



## **PENINGKATAN P-LARUT DARI BATUAN FOSFAT DENGAN CAMPURAN LIMBAH CAIR TAHU DAN ASAM SULFAT**

Septi Nurul Aini, Ainin Niswati, Sarno, Sri Yusnaini

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung  
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro 1 Bandarlampung 35145  
Surel : septi.nurulaini@gmail.com

### **ABSTRACT**

The main material in phosphate fertilizer industry is phosphate rock. The principle of the superphosphate fertilizer process is changing from tricalcium phosphate into phosphoric monocalcium by acidulation using sulfuric acid. This process requires a high cost, causing fertilizer prices in the market become more expensive. Therefore, an alternative is needed to produce P fertilizer at a low cost by utilizing tofu liquid waste that has a low pH to dissolve rock phosphate. The combination between sulfuric acid and tofu liquid waste is expected increasing for solubility phosphate. This research aimed to explore combination of tofu liquid waste and sulfuric acid as well as the long incubation with the best P solubility of rock phosphate. The research was conducted at the Laboratory of Soil Science and Agro Waste Laboratory Lampung University from August to September 2013. The research was designed with factorial 5x4 in randomized block design with three replications. The first factor is the ratio of tofu liquid waste mixture and sulfuric acid (100%:0%; 95%:5%; 85%:15%; 75%:25%; 0%:100%) and the second factor is the time of incubation of phosphate rock (1,3,7, and 14 days). The results showed that the highest P-soluble in a combination (0%:100%) with 7 days incubation is 10,80%  $P_2O_5$ . However, the best combination ratio is (85%:15%) with 7 days incubation is 10,48%  $P_2O_5$ , because the combination (85%:15%) is likely to (0%:100%). P solubility using a combination of (0%:100), and (85%:15%) incubation was suitable for a quality P-natural fertilizer for agricultural (SNI 02-3776-2005) on the category A.

Keywords: P-soluble, rock phosphate, sulfuric acid, tofu liquid waste.

### **PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara agraris dengan mayoritas mata pencarian penduduknya di bidang pertanian. Berdasarkan hasil sensus pertanian 2013, jumlah penduduk di Indonesia yang bekerja di bidang pertanian yaitu sebesar 35,05% (Badan Pusat Statistik, 2013). Hal ini menyebabkan kebutuhan akan pupuk terus meningkat baik untuk peningkatan kualitas maupun kuantitas hasil pertanian. Pupuk merupakan salah satu sarana produksi pertanian yang harus terpenuhi untuk meningkatkan produksi

dan produktivitas pertanian sekaligus menjaga ketahanan pangan. Di antara unsur hara yang terpenting bagi tanaman adalah fosfor.

Fosfor adalah salah satu nutrisi paling utama untuk pertumbuhan dan produksi tanaman (Bartow, 2010). Peranan P yang terpenting bagi tanaman adalah memacu pertumbuhan akar dan memacu pertumbuhan generatif tanaman. Fosfor di alam berada sebagai batuan fosfat dengan komposisi trikalsium fosfat yang sedikit larut dalam air. Agar dapat dimanfaatkan tanaman, batuan fosfat alam harus diubah menjadi senyawa fosfat yang larut dalam air (Budi dan Purbasari, 2009).

Sebagian besar pupuk P di dunia diproduksi dari sumber batuan fosfat. Dahulu batuan fosfat telah digunakan sebagai sumber P untuk tanah masam. Namun karena rendahnya ketersediaan P dalam bahan asli dan tanggapan tanaman kecil, sehingga saat ini sangat sedikit fosfat alam yang digunakan di bidang pertanian (Nurjaya, Kasno, dan Rachman, 2009). Pupuk fosfat alam mempunyai kelarutan yang rendah. Oleh karena itu, dalam pembuatan pupuk fosfat industri menjadi pupuk yang mudah larut dilakukan dengan cara pengasaman (asidulasi) menggunakan asam fosfat, sulfat, atau asam nitrat sehingga terbentuk super fosfat (Soelaeman, 2008). Namun dalam pembuatan pupuk P-industri ini membutuhkan biaya yang tinggi. Untuk itu perlu dilakukan usaha agar batuan fosfat tersebut dapat dijadikan sumber P yang tersedia bagi tanaman dengan kandungan P yang tinggi. Salah satu usaha untuk melarutkan batuan fosfat yaitu dengan pemanfaatan limbah cair tahu.

Tahu merupakan salah satu makanan tradisional yang biasa dikonsumsi setiap hari oleh orang Indonesia. Proses produksi tahu menghasilkan dua jenis limbah, limbah padat dan limbah cair yang dibuang ke lingkungan. Sampai saat ini limbah cair tahu belum diolah dengan baik sehingga mencemari lingkungan. Di lain pihak pemanfaatannya di bidang pertanian belum banyak dilakukan, hal ini mengingat limbah cair tahu masih mengandung senyawa organik yang tinggi. Jika limbah tidak diolah dengan baik, maka akan menimbulkan bau akibat proses pembusukan bahan organik oleh bakteri (Sadzali, 2010).

Potensi keasaman limbah cair tahu dapat dimanfaatkan untuk asidulasi batuan fosfat. Namun kelarutannya masih lebih tinggi dengan asam sulfat. Oleh karena itu, ditemukan suatu alternatif untuk mempercepat kelarutan fosfat dari batuan fosfat dengan memanfaatkan limbah cair tahu yang dikombinasikan dengan asam sulfat.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi pelarut limbah cair tahu dengan asam sulfat serta lama inkubasi yang memiliki kelarutan P terbaik dari batuan fosfat.

## **METODE PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan dari bulan Agustus 2013 sampai dengan September 2013, dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah dan di Laboratorium Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: toples, mixer, alat tulis, pipa, timbangan, dan alat-alat laboratorium lainnya yang digunakan dalam analisis di laboratorium. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: batuan fosfat, limbah cair tahu, larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$  1 N), dan bahan-bahan kimia untuk analisis P-total (HCl 25%), P-larut (asam sitrat 2%), N-total (metode kjeldahl), dan pH (metode elektrometrik). Batuan fosfat yang digunakan berasal dari PTPN Bergen. Limbah cair tahu diambil dari industri tahu milik Bapak Dadi di Kelurahan Gunung Sulah Bandar Lampung.

Perlakuan dirancang dalam perlakuan faktorial  $5 \times 4$  yang disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 ulangan (kelompok). Faktor pertama adalah perbandingan campuran limbah cair tahu dengan asam sulfat (P), yaitu P1 (100% limbah cair tahu : 0%  $H_2SO_4$  1 N), P2 (95% limbah cair tahu : 5%  $H_2SO_4$  1 N), P3 (85% limbah cair tahu : 15%  $H_2SO_4$  1 N), P4 (75% limbah cair tahu : 25%  $H_2SO_4$  1 N), P5 (0% limbah cair tahu : 100%  $H_2SO_4$  1 N). Faktor kedua adalah lama inkubasi perendaman batuan fosfat (T), yaitu : T1 (1 hari setelah perendaman), T2 (3 hari setelah perendaman), T3 (7 hari setelah perendaman), T4 (14 hari setelah perendaman). Data dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf 5%. Selanjutnya dibuat korelasi antara peubah utama (P-larut) dengan peubah pendukung (P-total dan pH).

Limbah cair tahu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair dalam keadaan segar hasil dari proses pemasakan bubur kedelai yang telah disaring karena memiliki pH yang cukup rendah mendekati pH pelarut asam sulfat. Limbah cair tahu tersebut dianalisis awal untuk mengetahui kadar COD, BOD, fosfor, N-total, dan pH.

Analisis awal dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan di Laboratorium Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung. Normalitas pelarut asam sulfat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1 *N*. Kemudian pelarut asam sulfat dianalisis pH-nya. Batuan fosfat yang digunakan dalam keadaan tepung batuan fosfat yang sudah lolos ayakan 1 mm. Kemudian tepung batuan fosfat ditimbang sebanyak 0,5 kg per toples. Batuan fosfat dianalisis awal untuk mengetahui kadar P-total, P-larut, dan pH. Analisis awal dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Unila.

Proses asidulasi batuan fosfat yaitu tepung batuan fosfat (lolos saringan 1 mm) ditimbang sebanyak 0,5 kg per toples. Kemudian tepung batuan fosfat sebanyak 0,5 kg per toples, limbah cair tahu, dan pelarut asam sulfat (kombinasi pelarut 500 ml per toples) secara bersamaan dan perlahan-lahan dimasukkan ke dalam mixer selama 5 menit. Setelah dimixer selanjutnya campuran tersebut dituang ke dalam toples dan toples ditutup rapat. Kemudian seluruh toples perendaman ditempatkan di lokasi pada suhu normal selama inkubasi.

Pada waktu awal inkubasi 1 hari setelah pencampuran (perendaman), dari setiap toples diambil sampelnya menggunakan pipa sebanyak 5 titik kemudian dicampurkan. Masing-masing sampel ditimbang sesuai kebutuhan untuk analisis P-larut, P-total, dan pH. Analisis sampel dilakukan serentak untuk setiap ulangan (kelompok). Pengambilan sampel dan analisis berikutnya dilakukan pada inkubasi 3 hari, 7 hari, dan 14 hari.

Peubah utama yang diamati adalah analisis P-larut dalam asam sitrat 2% (SNI). Peubah pendukung yang diamati adalah pH (metode elektrometrik), meliputi pH batuan fosfat, pH limbah cair tahu dan pH pelarut asam dan P-total (HCl 25%) limbah cair tahu.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Analisis Awal Pelarut Limbah Cair Tahu, Asam Sulfat dan Batuan Fosfat**

Berdasarkan hasil analisis awal batuan fosfat (Tabel 3) terlihat bahwa kelarutan batuan fosfat masih rendah yaitu sebesar 6,08%  $P_2O_5$ . Untuk melarutkan P dari batuan fosfat dilakukan dengan cara asidulasi menggunakan senyawa asam seperti asam sulfat 1 *N* yang memiliki pH 1 (Tabel 4). Akan tetapi dalam pembuatan pupuk P dengan

menggunakan asam sulfat membutuhkan biaya yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan alternatif pupuk P yang murah yaitu dengan memanfaatkan limbah cair tahu sebagai pelarut batuan fosfat. Berdasarkan hasil analisis awal limbah cair tahu (Tabel 2) terlihat bahwa limbah cair tahu memiliki pH yang rendah yaitu 3,76 sehingga limbah cair tahu tersebut dapat dimanfaatkan untuk melarutkan fosfat dari batuan fosfat. Namun kelarutan batuan fosfat ternyata masih lebih tinggi dengan menggunakan pelarut asam sulfat. Sehingga limbah cair tahu perlu dikombinasikan dengan pelarut asam sulfat untuk memperoleh P-larut terbaik.

### **Hasil Analisis P-larut**

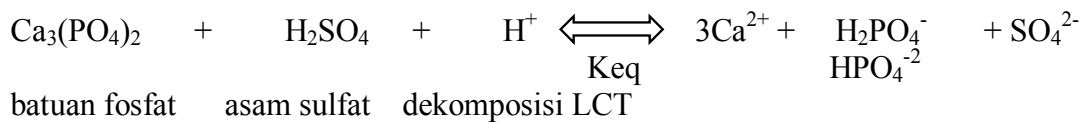
Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa asidulasi batuan fosfat dengan menggunakan kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat serta lama inkubasi berpengaruh sangat nyata terhadap kelarutan P-larut dari batuan fosfat. Demikian juga waktu inkubasi terdapat interaksi yang nyata dengan kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat terhadap P-larut.

Hasil uji lanjut BNT pada taraf uji 5% (Tabel 5) menunjukkan bahwa kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat dengan waktu inkubasi T1 memiliki P-larut tertinggi pada kombinasi pelarut P5, dan berbeda nyata dengan P1, P2, P3, P4, sedangkan P-larut terendah pada kombinasi pelarut P4. Pada kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat dengan waktu inkubasi T2 memiliki P-larut tertinggi pada kombinasi pelarut P5, dan tidak berbeda nyata dengan P2, P3, P4, tetapi berbeda nyata dengan P1, dan P-larut terendah pada kombinasi pelarut P1. Pada kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat dengan waktu inkubasi T3 memiliki P-larut tertinggi pada kombinasi pelarut P5, dan tidak berbeda nyata dengan P1, P2, P3, P4. Pada kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat dengan waktu inkubasi T4 memiliki P-larut tertinggi pada kombinasi pelarut P5, dan berbeda nyata dengan P1, P2, P3, P4, sedangkan P-larut terendah pada kombinasi pelarut P4 dan tidak berbeda nyata dengan P1.

Interaksi antar perlakuan (Tabel 5) tertinggi terjadi pada 7 hari setelah perendaman. Kombinasi pelarut P5 (0% limbah cair tahu :100% asam sulfat  $H_2SO_4$ ) dengan waktu inkubasi T3 (7 hari setelah perendaman) menghasilkan P-larut tertinggi dengan nilai 10,80%  $P_2O_5$ . Kombinasi pelarut P5 dengan waktu inkubasi T1 (1 hari setelah perendaman) menghasilkan P-larut sebesar 7,79%  $P_2O_5$ . Kombinasi pelarut P5

dengan waktu inkubasi T2 (3 hari setelah perendaman) yang menghasilkan P-larut sebesar 9,91% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Kombinasi pelarut P5 dengan waktu inkubasi T4 (14 hari setelah perendaman) menghasilkan P-larut sebesar 9,72% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Kombinasi pelarut P5 dengan waktu inkubasi (T1, T2, T3, T4) menghasilkan P-larut diatas 7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Sehingga kombinasi pelarut P5 dengan waktu inkubasi tersebut memenuhi syarat mutu pupuk P-alam untuk pertanian (SNI 02-3776-2005) pada kategori kualitas A, dimana nilai P-larut minimal 7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabel 1). Hal sama pada kombinasi pelarut P3 (85% limbah cair tahu :15% asam sulfat) bahwa pada semua waktu inkubasi memenuhi syarat mutu pupuk P-alam untuk pertanian (SNI 02-3776-2005) pada kategori kualitas A, dimana nilai P-larut minimal 7% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabel 1). Sehingga kombinasi pelarut terbaik yang digunakan untuk melarutkan batuan fosfat yaitu pada kombinasi pelarut P3.

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa P-larut terus mengalami peningkatan sampai pada 7 hari setelah perendaman, setelah itu menurun pada 14 hari setelah perendaman dan didukung oleh kenaikan pH pada 14 hari setelah perendaman (Gambar 3). Hal ini diduga ketersediaan H<sup>+</sup> pada pelarut batuan fosfat semakin menurun yang diikuti dengan kenaikan pH pada 14 hari setelah perendaman. Jika dilihat dari perbandingan pelarut, maka perbandingan pelarut yang terbaik yang menghasilkan P-larut mendekati pelarut asam sulfat (P5) yaitu pada kombinasi pelarut P3 dengan perbandingan pelarut yaitu 85% limbah cair tahu : 15% asam sulfat. Namun pada perlakuan P4 (75% limbah cair tahu : 25% asam sulfat) mengalami penurunan P-larut. Hal ini disebabkan kesetimbangan reaksi kombinasi pelarut dalam pelarutan batuan fosfat telah dicapai atau telah jenuh sehingga konsentrasi produk berupa H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> dan HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> telah mencapai maksimum, seperti diduga dengan reaksi berikut :



Dengan K<sub>sp</sub> = (3Ca<sup>2+</sup>) {  $\begin{matrix} \text{H}_2\text{PO}_4^- \\ \text{HPO}_4^{2-} \end{matrix}$  } telah sama dengan Keq dari Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

Kondisi di atas merupakan suatu kondisi dimana konsentrasi larutan dalam keadaan jenuh yaitu larutan yang mengandung zat terlarut dengan jumlah maksimum, dalam artian tidak dapat meningkat kembali. Pada larutan jenuh terdapat

kesetimbangan antara partikel yang melarut dan partikel yang tidak melarut (Sumardjo, 2009).

### **Hasil analisis P-total**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa asidulasi batuan fosfat dengan menggunakan kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat serta lama inkubasi berpengaruh sangat nyata terhadap P-total dari batuan fosfat. Demikian juga waktu inkubasi terdapat interaksi yang sangat nyata dengan kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat terhadap P-total.

Berdasarkan Tabel 6 hasil uji BNT 5% terlihat bahwa P-total tertinggi terjadi pada kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat P1 dengan waktu inkubasi T1 (1 hari setelah perendaman), dan berbeda nyata dengan P2, P3, P4, P5. Sedangkan P-total terendah terjadi pada kombinasi pelarut P5 dengan waktu inkubasi T3 (7 hari setelah perendaman), dan berbeda nyata dengan P1, P2, P3, P4.

Berdasarkan Gambar 2 pengaruh perbandingan campuran limbah cair tahu dengan asam sulfat serta lama inkubasi batuan fosfat terhadap P-total menunjukkan bahwa P-total tertinggi terjadi pada perlakuan P1T1 (100% limbah cair tahu : 0% asam sulfat) dengan 1 hari inkubasi yaitu rata-rata sebesar 28,50%  $P_2O_5$ . P-total terendah terjadi pada perlakuan P5T3 (0% limbah cair tahu : 100% asam sulfat) dengan 7 hari inkubasi yaitu rata-rata sebesar 24,58%  $P_2O_5$ .

### **Hasil Analisis pH**

Pada Gambar 3 terlihat bahwa asidulasi batuan fosfat dengan menggunakan 100% asam sulfat memiliki pH yang rendah, namun pada kombinasi pelarut limbah cair tahu dan asam sulfat tidak mengalami perubahan pH yang signifikan, akan tetapi tetap mengalami peningkatan p-larut. Hal ini disebabkan limbah cair tahu merupakan limbah organik. Limbah organik termasuk kedalam golongan asam lemah yaitu asam yang hanya sebagian terurai menjadi ion (terionisasi sebagian). Reaksi ionisasi asam lemah merupakan reaksi kesetimbangan, dimana laju reaksi maju dan reaksi balik sama besar dan konsentrasi reaktan dan produk tidak lagi berubah seiring berjalannya waktu (Chang, 2004). Selain itu, reaksi asam dan basa yang sama kekuatannya (limbah cair tahu termasuk kedalam golongan asam lemah dan batuan termasuk dalam golongan basa lemah) akan menghasilkan larutan netral atau pH netral (Keenan, Kleinfelter, dan Wood; 1984) dan reaksi antara asam lemah atau basa lemah dengan garamnya juga



berfungsi sebagai larutan penyangga yang dapat mengikat baik ion  $H^+$  maupun ion  $OH^-$ . Sehingga penambahan sedikit asam kuat atau basa kuat tidak mengubah pH-nya secara signifikan (Wikipedia, 2013). Oleh karena itu pada kombinasi pelarut tidak mengalami perubahan pH yang signifikan. Namun asidulasi batuan fosfat dengan menggunakan 100% asam sulfat memiliki pH yang rendah (nilai  $pH \pm 5$ ) karena asam yang dihasilkan lebih kuat daripada basa yang dihasilkan sehingga diperoleh larutan asam lemah dengan nilai pH berkisar 5 (Keenan, Kleinfelter, dan Wood; 1984). Akan tetapi pada kombinasi pelarut terus mengalami peningkatan p-larut, disebabkan pada kombinasi pelarut masih menggunakan tambahan pelarut asam sulfat sesuai dengan perbandingan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Subiksa dan Setyorini (2009) bahwa penambahan asam dimaksudkan untuk menghancurkan mineral apatit sehingga fosfat membentuk ikatan yang lebih lemah sehingga mudah larut dan pada akhirnya lebih tersedia bagi tanaman. Namun jika dilihat dari waktu inkubasi pada T4 (14 hari setelah perendaman) mengalami kenaikan pH karena adanya  $Ca^{2+}$  dari batuan fosfat yang menjadikan pH meningkat sehingga pelarutan P sedikit menurun.

#### **Korelasi antara P-larut dengan P-total**

Hasil uji korelasi (Tabel 6) menunjukkan korelasi negatif yang sangat nyata antara P-larut dengan P-total. Hal ini disebabkan pada P1 (100% limbah cair tahu : 0% asam sulfat) dengan waktu inkubasi 1 hari setelah perendaman memiliki P-total yang tinggi yaitu sebesar 28,50%  $P_2O_5$ , dibandingkan dengan P5 (0% limbah cair tahu : 100% asam sulfat) hanya sebesar 25,54%  $P_2O_5$ . P-total pada P1 tinggi karena menggunakan pelarut 100% limbah cair tahu, dimana di dalam limbah cair tahu terdapat kandungan P yaitu sebesar 5,37 mg/l. Hal ini sejalan penelitian Fithriyah (2011) yang menyatakan bahwa limbah cair tahu mengandung P-total sebesar 39,83 mg/l. Oleh karena itu, pada P1 memiliki P-total tertinggi karena mendapatkan tambahan P dari limbah cair tahu. Namun dalam melarutkan P masih lebih tinggi dengan menggunakan pelarut asam sulfat. Hal ini disebabkan pH asam sulfat lebih rendah dibandingkan pH limbah cair tahu.

#### **KESIMPULAN**

Perbandingan pelarut terbaik yang menghasilkan P-larut mendekati pelarut asam sulfat yaitu pada kombinasi 85% limbah cair tahu dan 15%  $H_2SO_4$  dengan P-larut sebesar



10,48%. Pelarutan P menggunakan 100% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan campuran 85% limbah tahu dan 15% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada semua waktu inkubasi memenuhi syarat mutu pupuk P-alam untuk pertanian (SNI 02-3776-2005) pada kategori kualitas A.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2013. Data Pekerjaan BPS. <http://sucira.wordpress.com/2013/06/13/hasil-ngulik-data-bps/> [9 Oktober 2013].
- Bartow, 2010. *Phosphate Primer*. <http://www1.fipr.state.fl.us/PhosphatePrimer> [05 Mei 2012].
- Budi FS, Purbasari A. 2009. Pembuatan pupuk fosfat dari batuan fosfat alam secara acidulasi. *J Teknik* 30: 93 – 97.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti Jilid 1 Edisi 3*. Erlangga; Jakarta.
- Fithriyah. 2011. *Studi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu untuk Pupuk Cair Tanaman (Studi Kasus Pabrik Tahu Kenjeran)*. Institut Sepuluh November. Surabaya.
- Hartanto ES. 2009. Penerapan SNI produk pupuk fosfat alam untuk pertanian oleh industri. *Peneliti pada Bidang Sarana Riset dan Standardisasi, Balai Besar Industri Agro*. Bogor. 7 hlm.
- Keenan, C.W., D.C. Kleinfelter, dan J.H. Wood. 1984. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Erlangga; Jakarta.
- Nurjaya A, Kasno, Rachman A .2009. *Penggunaan fosfat alam untuk tanaman perkebunan*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Sadzali I. 2010. Potensi limbah tahu sebagai biogas. *J UI Untuk Bangsa Seri Kesehatan, Sains, dan Teknologi*, 1:64 – 65.
- Soelaeman Y. 2008. Efektivitas pupuk kandang dalam meningkatkan ketersediaan fosfat, pertumbuhan dan hasil padi dan jagung pada lahan kering masam. *J Tanah Tropika*. 13: 41 – 47.
- Subiksa, Setyorini. 2009. *Pemanfaatan fosfat alam untuk lahan sulfat masam*. Balai Penelitian tanah. Bogor.
- Sulaeman, Suparto, Eviati. 2005. *Petunjuk teknik analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk*. *Juknis*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Sumardjo D. 2009. *Pengantar Kimia (Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran)*. Kedokteran EGC. Jakarta.
- Wikipedia. 2013. Larutan Penyangga. [http://id.wikipedia.org/wiki/Larutan\\_penyangga](http://id.wikipedia.org/wiki/Larutan_penyangga). [12 November 2013].

## Lampiran Tabel dan Gambar

Tabel 1. Syarat mutu pupuk P-alam untuk pertanian (SNI 02-3776-2005 dalam Hartanto, 2009).

| No | Uraian   | Persyaratan  |              |              |              |
|----|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
|    |  | Kualitas A   | Kualitas B   | Kualitas C   | Kualitas D   |
| 1  | Kadar fosfor sebagai P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |              |              |              |              |
|    | -Total   | min 28%      | min 24%      | min 14%      | min 10%      |
|    | - Larut asam sitrat 2%                             | min 7%       | min 6%       | min 3,5%     | min 2,5%     |
| 2  | Kadar air  | maks 5%      | maks 5%      | maks 5%      | maks 5%      |
| 3  | Kehalusan  |              |              |              |              |
|    | - Kehalusan lolos 80 mesh Tyler                    | min 50%      | min 50%      | min 50%      | min 50%      |
|    | - Kehalusan lolos 25 mesh Tyler                    | min 80%      | min 80%      | min 80%      | min 80%      |
| 4  | Cemaran logam:                                     |              |              |              |              |
|    | - Cadmium (Cd)                                     | maks 100 ppm | maks 100 ppm | maks 100 ppm | maks 100 ppm |
|    | - Timbal (Pb)                                      | maks 500 ppm | maks 500 ppm | maks 500 ppm | maks 500 ppm |
|    | - Raksa (Hg)                                       | maks 10 ppm  | maks 10 ppm  | maks 10 ppm  | maks 10 ppm  |
| 5  | Cemaran arsen (As)                                 | Maks 100 ppm | maks 100 ppm | maks 100 ppm | maks 100 ppm |

Tabel 2. Analisis awal limbah cair tahu.

| No | Parameter  | Satuan | Sampel Segar | Metode           |
|----|------------|--------|--------------|------------------|
| 1  | pH         | -      | 3,76         | Elektrometrik    |
| 2  | COD        | mg/l   | 9900         | Spektrofotometri |
| 3  | BOD        | mg/l   | 924,97       | DO Metri         |
| 4  | Fosfor (P) | mg/l   | 5,37         | Spektrofotometri |
| 5  | N-total    | mg/l   | 673,01       | Kjeldahl         |

Tabel 3. Analisis awal batuan fosfat.

| No | Parameter | Satuan                         | Sampel | Metode               |
|----|-----------|--------------------------------|--------|----------------------|
| 1  | pH        | -                              | 7,72   | Elektrometrik        |
| 2  | P-total   | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 25,09  | HCl 25% (SNI)        |
| 3  | P-larut   | %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 6,08   | Asam sitrat 2% (SNI) |

Tabel 4. Analisis pH asam sulfat.

| No | Parameter | Satuan | Asam Sulfat | Metode        |
|----|-----------|--------|-------------|---------------|
| 1  | pH        | -      | 1           | Elektrometrik |

Tabel 4. Pengaruh interaksi perbandingan campuran limbah cair tahu dan asam sulfat dengan lama inkubasi batuan fosfat terhadap fosfat larut.

| Kombinasi Pelarut | Waktu Inkubasi                            |                |                 |               |
|-------------------|---|----------------|-----------------|---------------|
|                   | T1  | T2             | T3              | T4            |
|                   | P-larut (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                |                 |               |
| P1                | 6,93bc<br>(D)                             | 8,92d<br>(B)   | 9,82cd<br>(A)   | 8,23d<br>(C)  |
| P2                | 6,77bc<br>(D)                             | 9,47bc<br>(B)  | 10,42ab<br>(A)  | 8,91c<br>(C)  |
| P3                | 7,26b<br>(D)                              | 9,63ab<br>(B)  | 10,48ab<br>(A)  | 9,10bc<br>(C) |
| P4                | 6,68c<br>(E)                              | 9,72ab<br>(BC) | 10,06bc<br>(AB) | 8,05d<br>(D)  |
| P5                | 7,79a<br>(D)                              | 9,91ab<br>(B)  | 10,80a<br>(A)   | 9,72a<br>(C)  |

**BNT 0,05 = 0,508**

Keterangan: Nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%. Huruf kecil dibaca arah vertikal dan huruf besar (dalam tanda kurung) dibaca arah horizontal.

Tabel 5. Pengaruh interaksi perbandingan campuran limbah cair tahu dan asam sulfat dengan lama inkubasi batuan fosfat terhadap P-total.

| Kombinasi Pelarut | Waktu Inkubasi                            |                |               |               |
|-------------------|---|----------------|---------------|---------------|
|                   | T1  | T2             | T3            | T4            |
|                   | P-total (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                |               |               |
| P1                | 28,50a<br>(A)                             | 26,22f<br>(B)  | 25,10d<br>(D) | 25,32d<br>(C) |
| P2                | 28,32bc<br>(A)                            | 26,42de<br>(B) | 25,42c<br>(D) | 25,87c<br>(C) |
| P3                | 27,67ef<br>(A)                            | 26,42cd<br>(D) | 27,65a<br>(B) | 26,99a<br>(C) |
| P4                | 28,29cd<br>(A)                            | 27,11a<br>(B)  | 25,65b<br>(C) | 24,78e<br>(D) |
| P5                | 25,54gh<br>(C)                            | 26,82b<br>(A)  | 24,58e<br>(D) | 26,76b<br>(B) |

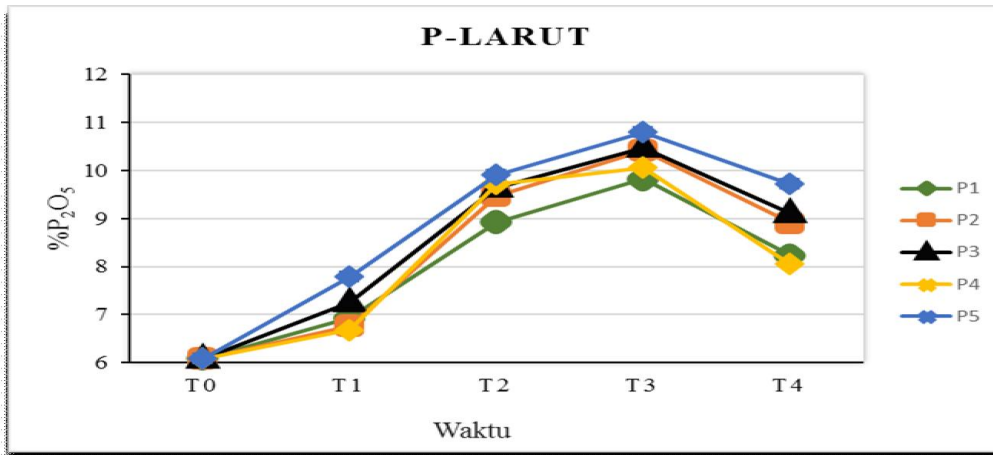
**BNT 0,05 = 0,162**

Keterangan: Nilai tengah yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%. Huruf kecil dibaca arah vertikal dan huruf besar (dalam tanda kurung) dibaca arah horizontal.

Tabel 6. Hasil korelasi antara P-larut dengan P-total dan pH.

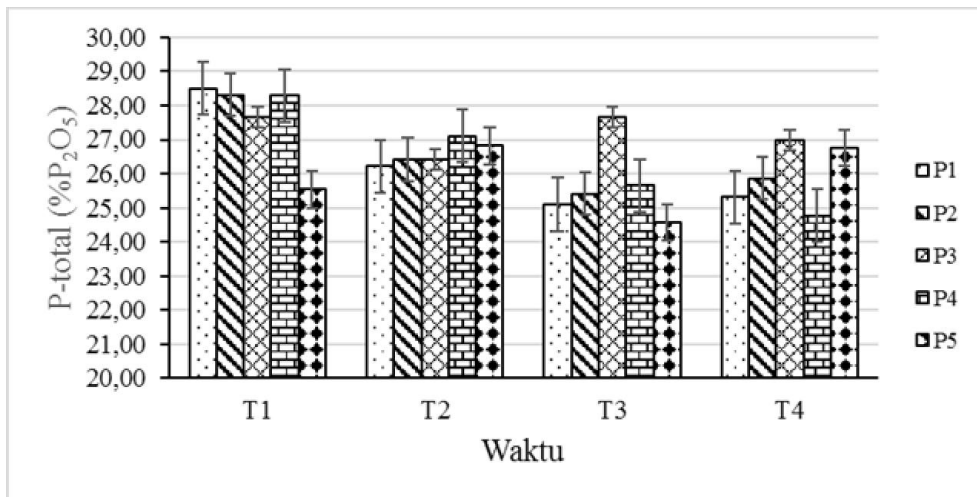
| Korelasi | Koefisien Nilai r |          |
|----------|-------------------|----------|
|          | P-total           | pH       |
| P-larut  | -0,457**          | -0,206tn |

Keterangan : \*=nyata tn =tidak nyata

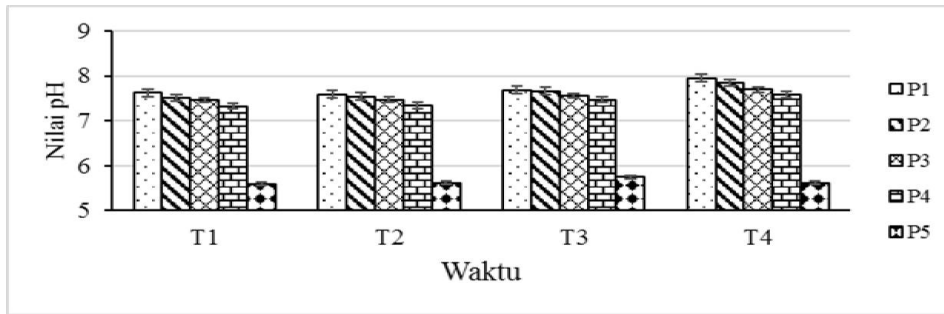


Gambar 1. Pengaruh perbandingan campuran limbah cair tahu dengan asam sulfat serta lama inkubasi batuan fosfat terhadap P-larut.

Keterangan: P1= 100% limbah cair tahu : 0% asam sulfat ( $H_2SO_4$  1 N), P2= 95% limbah cair tahu : 5% asam sulfat ( $H_2SO_4$  1 N), P3= 85% limbah cair tahu : 15% asam sulfat ( $H_2SO_4$  1 N), P4= 75% limbah cair tahu : 25% asam sulfat ( $H_2SO_4$  1 N), P5= 0% limbah cair tahu : 100% asam sulfat ( $H_2SO_4$  1 N), T0= hasil analisis awal batuan fosfat, T1= 1 hari setelah perendaman, T2= 3 hari setelah perendaman, T3= 7 hari setelah perendaman, T4= 14 hari setelah perendaman.



Gambar 2. Pengaruh perbandingan campuran limbah cair tahu dengan asam sulfat serta lama inkubasi batuan fosfat terhadap P-total.



Gambar 3. Grafik perubahan pH batuan fosfat dengan menggunakan kombinasi pelarut limbah cair tahu dengan asam sulfat serta lama inkubasi terhadap P-larut.