pemupukan P. Akibatnya tanaman tumbuh dalam kondisi kekurangan P. Gejala defisiensi yaitu adanya warna gelap dari jaringan daun,

meskipun lebih umum untuk mengamati kehilangan hasil tanpa melihat gejala (Hopkins *et al.*, 2005).

## 2.2 Pupuk Hayati

Pupuk hayati adalah produk yang mengandung sel-sel hidup dari berbagai jenis mikroorganisme, yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi elemen penting gizi dari tidak tersedia untuk bentuk tersedia melalui proses biologi. Pupuk hayati telah muncul sebagai komponen penting dari program pengelolaan nutrisi tanaman terpadu yang berpotensi besar untuk meningkatkan hasil panen melalui pasokan unsur hara yang lebih baik (Wu *et al.*, 2005). Kelompok mikroba yang sering digunakan dalam pupuk hayati adalah mikroba-mikroba yang dapat menambat N dari udara, mikroba yang melarutkan hara P dan K. Kelompok mikroorganisme tersebut adalah *Rhizobium* sp., *Azospirillum* sp., dan *Azotobacter* sp., berfungsi untuk menambat nitrogen, sedangkan *Aspergillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Lactobacillus* sp. berfungsi untuk melarutkan fosfat (Purwanti *et al.*, 2014). Semakin tinggi populasi mikroba tanah semakin tinggi aktivitas biokimia dalam tanah dan semakin tinggi indeks kualitas tanah. Kelimpahan mikroorganisme dapat dijadikan indikator kesehatan tanah karena memiliki respon yang sensitif terhadap praktek pengelolaan lahan, iklim, dan berkorelasi baik terhadap produksi tanaman (Antralina *et al.*, 2016).

Menurut Rahni, (2012) bahwasanya mikroba sebagai pupuk hayati membantu ketersediaan hara P, hara N dan mempercepat dekomposisi bahan organik. Mikroba pelarut P pada pupuk hayati juga berfungsi meningkatkan ketersediaan unsur P pada tanah. Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002), fosfor merupakan senyawa penyusun jaringan tanaman seperti asam nukleat, fosfolipida, dan fitin. Unsur P ini diperlukan untuk pembentukan primordia bunga dan organ tanaman untuk reproduksi. Pupuk hayati mampu meningkatkan efisiensi serapan hara, memperbaiki pertumbuhan dan hasil serta diyakini meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit (Rusdy, 2010).

Aplikasi pupuk hayati yang mengandung berbagai macam bakteri seperti bakteri pengikat N, bakteri pelarut P, dan bakteri pelarut K dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung (Wu *et al.*, 2005). Selain itu pupuk hayati dapat digunakan sebagai agen biokontrol yang tidak berbahaya bagi proses ekologi dan lingkungan.

### 2.3 Pupuk Fosfor (P) Pada Tanaman

Peranan P bagi Tanaman Fosfor merupakan salah satu komponen unsur hara makro yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Peran utama P adalah membantu perkembangan tanaman khususnya akar tanaman. Hara P merupakan penyusun dari senyawa-senyawa tanaman seperti enzim dan protein serta komponen struktural bahan pembentuk Ribonucleic Acid (RNA) dan Deoxyribonucleic Acid (DNA). Selain itu, P dapat berperan dalam proses metabolisme tanaman yaitu dalam penyimpanan dan pemindahan energi melalui transformasi Adenosin Di Phosphate (ADP) ke Adenosin Tri Phosphate (ATP). Sumber unsur hara P antara lain pupuk SP-18, RP (Rock Phosphat), dan SP-36. Unsur P diserap oleh tanaman dalam bentuk  $H_2PO_4$  dan  $HPO_4^{2-}$  (Hardjowigeno, 2007). Menurut Mangoensoekarjo (2007) jika pada tanaman memiliki P yang rendah dan menggunakan pupuk yang tidak memenuhi standar, maka akan memberikan dampak yang buruk bagi efisiensi unsur hara lain dan mengakibatkan pertumbuhan serta produksi menurun. Kendala umum dari pemupukan P pada tanaman adalah rendahnya efisiensi P di dalam tanah. Alasan yang terkait dikemukakan Mangoensoekarjo (2007) bahwa rendahnya tingkat efisiensi tersebut karena P tergolong ke dalam unsur hara yang lambat untuk berdifusi ke arah akar. Tanaman yang mengalami kekurangan hara P dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan, perakaran yang berkembang tidak baik, serta daun tua yang rontok.

### 2.4 Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu bahan pangan yang penting di Indonesia karena jagung merupakan sumber karbohidrat kedua setelah beras. Di samping itu, jagung juga merupakan bahan baku industri dan pakan ternak. Kebutuhan jagung di Indonesia untuk konsumsi meningkat sekitar 5,16% per tahun sedangkan untuk kebutuhan pakan ternak dan bahan baku industri naik sekitar 10,87% per tahun (Ekowati *et al.*, 2014).

Secara umum jagung mempunyai pola pertumbuhan yang sama, namun interval waktu antar tahap pertumbuhan dan jumlah daun yang berkembang dapat berbeda. Pertumbuhan jagung dapat dikelompokkan ke dalam tiga tahap yaitu (1) fase perkecambahan, saat proses imbibisi air yang ditandai dengan pembengkakan biji sampai dengan sebelum munculnya daun pertama; (2) fase pertumbuhan

vegetatif, yaitu fase mulai munculnya daun pertama yang terbuka sempurna sampai tasseling dan sebelum keluarnya bunga betina (silking), fase ini diidentifikasi dengan jumlah daun yang terbentuk; dan (3) fase reproduktif, yaitu fase pertumbuhan setelah silking sampai masak fisiologis (Subekti *et al.*, 2007).

Kebutuhan hara pada tanaman jagung antara lain : Sedikit N, P, dan K diserap tanaman pada pertumbuhan fase 2, dan serapan hara sangat cepat terjadi selama fase vegetatif dan pengisian biji. Unsur N dan P terus-menerus diserap tanaman sampai mendekati matang, sedangkan K terutama diperlukan saat silking. Sebagian besar N dan P dibawa ke titik tumbuh, batang, daun, dan bunga jantan, lalu dialihkan ke biji. Sebanyak 2/3-3/4 unsur K tertinggal di batang. Dengan demikian, N dan P terangkut dari tanah melalui biji saat panen, tetapi K tidak. (Subekti *et al.*, 2007).

Menurut Margaretha *et al.*, (2004), tanaman jagung untuk dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal memerlukan cukup hara utamanya N, P, dan K. Jagung membutuhkan pupuk nitrogen terbanyak setelah padi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk nitrogen, tanaman jagung tidak akan mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Untuk mempertahankan kesuburan tanah yang cukup dan berimbang, diperlukan pemberian pupuk. Tanaman jagung mengadsorpsi P dalam jumlah relatif sedikit daripada absorpsi hara N dan K. Pola akumulasi P tanaman jagung hampir sama dengan akumulasi hara N. Pada fase ini pertumbuhan akumulasi P sangat lambat, namun setelah 4 minggu meningkat dengan cepat. Konsentrasi P dalam daun terus menurun dengan waktu, konsentrasi P dalam batang cukup besar dan hara P terdapat dalam biji (Fathan *et al.*, 1988).

### **2.5 Peranan Unsur Hara P Pada Tanaman Jagung**

Sumber utama P larutan tanah dapat berasal dari pelapukan batuan induk dari proses mineralisasi (P anorganik) bentuk P anorganik ini sebagian besar berkombinasi dengan Al, Fe, Ca, dan juga berikatan dengan liat membentuk kompleks fosfat liat tidak larut, sehingga banyak tidak tersedia bagi tanaman. Pupuk yang banyak digunakan untuk pupuk P adalah TSP dan SP-36 (Novriani, 2010).

Fosfor (P) termasuk unsur hara makro yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, namun kandungannya di dalam tanaman lebih rendah dibanding nitrogen (N), dan kalium (K). Tanaman menyerap P dari tanah dalam

bentuk ion fosfat, terutama  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  yang terdapat dalam larutan tanah. Ion  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  lebih banyak dijumpai pada tanah yang lebih masam, sedangkan pada pH yang lebih tinggi ( $>7$ ) bentuk  $\text{HPO}_4^{2-}$  lebih dominan. Di samping ion-ion tersebut, tanaman dapat menyerap P dalam bentuk asam nukleat, fitin, dan fosfohumat (Hanafiah KA, 2007).

Sebagian besar tanaman dapat mengambil P yang diberikan dari pupuk sebesar 10 hingga 30% dari total P yang diberikan selama tahun pertama pemupukan, berarti 70-90% pupuk P tetap berada di dalam tanah. Besarnya kemampuan tanah tanaman memanfaatkan P dipengaruhi oleh pH tanah, tipe liat, temperatur, bahan organik, dan waktu aplikasi. pH tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan P tanah. Pada tanah masam, P bersenyawa dalam bentuk-bentuk Al-P dan Fe-P, sedangkan pada tanah bereaksi basa umumnya P bersenyawa sebagai Ca-P. Adanya pengikatan-pengikatan P tersebut menyebabkan pupuk P yang diberikan menjadi tidak efisien, sehingga perlu diberikan dalam takaran tinggi (Novriani, 2010).

Unsur hara P pada masa vegetatif sangat banyak dijumpai pada pusat-pusat pertumbuhan karena unsur hara ini bersifat mobil sehingga bila kekurangan P maka unsur hara langsung di translokasikan pada bagian daun muda, sedangkan pada masa generatif unsur hara P banyak dialokasikan pada proses pembentukan biji atau buah tanaman. Fungsi dari unsur P pada awal pertumbuhan sudah terlihat, dari hasil penelitian kecambah tanaman jagung menunjukkan bahwa tanaman yang ditanam pada lingkungan cukup P mempunyai distribusi perakaran yang baik dibandingkan dengan tanaman yang kurang P. Aspek penting peran P dalam meningkatkan kesuburan tanah adalah serapan P oleh tanaman selama periode kekurangan air, karena sebagian besar P yang diserap oleh tanaman melalui proses difusi, sehingga kekurangan air akan menurunkan serapan P pada tanaman jagung. Tetapi hal ini bisa diatasi dengan pemberian P yang tinggi. (Novriani, 2010).