

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Unsur hara P

#### 2.1.1. Peran dan Ketersediaan Unsur Hara P

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara esensial makro selain N dan K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman agar dapat berproduksi optimal.

Tanaman menyerap fosfor (P) dalam bentuk ion ortofosfat primer ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) dan sekunder ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) (Andayani dan Hayat, 2005). Keberadaan unsur hara P dalam tanah sebenarnya cukup banyak, namun yang tersedia bagi tanaman jumlahnya rendah hanya 0,01 – 0,2 mg/kg tanah (Moersidi, 1999). Hal ini disebabkan karena adanya fiksasi oleh anasir penjerap P di dalam tanah seperti  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , dan  $\text{Mn}^{2+}$  (Handayani dan Ernita, 2008). Selain itu, disebabkan pula karena unsur P merupakan unsur hara yang imobil dan terikat oleh partikel tanah sehingga tidak mudah tersedia bagi tanaman (Pulung, 2009).

Di dalam tanah sumber fosfat tanaman dapat berbentuk P-organik dan P-anorganik. Fosfat organik dihasilkan dari dekomposisi bahan organik yang mengimobilisasikan P dari larutan tanah. Fosfat anorganik berasal dari mineral tanah yang mengandung fosfat. Tanaman tidak dapat langsung memanfaatkan P dalam bentuk organik sehingga memerlukan proses mineralisasi agar dapat diserap tanaman (Rosmarkam dan Yuwono, 2002 *dalam* Telaumbanua, 2011). Hal ini juga dinyatakan oleh Rodiah dan Madjid (2009) bahwa 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 itu sendiri. Senyawa P-anorganik dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu besi fosfat ( $\text{FePO}_4$ ), aluminium fosfat ( $\text{AlPO}_4$ ), kalsium fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) (Telaumbanua, 2011).

### 2.1.2. Kebutuhan Pupuk P

Pertanian merupakan kegiatan budidaya tanaman dengan tujuan mendapatkan produksi tanaman yang optimal. Agar tanaman tumbuh normal dan berproduksi optimal, maka unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman harus tersedia, cukup, dan seimbang. Jika suatu tanah tidak dapat menyediakan unsur hara yang cukup bagi tanaman, maka harus dilakukan pemupukan (Hartanto, 2009). Salah satu unsur hara utama yang harus ditambahkan melalui pemupukan adalah fosfat.

Konsumsi pupuk fosfat di Indonesia sangat tinggi, yaitu sebesar 800 ribu ton pada tahun 2005 (Budi dan Purbasari, 2009) dan diperkirakan pada tahun 2015 akan meningkat menjadi 4.3 juta ton (DPI, 2012). Kebutuhan pupuk fosfat yang cukup tinggi tersebut selama ini dipenuhi oleh PT Petrokimia Gresik yang memproduksi pupuk fosfat SP-36 dan beberapa industri pupuk fosfat skala kecil yang memproduksi pupuk fosfat alam (Husein dkk., 1998).

### 2.1.3. Jenis Pupuk P

Batuan fosfat alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri pupuk yang umumnya berkelarutan tinggi yaitu dalam bentuk apatit, seperti: *Fluorapatite*  $[\text{Ca}(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaF}_2$ , *Choloroapatit*  $[\text{Ca}(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaCl}_2$ , *hydroxyapatite*  $[\text{Ca}(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ , dan *Carbonapatit*  $[\text{Ca}(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaCO}_3$  (Pulung, 2009). Batuan fosfat

alam yang umum digunakan sebagai bahan baku utama pupuk P di Indonesia adalah jenis *fluorapatite*  $[\text{Ca}(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{CaF}_2$ . Seperti pada pembuatan macam-macam pupuk P sebagai berikut.

#### 2.1.3.1. *Enkle/single superfosfat* (ESP)

Pupuk P ini dibuat dengan menggunakan bahan baku batuan fosfat (*fluoroapatit*) yang diasamkan dengan asam sulfat untuk mengubah P yang tidak larut menjadi P larut. Adapun reaksi singkat pembuatan *enkel superfosfat* adalah (Pulung, 2009):



Kadar  $\text{P}_2\text{O}_5 = 18\text{-}24\%$ , kapur ( $\text{CaO}$ ) =  $24\text{-}28\%$ .

Pupuk ESP masih mengandung gipsum ( $\text{CaSO}_4$ ). Untuk beberapa jenis tanah sering menyebabkan struktur tanah menjadi menggumpal seperti padas dan kedap terhadap air. Hal ini yang sering dianggap sifat merugikan dari pupuk ESP (Nasih, 2006).

#### 2.1.3.2. *Double superfosfat* (DSP)

Seperti *single superfosfat*, *double superfosfat* juga dibuat menggunakan bahan baku batuan fosfat (*fluoroapatit*), tetapi digunakan asam fosfat yang berfungsi sebagai pelarut dan untuk meningkatkan kadar P. Pupuk ini tidak mengandung gipsum dan kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$ -nya dapat mencapai  $\pm 38\%$  (Pulung, 2009).

#### 2.1.3.3. *Triple superfosfat* (TSP)

Pembuatan pupuk *Triple superfosfat* (TSP) hamper sama dengan dengan pupuk *doubelsuperfosfat*. Batuan fosfat alam (*fluorapatit*) diasamkan dengan asam fosfat, tetapi asam fosfat yang digunakan merupakan hasil proses sebelumnya



Kelarutan BFA sebagai bahan baku pembuatan pupuk P juga sebaiknya berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII) (Yusuf, 1999).

Tabel 2. Fosfat Mutu I, Menurut SII No. 0029 Tahun 1973

No.	Uraian	Nilai
1.	Fosfat larut dalam asam mineral	$P_2O_5 \geq 19\%$
2.	Fosfat larut dalam asam sitrat 2 %	$P_2O_5 \geq$ dari 80 % $P_2O_5$ yang larut dalam asam mineral
3.	Kehalusan 80 mesh	$\geq 90\%$

Tabel 3. Fosfat Mutu II, Menurut SII No. 0029 Tahun 1973

No.	Uraian	Nilai
1.	Fosfat larut dalam asam mineral	$P_2O_5 \geq 11\%$
2.	Fosfat larut dalam asam sitrat 2 %	$P_2O_5 \geq$ dari 30 % $P_2O_5$ yang larut dalam asam mineral
3.	Kehalusan 80 mesh	$\geq 90\%$

## 2.2. Limbah Cair Industri Sawit

Limbah cair industri sawit merupakan campuran air buangan atau bahan pencemar yang terbawa oleh air. Limbah pabrik industri sawit yang menjadi permasalahan adalah limbah cair. Saat ini diperkirakan jumlah limbah cair pabrik kelapa sawit di Indonesia mencapai 28,7 juta ton per tahun (Isroi, 2008). Umumnya jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri sawit berkisar antara 600-700 liter per ton (Semangun, 2003).

### 2.2.1. Sifat Umum Limbah Cair Industri Sawit

Limbah cair industri sawit berupa suspensi koloid yang berwarna coklat, berbau, bersifat asam, dan mempunyai kandungan bahan organik dan bahan padat yang tinggi (Yeoh, 2004 *dalam* Muzar, 2004). Menurut Manik (2000), limbah cair

industri sawit masih mengandung C-organik, N-total, serta P, K, dan Mg tersedia, sehingga apabila diaplikasikan langsung ke areal pertanaman dapat menambah hara tanah dan memperbaiki keadaan tanah. Pada bagian padatan solid limbah industri sawit memiliki kandungan bahan kering 81,56% yang di dalamnya terdapat protein kasar 12,63%; serat kasar 9,98%; lemak kasar 7,12%; kalsium 0,03%; fosfor 0,003%; dan energi 154 kal/100 gram (Utomo dan Widjaja, 2005 dalam Muzar, 2008). Tetapi Togatorop (2009) menyatakan bahwa limbah cair industri sawit memiliki pH yang bersifat asam, yaitu  $< 4,2$  yang dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan hidup jika dibuang secara langsung.

Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian (2006) melaporkan bahwa hampir seluruh air buangan industri sawit merupakan bahan organik yang dapat mengalami degradasi, tetapi ada beberapa senyawa organik hasil dari degradasi ini yang bersifat toksik, seperti ammonia yang dapat mematikan flora dan fauna yang hidup dalam air khususnya (Sihaloho, 2009)

#### 2.2.2. Permasalahan dan Penanganan Limbah Cair Industri Sawit

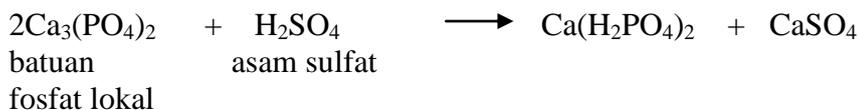
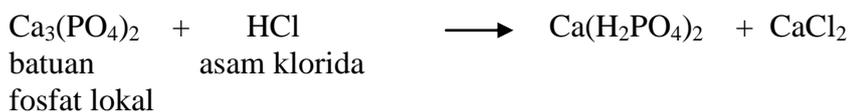
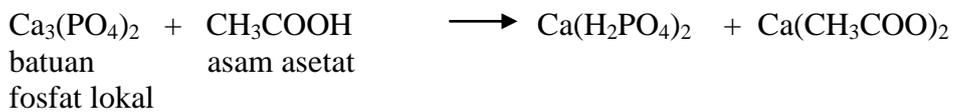
Limbah cair industri sawit sebenarnya tidak bersifat toksik karena tidak menggunakan bahan kimia dalam proses ekstraksinya (Semangun, 2003). Tetapi apabila limbah tidak diolah terlebih dulu, bahan-bahan padatan limbah akan mengendap di dasar sungai sehingga dapat membunuh hewan dan tumbuhan air (Sihaloho, 2009). Untuk mengurangi dampak negatif dari limbah cair industri sawit ini, diperlukan upaya penanganan limbah cair tersebut secara efektif.

Astuti (2010) menjelaskan bahwa metode pengolahan limbah cair industri sawit dapat dilakukan secara kimia, dan biologi. Pengolahan limbah secara kimia

dilakukan dengan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan flotasi, sedangkan pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan dengan proses aerob dan anaerob dengan memanfaatkan mikrobia sebagai perombak BOD dan menetralsir keasaman cairan limbah.

### 2.3. Potensi Pelarutan Batuan Fosfat dengan Menggunakan Limbah Cair Industri Sawit

Pupuk P dibuat di pabrik melalui proses asidulasi batuan fosfat menggunakan larutan asam untuk mengubah P yang tidak larut menjadi bentuk larut (Nasih, 2006). Larutan asam yang dapat digunakan sebagai asidulan mulai dari asam lemah sampai asam kuat. Diduga reaksi yang terjadi pada proses asidulasi batuan fosfat dengan beberapa asam adalah sebagai berikut:



Penggunaan larutan asam konvensional yang relatif mahal tersebut akan menyebabkan harga pupuk P menjadi mahal pula. Sebagai salah satu alternatif untuk menekan biaya produksi pembuatan P di pabrik, dapat menggunakan pelarut asam dari limbah cair industri sawit yang memiliki sifat asam.

Limbah cair industri sawit, selain memiliki pH < 4,2, juga mengandung mikroorganisme (Ginting, 2007), yang dapat melarutkan P pada BFA baik secara kimia dan biologis. Secara kimia pelarutan fosfat dimulai saat mikroorganisme mengekskresikan sejumlah asam-asam organik (Beauchamp dan Hume, 1997 dalam Telaumbanua, 2011). Secara biologis mikroorganisme melarutkan fosfat dengan cara memproduksi enzim seperti fosfatase dan enzim fitase. Enzim ini dapat memutuskan ikatan fosfat dari senyawa organik pengikatnya menjadi bentuk tersedia (Fitriatin, 2011).

Kemungkinan sketsa reaksi yang terjadi dalam proses pelarutan P dari batuan fosfat yang diasidulasi dengan limbah cair industri sawit adalah sebagai berikut:

