

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Unsur P merupakan unsur hara makro utama bagi tanaman selain N dan K. Unsur P berperan penting pada proses fotosintesis, metabolisme karbohidrat, dan proses transfer energi dalam tubuh tanaman. Permasalahan utama dari unsur P ini adalah ketersediaannya yang rendah sampai sangat rendah di tanah, karena adanya fiksasi oleh anasir penjerap P seperti Al^{3+} , Fe^{2+} , dan Mn^{2+} (Handayani dan Ernita, 2008). Rendahnya ketersediaan P juga disebabkan sifat batuan fosfat alam yang lambat tersedia (*slow release*) (Hartatik dan Idris, 2008). Karena itu dalam budidaya tanaman modern atau intensif diperlukan pasokan hara P melalui pupuk P.

Batuan fosfat alam (BFA) merupakan bahan penambah unsur P dalam tanah. BFA sebenarnya dapat diaplikasikan langsung ke dalam tanah sebagai pupuk alam maupun secara tidak langsung, yaitu melalui pengolahan di pabrik menjadi pupuk buatan. Ketersediaan P dari pupuk alam sangat lambat karena kelarutan P dari batuan fosfat umumnya rendah (Yusuf, 2011). Fosfat alam mudah larut pada kondisi masam, oleh karena itu sangat sesuai apabila digunakan sebagai sumber pupuk P pada lahan kering masam (Sutriadi dkk., 2008). Pupuk buatan yang diproduksi oleh pabrik dapat dengan cepat menyediakan unsur hara P karena

diproduksi melalui proses asidulasi sebelumnya, sehingga unsur P pupuk buatan cepat larut dalam air. Agar BFA dapat digunakan sebagai pupuk, batuan fosfat alam perlu diolah terlebih dahulu menjadi pupuk yang unsur P-nya larut dalam air dengan persentase yang tinggi.

Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan pupuk fosfat adalah batuan fosfat yang sebenarnya cukup banyak terdapat di Indonesia, tetapi batuan fosfat yang terdapat di Indonesia mempunyai kandungan P_2O_5 yang kurang memenuhi kriteria sebagai bahan baku pembuatan pupuk fosfat industri (Moersidi, 1999 dalam Budi dan Purbasari, 2009), sehingga industri pupuk di Indonesia masih mengimpor bahan baku batuan fosfat yang harganya relatif mahal.

Pupuk fosfat buatan pabrik dibuat menggunakan bahan baku batuan fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) melalui proses asidulasi (Husein dkk., 1998). Asidulasi merupakan proses penambahan *reagent* (pelarut) asam kuat yang mengandung ion H^+ dengan kepekatan tinggi yang dapat menggantikan ion Ca^{2+} yang mengikat unsur P pada batuan fosfat, sehingga unsur P terbebas dan larut dalam air. Asam lemah tidak digunakan dalam proses asidulasi batuan fosfat karena diduga tidak memiliki kepekatan ion H^+ yang dapat mendesak ion Ca^{2+} untuk melepaskan unsur fosfat yang terikat kuat dalam batuan fosfat. Pelarut asam kuat yang umum digunakan oleh pabrik dalam proses asidulasi adalah asam sulfat (H_2SO_4) dan atau asam fosfat (H_3PO_4).

Harga pupuk P buatan berkelarutan P tinggi ini tergolong mahal karena melibatkan pengeluaran biaya dan energi produksi yang tinggi, terutama untuk mengimpor BFA dan pengadaan bahan pelarut asam yang memiliki nilai

ekonomis tinggi dalam proses asidulasi pembuatan pupuk tersebut (Fenster dan Leon, 1979 dalam Mutanubun dkk., 1988), sehingga petani seringkali tidak mampu membeli pupuk P buatan pabrik tersebut. Untuk mengatasi hal itu, maka dibutuhkan solusi agar petani tetap dapat membeli pupuk dengan harga terjangkau dan memiliki kualitas yang sama dengan pupuk P buatan pabrik. Solusi ini dapat dicapai melalui pembuatan pupuk P dengan menggunakan bahan-bahan alternatif seperti penggunaan BFA yang tersedia secara lokal dan penggunaan larutan asam alternative yaitu dengan mendayagunakan limbah cair industri sawit.

Melalui penggunaan BFA lokal dan penggunaan limbah cair industri sawit sebagai pelarut asam dalam penelitian ini, diharapkan dapat menekan biaya produksi pembuatan pupuk P dari bahan baku batuan fosfat alam.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah kelarutan P dari BFA oleh berbagai jenis *reagent* meningkat hingga mencapai maksimal setelah konstanta kesetimbangan reaksi tercapai?
2. Apakah kelarutan P dari BFA yang diasidulasi dengan limbah cair industri sawit tidak berbeda dengan asam asetat (asam lemah), tetapi lebih rendah dibandingkan dengan asam klorida dan asam sulfat (asam kuat)?
3. Apakah kelarutan P dari batuan fosfat asal Selagai Lingga lebih tinggi dibandingkan dengan batuan fosfat asal Sukabumi?
4. Apakah terjadi interaksi antara jenis batuan fosfat, jenis *reagent* asidulan, dan lama inkubasi (perendaman) dalam pelarutan P dari batuan fosfat?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh asidulasi batuan fosfat dari dua lokasi berbeda dengan kandungan P_2O_5 total yang berbeda, dengan menggunakan *reagent* (pelarut) limbah cair industri sawit dan *reagent* asam konvensional seperti asam asetat (CH_3COOH), asam klorida (HCl), dan asam sulfat (H_2SO_4), serta lama inkubasi terhadap kelarutan P dari batuan fosfat.

1.4. Kerangka Pemikiran

Secara umum limbah cair industri sawit merupakan bahan organik, memiliki pH < 4,2, dan mengandung mikroorganisme yang dapat menguraikan senyawa organik dalam limbah cair tersebut (Togatorop, 2009), serta mengandung unsur hara P (Manik, 2000) sehingga dapat meningkatkan kandungan P dalam tanah.

Penambahan bahan organik juga akan mempercepat dan meningkatkan kelarutan batuan fosfat (Noor, 2008).

Limbah cair industri sawit yang digunakan dalam penelitian memiliki pH 3,5. Rendahnya pH pada limbah cair industri sawit sebagian besar disebabkan oleh produksi asam-asam organik yang dihasilkan dari penguraian (dekomposisi) limbah cair sawit oleh mikroorganisme (Ginting, 2007). Asam-asam organik tersebut akan bereaksi dengan ion Ca^{2+} dari BFA membentuk khelat organik yang stabil sehingga P dari BFA dapat larut (Santi dan Goenadi, 2008). Asam-asam organik ini bersifat sebagai asam lemah. pH asam lemah limbah cair industri sawit ini tidak akan sama rendahnya dengan pH asam kuat seperti asam klorida (pH 0,2) dan asam sulfat (pH 0) selama inkubasi.

Pada proses pelarutan batuan fosfat oleh limbah cair sawit dihasilkan pula asam fosfat (H_3PO_4) yang merupakan asam kuat (Takeuchi, 2008). Seiring dengan berjalannya waktu inkubasi, maka kandungan asam fosfat hasil dari pelarutan BFA akan terus meningkat. Meningkatnya kandungan asam fosfat tersebut diduga akan mengakibatkan pH limbah cair akan terus menurun selama inkubasi (perendaman) sehingga kelarutan P terjadi dan akan berlangsung secara *gradual* setara dengan pH *reagent* asam lemah seperti asetat (CH_3COOH). Oleh karena itu, kemampuan pelarutan P dari batuan fosfat oleh limbah cair industri sawit dapat diperbandingkan (*comparable*) dengan potensi pelarutan oleh pelarut asam konvensional seperti asam asetat (CH_3COOH), asam klorida (HCl), dan asam sulfat (H_2SO_4).

Pada proses kelarutan P dari BFA oleh *reagent* (pelarut), terjadi reaksi kesetimbangan. Kesetimbangan adalah proses ketika reaksi bergerak ke depan dan reaksi terjadi pada laju yang sama tetapi pada arah yang berlawanan, dengan konsentrasi dari setiap zat tetap. Banyak reaksi kimia tidak sampai berakhir, dan mencapai suatu titik ketika konsentrasi zat pereaksi dan produk tidak lagi berubah dengan berubahnya waktu. Molekul-molekul telah berubah dari pereaksi menjadi produk dan dari produk menjadi preaksi, tetapi tanpa perubahan konsentrasinya (Satrio, 2011). Lebih lengkap, Satrio (2011) menjelaskan pernyataan dari hukum aksi massa (*law of mass action*), yang menyatakan bahwa pada reaksi reversibel (bolak-balik, dua arah) yang mencapai keadaan kesetimbangan pada perbandingan konsentrasi reaktan dan produk memiliki nilai tertentu (konstan), disebut konstanta kesetimbangan (K_{sp}). Untuk mempelajari kecenderungan arah reaksi, digunakan besaran Q_s , yaitu hasil perkalian konsentrasi awal produk dibagi hasil

perkalian konsentrasi awal reaktan yang masing-masing dipangkatkan dengan koefisien reaksinya. Apabila $Q_s > K_{sp}$ maka larutan telah jenuh dan kemampuan pelarutan P akan menurun (Ratna, 2009).

Selain tingkat kemasaman dan waktu inkubasi, kandungan P_2O_5 dalam batuan fosfat juga berpengaruh terhadap laju kelarutan P dari batuan fosfat tersebut. Kawuluan (2007) menyatakan bahwa tingginya kelarutan P juga dipengaruhi oleh kandungan P total dari batuan fosfat itu sendiri. Batuan fosfat yang digunakan dalam penelitian ini adalah batuan fosfat alam (BFA) asal Sukabumi (Jawa Barat) yang memiliki kandungan P_2O_5 sebesar 14,24% dan batuan fosfat alam (BFA) asal Selagai Lingga (Lampung Tengah) yang memiliki kandungan P_2O_5 sebesar 25,63%. Oleh karena itu, BFA Selagai Lingga akan lebih banyak memiliki P terlarut dibandingkan dengan BFA Sukabumi.

1.5. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, maka dirancang hipotesis sebagai berikut:

1. Kelarutan P dari BFA yang diasidulasikan dengan *reagent* pelarut asam dan limbah cair industri sawit meningkat dari saat perendaman dan mencapai kelarutan maksimal setelah konstanta kesetimbangan reaksi tercapai.
2. Kelarutan P dari batuan fosfat yang diasidulasi dengan limbah cair industri sawit tidak berbeda dengan kelarutan P dari batuan fosfat yang diasidulasi dengan *reagent* asam asetat (asam lemah), tetapi lebih rendah dibandingkan dengan asam klorida dan asam sulfat (asam kuat).

3. Kelarutan P dari batuan fosfat asal Selagai Lingga (Lampung Tengah) lebih tinggi dibandingkan dengan batuan fosfat asal Sukabumi (Jawa Barat).
4. Terdapat interaksi antara jenis batuan fosfat, jenis *reagent* asidulan, dan lama inkubasi (perendaman) dalam pelarutan P dari batuan fosfat.