

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Unsur Hara P

2.1.1 Ketersediaan Hara P dalam Tanah

Sumber fosfat dalam tanah dapat berbentuk P-anorganik dan P-organik. Fosfat anorganik berasal dari mineral tanah yang mengandung fosfat. Fosfat organik dihasilkan dari dekomposisi bahan organik yang mentranslokasikan P dari larutan tanah. Unsur P organik memerlukan proses mineralisasi terlebih dahulu agar dapat diserap tanaman (Rosmarkam dan Yuwono, 2012). Fosfat organik berasal dari hewan dan tumbuhan yang mati dan diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik, sedangkan senyawa fosfat anorganik umumnya berasal dari air tanah dan mineral tanah sendiri. Senyawa P-anorganik dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu Besi fosfat (FePO_4), aluminium fosfat (AlPO_4), dan kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (Hakim dkk., 1986).

Kelarutan senyawa fosfor anorganik secara langsung mempengaruhi ketersediaan P untuk pertumbuhan tanaman. Kelarutan P dipengaruhi oleh pH tanah, yaitu pada pH 6-7 untuk tanaman. Jika pH dibawah 6, maka fosfor akan terikat oleh Fe dan Al. Ketersediaan fosfor umumnya rendah pada tanah asam dan basa. Pada tanah dengan pH diatas 7, maka fosfor akan diikat oleh Mg dan Ca (Mallarino, 2000).

Tingkat kelarutan akan menentukan kualitas fosfat alam yang akan digunakan secara langsung sebagai pupuk. Kehalusan atau ukuran butir pupuk akan mempengaruhi penyerapan senyawa fosfat pada tanaman. Makin halus ukuran butir, maka kelarutannya makin tinggi. Beberapa pupuk fosfat alam kelarutannya ditentukan oleh sifat reaktivitas kimianya. Oleh karena itu, fosfat alam tidak sesuai jika diaplikasikan pada tanah yang bereaksi netral hingga alkalis (Hakim dkk., 1986).

Umumnya, tanah di Lampung merupakan tanah ultisol yang memiliki kadar kalsium (Ca) rendah sehingga aplikasi fosfat alam efektif meningkatkan ketersediaan P tanah bagi tanaman. Kadar Ca yang tinggi dalam tanah akan menghambat kelarutan fosfat alam, sedangkan tanah yang memiliki kadar Ca rendah akan mendorong pelarutan fosfat secara terus menerus. Jenis tanaman mempengaruhi serapan P dari tanah dengan proses metabolisme perakaran yang mengeluarkan eksudat berupa asam-asam organik menyebabkan daerah sekitar perakaran menjadi masam sehingga menstimulasi kelarutan pupuk fosfat alam dalam tanah (Balai Penelitian Tanah, 2012).

Ketersediaan fosfor tanah untuk tanaman sangat dipengaruhi oleh sifat danciri tanah itu sendiri. Pada ultisol, tidak tersedia dan tidak terlarutnya P disebabkan fiksasi oleh mineral-mineral liat dan ion-ion Al dan Fe yang membentuk senyawa kompleks yang tidak larut. Ada beberapa faktor yang turut mempengaruhi ketersediaan P tanah, yaitu tipe liat, pH tanah, waktu reaksi, temperatur, dan bahan organik tanah (Foth, 1994).

Fosfor diserap tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^- atau tergantung dari nilai pH tanah. Fosfor sebagian besar berasal dari pelapukan batuan mineral alami, sisanya berasal dari pelapukan bahan organik. Walaupun sumber fosfor di dalam tanah mineral cukup banyak, tanaman masih bisa mengalami kekurangan fosfor. Fosfor lebih mudah larut pada tanah yang memiliki pH rendah (masam), sebaliknya pada tanah dengan pH tinggi, kelarutannya menurun. Oleh karena itu, fosfor tidak sesuai diaplikasikan pada tanah yang alkalis. Kadar Ca yang tinggi dalam tanah akan menghambat kelarutan fosfor. Umumnya, P sukar tercuci oleh air hujan maupun air irigasi disebabkan karena P bereaksi dengan ion dan membentuk senyawa yang tingkat kelarutannya rendah. Bahkan sebagian menjadi ion yang tidak tersedia untuk tanaman atau terfiksasi oleh senyawa lain (Rosmarkam dan Yuwono, 2012).

2.1.2 Peranan Fosfor dalam Tanaman

Fosfor diserap oleh tanaman dan didistribusikan ke dalam sel tanaman. Kadar fosfor paling tinggi terdapat pada bagian produksi tanaman. Biji harus mengandung cukup fosfor dan hara makro lainnya sampai akarnya tumbuh dan mampu menyerap hara dalam tanah. Semua kebutuhan fosfor tanaman diambil dari tanah sebagai P-organik dan P-anorganik dan P yang terdapat dalam larutan tanah. Bentuk anorganik P yang membentuk ikatan dengan Ca, Fe, Al, dan F sedangkan bentuk organik berupa senyawa-senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroorganisme dan tersusun dari asam nukleat, fosfolipid dan fitin (Rao, 1994). Bentuk-bentuk organik di dalam tanah hampir sama dengan bentuk-bentuk yang ada dalam tanaman. Bentuk anorganik hampir seluruhnya dalam

bentuk Al-P dan Fe-P pada tanah masam, serta Ca-P untuk tanah alkali. Didalam tanaman fosfor Sumber Pupuk bereaksi dengan karbon, hidrogen, oksigen dan hara lainnya untuk membentuk molekul organik yang kompleks (Leiwakabessy, 1988).

2.2 Batuan Fosfat Alam (BFA)

Batuan Fosfat alam merupakan bahan penambah unsur P dalam tanah yang berasal dari proses geokimia terjadi secara alami dan biasa disebut deposit batuan fosfat.

Berdasarkan pada komposisi mineralnya batuan sedimen fosfat dapat dibedakan atas fosfat-Ca, fosfat Ca-Al-Fe dan fosfat Fe-

Al. Ketiga jenis fosfat tersebut merupakan suatu pelapukan dengan fosfat Fe-Al adalah yang paling lapuk (Sastramihardja, 2009). Berdasarkan proses pembentukannya fosfat alam dapat dibedakan menjadi tiga (Sedyarso, 1999) yaitu:

1. Fosfat primer, terbentuk dari pembekuan magma alkali yang mengandung mineral fosfat apatit. Terutama *fluorapatit* $\{Ca_5(PO_4)_3F_2\}$ dalam keadaan murni mengandung 42 % P_2O_5 dan 3,8 % F_2 . Apatit dapat dibedakan atas *chlorapatite* $\{3Ca_3(PO_4)_2CaCl_2\}$ dan *fluorapatite* $\{3Ca_3(PO_4)_2CaF_2\}$.
2. Fosfat sedimen, merupakan endapan fosfat sedimen yang terendapkan di laut dalam. Endapan laut terbentuk dari hasil penguraian berbagai kehidupan yang ada di laut, atau akibat erosi mineral-mineral yang mengandung fosfat oleh aliran sungai yang kemudian dibawa ke laut dan masuk ke dalam urat-urat batugamping. Akibat adanya peristiwa geologi, endapan akan terangkat dan membentuk daratan.

3. Fosfat guano, merupakan hasil akumulasi sekresi hewan-hewan darat, burung pemakan ikan dan kelelawar yang terlarut dan bereaksi dengan batugamping karena pengaruh air hujan dan air tanah.

Batuan fosfat alam dapat diaplikasikan secara langsung maupun tidak langsung. Ketersediaan P dari BFA yang digunakan secara langsung (pupuk alami) sangat lambat karena kelarutannya rendah. Ketersediaan P dari BFA yang digunakan berupa pupuk buatan seperti TSP dan SP-36 dapat dengan cepat menyediakan unsur P karena diproduksi melalui asidulasi (Adiningsih, 1998). Penggunaan batuan BFA pada tanah masam yang diaplikasikan secara langsung tidak efektif untuk menyediakan unsur P karena fosfor tidak larut dan tersedia bagi tanaman. Karena itu perlu dilakukan pelarutan BFA untuk melepas P dari trikalsium fosfat (tidak larut) menjadi monokalsium fosfat (larut) dalam air dengan penambahan asam sulfat (Wahida dkk., 2007).

Selain itu

untuk meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dalam mengatasi rendahnya fosfat tersedia di dalam tanah adalah dengan memanfaatkan kelompok mikroorganisme pelarut fosfat, yaitu mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat tidak tersedia menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Mikroorganisme pelarut fosfat terdiri atas bakteri, fungi, dan sedikit aktinomiset (Rao, 1994).

2.3 Pupuk Fosfat super

Pupuk Fosfatsuper merupakan pupuk yang dibuat dari batuan fosfat dengan pelarut limbah cair industri. Pupuk tersebut dikembangkan oleh penelitian Niswati dkk (2014) yang menambahkan bahan limbah cair terbaik untuk pelarut P dari batuan fosfat adalah limbah cair tahu. Berdasarkan penelitian Aini (2013) bahwa batuan fosfat sebelum diberi pelarut asam dan limbah cair tahu memiliki Kelarutan Pyang rendah yaitu sebesar 6,08% P_2O_5 . Untuk meningkatkan kelarutan P yang terdapat di batuan fosfat dapat larut maka dilakukan asidulasi menggunakan pelarut asam kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4 1 N). Penggunaan H_2SO_4 1 N membutuhkan biaya yang tinggi sehingga perlu alternatif pupuk P yang murah, yaitu dengan memanfaatkan limbah cair tahu sebagai pelarut batuan fosfat. Limbah cair tahu memiliki pH yang rendah yaitu 3,76 sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pelarut batuan fosfat. Tetapi kelarutan batuan fosfat masih lebih tinggi dengan menggunakan pelarut H_2SO_4 1 N, sehingga limbah cair tahu perlu dikombinasikan dengan pelarut asam sulfat untuk memperoleh P-larut terbaik. Pupuk Fosfatsuper merupakan campuran antarabatuan fosfat yang *dimixer* dan direndam dengan larutan 85% limbah cair tahu, dan 15% pelarut asam sulfat H_2SO_4 1 N dan diinkubasi selama seminggu. Aini (2013) bahwa pupuk Fosfatsuper memiliki kandungan 10,80% P_2O_5 dengan pH sebesar 7,56.

2.4 Pemupukan

Pemupukan merupakan usaha meningkatkan kesuburan tanah dengan cara menambahkan unsur hara ke dalamnya (Suriatna, 2001). Pemupukan dilakukan karena tidak semua tanah baik untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk dapat mempercepat pertumbuhan dan memperkuat akar pada tanaman, karena pupuk

merupakan makanan bagi tanaman. Upaya dalam meningkatkan keefektifan pemupukan, perlu dilakukan rekomendasi pemupukan dari lembaga penelitian yang mengacu pada konsep 4T yaitu tepat jenis, tepat dosis, tepat cara, dan tepat waktu. Selain itu perlu diperhatikan ukuran butir pada pupuk yang akan digunakan, karena ukuran butir dapat mempengaruhi serapan unsur hara pada tanah maupun pada tanaman sehingga mendapatkan hasil yang tinggi. Semakin halus ukuran butir pupuk, semakin banyak kontak antara pupuk P dan tanah sehingga kelarutannya tinggi (Hakim dkk., 1986).

Peningkatan dosis pupuk NPK susulan akan berpengaruh pada tanaman kedelai terhadap variabel bobot kering brangkasan, umur berbunga, dan hasil benih per hektar. Oleh karena itu perlu diperhatikan karena mempengaruhi ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan selama pertumbuhan vegetatif dan perkembangan generatif tanaman (Bintoro dan Justika, 1978). Pemberian fosfat dalam jumlah yang besar dapat mempengaruhi waktu sehingga berubah menjadi fraksi yang sukar larut (Sarief, 1993). Semakin tinggi dosis yang diberikan sesuai kebutuhan tanaman, maka produksi tanaman semakin meningkat. Penggunaan P terbesar pada kedelai yaitu dimulai pada pembentukan polong hingga 10 hari biji berkembang penuh. Hal ini disebabkan karena P banyak terdapat didalam sel-sel tanaman (Adisarwanto, 2008). Keadaan ini berhubungan dengan fungsi dari P dalam metabolisme sel. Unsur Fosfat dapat menstimulir pertumbuhan dan perkembangan perakaran tanama. Unsur hara yang akan diserap oleh akar ditentukan oleh semua faktor yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara sampai unsur hara tersebut berada di permukaan akar sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan serapan P tanaman (Hanafiah, 2007).

2.5 Kebutuhan Unsur Hara Makro Primer Tanaman Kedelai

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditas pangan penghasil protein nabati yang sangat penting. Umumnya kedelai dikonsumsi dalam bentuk pangan olah seperti: tahu, tempe, kecap, tauco, susu kedelai, dan berbagai bentuk makanan ringan (Damardjati dkk. 2005). Selain itu tanaman ini dikenal sebagai pupuk hijau karena dapat meningkatkan kesuburan tanah. Oleh karena itu kebutuhan kedelai terus meningkat. Salah satu faktor penting untuk pertumbuhan kedelai yaitu dengan pengelolaan unsur hara, antara lain hara makro primer seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) (Purwono dan Heni, 2011).

Umumnya N dalam bentuk senyawa nitrat paling disukai tanaman, tetapi senyawa ini mudah teroksidasi atau mengalami denitrifikasi oleh mikroorganisme tanah membentuk gas nitrogen sehingga ini menimbulkan pemborosan dalam penggunaan pupuk N (Foth, 1994).

Kebutuhan unsur hara Nitrogen pada jaringan daun kedelai yang diambil pada saat berbunga adalah antara 4,26%–5,50% (Kristanto, 2015).

Penambahan awal pupuk N pada tanaman kedelai berkisar 50 – 75 kg ha⁻¹ (Pambudi, 2011).

Diantara tiga unsur hara penting (N, P, dan K), pemberian unsur P sering menunjukkan pengaruh yang nyata pada tanaman kedelai. Hara P pada kedelai dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman,

jumlah cabang dan terutama untuk peningkatan jumlah polong (Pasaribudan Suprpto, (1985). Fosfor dalam tanah bersifat *immobile*, sehingga hara P ini dapat diperoleh tanaman kedelai dari dalam tanah dan dari penambahan pupuk. Unsur hara P pada jaringan daun kedelai yang diambil pada saat berbunga adalah 0,26%–0,50% (Kristanto, 2015). Penggunaan pupuk SP 36 untuk tanaman kedelai berkisar 50 – 100 kg ha⁻¹ (Pambudi, 2013).

Tanaman kedelai memerlukan kalium yang lebih banyak daripada jagung. Unsur hara K pada jaringan daun kedelai yang diambil pada saat berbunga adalah antara 1,71% – 2,50% (Kristanto, 2015). Urutannya tanah di Indonesia cukup kalium, hanya pada tanah yang berpasir kandungan kaliumnya mungkin rendah. Kalium mudah tersedia dalam tanah dengan pH tanah < 5,5. Penggunaan pupuk KCl untuk tanaman kedelai berkisar 100- 150 kg ha⁻¹ (Pambudi, 2013).

Purwono dan Heni (2011) tanaman kedelai akan tumbuh pada pH tanah antara 5,8–7,0. Pertumbuhan tanaman kedelai akan terlambat jika pH tanah kurang dari 5,8 dikarenakan keracunan aluminium. Tanaman kedelai dapat tumbuh dengan curah hujan sekitar 100–400 mm bulan⁻¹. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, tanaman kedelai membutuhkan curah hujan antara 100–200 mm bulan⁻¹.