

PROSPEK BATUAN FOSFAT SEBAGAI PENYEDIA HARA P DI LAHAN HUTAN TANAMAN INDUSTRI (HTI) BERGATRA TANAH ULTISOL

*The Prospect of Rock Phosphate as P Supplier
in Ultisol Based Industrial Plantation Forest*

Siti Wahyuningsih

Balai Penelitian Teknologi Serat Tanaman Hutan Kuok
Jl Raya Bangkinang-Kuok Km. 9 Po. Box 4/BKN Bangkinang 28401
Telp / fax : (0762) 7000121 / 7000122

Naskah masuk : 7 November 2011 ; Naskah diterima : 8 Februari 2012

ABSTRACT

The development area of industrial forest plantation has been designed in marginal land, where dominated by Ultisol, which was the availability of soil P nutrient had been critical for plants growth. Supply of P for plants nutrient in Ultisol could be done by fertilizing. Rock phosphate was P natural inorganic fertilizer with various P contents (< 1-18 % P₂O₅). The P solubility of rock phosphate in acid soil was prospectfull compared the neutral or alkalin soil. The presence of Mn, Cu and Zn of rock phosphate are beneficial for plants as micro nutrients, while Ca increases soil pH. For intensive plantation, applicating rock phosphat will supply P for next cycle of planting. Rock phosphate could be potentially applicated as P ultisol based industrial plantation forest. Its slow release and its great deposits in Indonesia are another supporting factors. The application of rock phosphate as P source in Ultisol could be considered.

Keywords : Rock phosphate, Ultisol, industrial plantation forest

ABSTRAK

Pembangunan HTI yang diupayakan di luar Pulau Jawa, didominasi tanah Ultisol sehingga ketersediaan hara makro P menjadi unsur pembatas pertumbuhan tanaman. Pemenuhan kebutuhan unsur hara P untuk tanaman di tanah Ultisol dapat dilakukan melalui pemupukan. Batuan fosfat merupakan pupuk P alam dengan kandungan P bervariasi (< 1-18% P₂O₅). Prospek pelarutan P dari batuan fosfat di tanah masam cukup baik dibandingkan pada tanah netral atau alkalin. Selain itu kadar bahan ikutan dalam batuan fosfat (Mn, Cu, Zn) dapat memenuhi kebutuhan unsur mikro tanaman. Disamping itu, kandungan Ca dalam batuan fosfat dapat meningkatkan pH tanah. Pada pertanaman intensif, pemberian batuan fosfat dapat menyediakan P dalam tanah untuk daur berikutnya. Batuan fosfat cukup potensial untuk diaplikasikan sebagai pupuk P di lahan HTI yang bergatra tanah Ultisol. Sifat batuan fosfat yang *slow release* dan deposit batuan fosfat yang melimpah di Indonesia merupakan faktor pendukung aplikasi batuan fosfat di lahan HTI. Penggunaan batuan fosfat sebagai penyedia P di lahan Ultisol patut dipertimbangkan.

Kata kunci : Batuan fosfat, Ultisol, Hutan Tanaman Industri (HTI)

I. PENDAHULUAN

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), diikuti Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha) dan Nusa Tenggara (53.000 ha) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Pembangunan kawasan HTI yang dikonsentrasikan di lahan marginal, berhadapan dengan permasalahan kondisi hara di lahan tersebut. Tanah Ultisol tergolong tanah marginal, yang oleh

pemerintah diperbolehkan untuk dieksplorasi sebagai lahan HTI. Tanah Ultisol memiliki aras kesuburan alami sangat rendah dan termasuk ke dalam tanah tua yaitu tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut. Curah hujan yang umumnya merata sepanjang tahun di daerah tropika telah merangsang pelindian intensif kation-kation basa, sehingga kompleks jerapan sistem koloid tanah dirajai oleh kation asam, khususnya Fe dan Al. Daya jerap kation asam ini terhadap hara anion sangat kuat, menjadikannya tidak tersedia untuk tanaman. Pemupukan tanah Ultisol tanpa disertai dengan perbaikan kimiawi tanah, terutama kejenuhan basanya, tidak akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Poerwowidodo, 1991).

Fosfat merupakan salah satu unsur hara makro yang terfiksasi kuat pada tanah Ultisol. Kekahatan hara P pada tanaman menyebabkan pertumbuhan tanaman kerdil (Hanafiah, 2005). Fungsi hara P dalam metabolisme tanaman adalah sebagai penyedia energi kimiawi yang berfungsi dalam produksi panas, cahaya dan gerak. Menurut Adiningsih (1986) besarnya kebutuhan tanaman terhadap hara P tergantung kepada jumlah dan produksi yang dihasilkan serta keseimbangan dengan hara lainnya.

Pemberian batuan fosfat ke dalam tanah dapat meningkatkan kandungan hara P tanah. Ketersediaan hara P untuk tanaman tergantung pada tingkat pelapukan batuan fosfat dan aktivitas perakaran tanaman. Pada pengelolaan tanah masam, pemberian batuan fosfat sebagai sumber P berpotensi cukup baik karena mudah larut dalam kondisi masam.

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan pertimbangan kepada pelaku HTI mengenai prospek aplikasi batuan fosfat sebagai sumber hara P pada tanah Ultisol. Selain itu, tulisan ini juga berusaha memberikan gambaran mengenai permasalahan hara P di lahan HTI yang bergatra tanah Ultisol.

II. TANAH ULTISOL

Menurut Prasetyo dan Suriadikarta, (2006), sifat umum dari tanah Ultisol adalah tingkat kemasaman tinggi yaitu pH rata-rata $< 4,5$, miskin kandungan hara makro terutama P dan K, hara mikro Ca dan Mg, dan kandungan bahan organik rendah. Selanjutnya Poerwowidodo (1991) menambahkan tanah-tanah Ultisol dicirikan oleh adanya *endopedon argilik* yang tebal dan berkembang baik akibat pelapukan dan pelindian yang intensif. *Endopedon argilik* yang tebal tersebut berpengaruh terhadap terhalangnya aliran air secara vertikal, sebaliknya aliran air secara horizontal meningkat sehingga memperbesar daya erosivitas tanah Ultisol. Tanah Ultisol juga dikenal memiliki aras KTK dan kejenuhan basa rendah yang terus menurun dengan bertambahnya jeluk tanah. Pelepasan basa melalui pelapukan umumnya setara atau lebih sedikit dibandingkan pelenyapan melalui pelindian, dan sebagian besar basa tertahan di lapisan atas dan dalam tanaman. Sebagian besar tanah Ultisol mengandung banyak unsur Al yang dapat diekstrak dan *horizon argiliknya* sangat kahat K. Kondisi tanah Ultisol yang jenuh unsur Al tersebut menyebabkan pH tanah rendah dan *fiksasi* unsur hara P sehingga ketersediaannya untuk tanaman rendah.

Sifat kimia dan fisika tanah Ultisol secara spesifik lebih ditentukan oleh bahan induk pembentuknya. Berdasarkan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (2000) dalam Prasetyo dan Suriadikarta (2006), diantara grup tanah Ultisol, hapludults memiliki sebaran terluas di Indonesia. Hapludults yang terbentuk dari batuan induk sedimen memiliki kandungan hara yang rendah. Rendahnya kandungan hara tersebut dikarenakan batuan induk sedimen telah mengalami pelapukan dan pencucian berulang, yaitu pada saat pembentukan batuan sedimen dan saat pembentukan tanah. Ketersediaan unsur hara P bagi tanaman menjadi unsur pembatas pertumbuhan tanaman pada hapludults dari batuan induk sedimen.

Penggunaan batuan fosfat sebagai sumber hara P pada tanah Ultisol cukup potensial karena kelarutan hara P dari batuan fosfat cukup baik pada tanah masam serta pelepasan fosfat berlangsung lambat (Hartatik *et al.*, 2004). Menurut Buckman dan Brady (1969), kelarutan mineral-mineral batuan fosfat sangat rendah pada tanah alkalin atau netral sedang pada tanah-tanah masam hingga sangat masam akan cepat tersedia bagi tanaman.

III. BATUAN FOSFAT

Fosfat dalam tanah sebagian besar berasal dari pelapukan batuan dan mineral yang mengandung P dalam kerak bumi. Deposit fosfat dibagi dalam tiga golongan besar yaitu: (1) Fe-Al-fosfat, (2) Ca-Fe-Al-Fosfat dan (3) Ca-fosfat. Di antara ketiganya, Ca-fosfat (apatit) paling mudah melapuk dan dikenal sebagai batuan fosfat. Apatit merupakan kristal kecil dalam batuan, yang setelah batuan dan mineral apatit melapuk, fosfat akan larut dan tersedia bagi tanaman. Mineral ini merupakan persenyawaan karbonat, fluor, klor atau hidroksi apatit yang mempunyai kadar P_2O_5 berkisar antara 15-30% dan tidak larut dalam air. Rumus kimia apatit adalah $(Ca_{10}(PO_4.CO_3)_6(F.Cl.OH)_2)$ (Anonim, 1991).

Terdapat sekitar 150 jenis mineral fosfat yang mempunyai kandungan P_2O_5 sekitar 1 - 38 %. Biasanya dalam mineral apatit terdapat substitusi isomorfis. Kation Ca^{2+} umumnya disubstitusi oleh Al dan Fe atau logam lain, seperti Mg, Sr, Pb, Na dan Mn dalam jumlah sedikit, sedangkan tetrahedron PO_3^{4-} dapat disubstitusi oleh CO_3^{2-} dalam jumlah besar serta F^- , Cl^- atau OH^- . Sehubungan dengan hal tersebut, gugus-gugus yang berpengaruh besar pada mineral fosfat terutama adalah CO_3^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ dan K^+ karena dapat mempengaruhi sifat geologis dan geokemis deposit fosfat (Adiningsih *et al.*, 1998).

Penggunaan batuan fosfat secara langsung untuk pemupukan memerlukan beberapa persyaratan agar dapat digunakan secara efektif. Antara lain batuan fosfat harus mudah bereaksi sehingga mudah larut dalam tanah, tanah mampu menyuplai ion hidrogen yang sangat diperlukan untuk memperlancar proses pelarutan batuan fosfat dan tanah dalam keadaan basah (Prasetyo dan Gilkes, 1995). Hartatik *et al.* (2004), menambahkan, kualitas pupuk batuan fosfat dipengaruhi beberapa faktor yaitu sifat mineralogi, besar butir, kadar karbonat bebas, kadar P_2O_5 total dan jenis deposit batuan fosfat. Menurut Tisdale *et al.* (1990), batuan fosfat yang berpotensi untuk digunakan secara langsung sebagai pupuk fosfat memiliki kelarutan lebih dari 17% dari total fosfatnya dalam amonium sitrat.

Menurut Hanafi *et al.* (1992), untuk berlangsungnya proses pelapukan batuan fosfat dibutuhkan kelembaban dan proton (H^+), yang jumlahnya sebanding dengan hasil reaksi dari proses pelapukan. Dua mol proton (H^+) diperlukan untuk menghasilkan 1 mol P. Reaksi pelarutan batuan fosfat akan meningkatkan pelepasan P (Bolan dan Hedley, 1989; Rajan *et al.*, 1996). Hasil reaksi pelapukan batuan fosfat yang digunakan sebagai pupuk P secara langsung adalah sebagai berikut:



Pada pembuatan pupuk superfosfat tunggal, batuan fosfat direaksikan dengan asam sulfat. Hasil produksi dengan cara ini adalah campuran dari monokalsium fosfat dan gypsum, mengandung 16-22 % P_2O_5 (7-9,5 % P) dan sekitar 90% larut dalam air. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Penilaian pupuk fosfat secara kimia dapat ditentukan dari kandungan P_2O_5 dengan cara mengekstrak dalam beberapa asam. Pupuk fosfat yang digunakan secara langsung keefektifannya dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia pupuk, faktor tanah dan lingkungan serta faktor tanaman. Sifat kimia dan fisik pupuk yang penting adalah reaktivitas, kelarutan dan ukuran butir pupuk (Rajan *et al.*, 1996). Penggunaan pengekstrak asam lemah seperti asam sitrat 2% dapat digunakan sebagai indikator hara P tersedia bagi tanaman (Sediyarso, 1999).

IV. EFEKTIVAS PENGGUNAAN BATUAN FOSFAT SEBAGAI SUMBER P DI LAHAN HTI BERGATRA TANAH ULTISOL

Kegiatan HTI merupakan kegiatan pertanaman tanaman hutan industri secara intensif, yang umumnya berlangsung di lahan marginal sehingga pengelolaan daur hara merupakan hal yang mutlak diperlukan. Salah satu cara untuk menambahkan unsur hara ke dalam tanah marginal adalah dengan pemupukan. Pemilihan pupuk pada kegiatan HTI yang berlangsung di lahan marginal didasarkan pada kebutuhan hara tanaman serta sifat fisik dan kimia tanah. Unsur hara P merupakan salah satu unsur hara makro, yang di tanah masam ketersediaannya untuk tanaman ditentukan oleh keberadaan Al dan Fe. Penggunaan pupuk P dengan sifat *slow release* merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalisir jerapan hara P oleh Al dan Fe.

Batuan fosfat merupakan pupuk P alam yang memiliki sifat kelarutan lambat. Dalam kegiatan HTI, aplikasi batuan fosfat sebagai pupuk P alam lebih menguntungkan daripada pupuk P cepat larut karena sifatnya yang *slow release* sehingga jerapan hara P oleh Al dan Fe dapat diminimalisir. Selain itu, residunya di dalam tanah juga dapat dimanfaatkan oleh pertanaman daur berikutnya, dan secara ekonomi, harga beli batuan fosfat lebih murah dibanding pupuk P kimia. Faktor lainnya yang dapat mendorong pemakaian batuan fosfat sebagai penyedia P di lahan HTI adalah ketersediaannya yang melimpah di Indonesia. Berdasar eksplorasi tahun 1968-1985 oleh Direktorat Geologi dan Mineral, Departemen Pertambangan, telah ditemukan cadangan fosfat alam sebesar 895 ribu ton yang tersebar di P. Jawa (66%), Sumatera Barat (17%), Kalimantan (8%), Sulawesi (5%) dan sekitar 4% tersebar di Papua, Aceh, Sumatera Utara dan NTT. Diperkirakan cadangan deposit batuan fosfat terbesar di Jawa Timur yaitu di daerah Tuban, Lamongan, Gresik dan Malang sekitar 313 ribu ton (Sutriadi *et al.*, 2009).

Namun keterbatasan penambangan deposit batuan fosfat lokal menyebabkan sebagian besar kebutuhan pupuk P alam berasal dari batuan fosfat impor. Berdasar Nurjaya *et al.* (2011), sampai awal tahun 1980, perkebunan di Indonesia menggunakan sumber pupuk P alam impor, seperti *Christmas Island Rock Phosphate* (CIRP) dan P alam Yordania yang kualitasnya cukup baik dengan kandungan P_2O_5 berkisar antara 32 - 36% dan kandungan $CaO \pm 40\%$ dan R_2O_3 kurang dari 3% dan butirannya cukup halus.

Sektor perkebunan yang telah menggunakan batuan fosfat sebagai pupuk P alam antara lain perkebunan kelapa sawit, karet dan kakao, yang biasanya dibangun di tanah-tanah masam sehingga penggunaan batuan fosfat sebagai pupuk P alam dapat dijadikan acuan dalam aplikasinya di lahan HTI.

Pada beberapa batuan fosfat, kemampuannya dalam melepaskan hara P untuk tanaman setara dengan TSP. Hal ini dibuktikan dari penelitian Hardjono (1988) dalam Nurjaya *et al.* (2011), yang menguji efektivitas pupuk P alam dibanding TSP terhadap tanaman kakao pada kebun Cikopo, Cisalak dan Ciomas yang bersifat tanah masam, menunjukkan bahwa efektivitas pupuk P alam sama dengan TSP di kebun Cikopo dan Ciomas, sedangkan di kebun Cisalak lebih efektif dibanding TSP. Hasil penelitian tersebut tersaji pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Nilai RAE berbagai pupuk P alam dibandingkan dengan TSP terhadap tanaman kakao pada kebun Cikopo, Cisalak, dan Ciomas (*RAE score's of rocks phosphates compare with TSP applying to cacao at Cikopo, Cisalak and Ciomas plantation*)

Jenis Pupuk (Types of Fertilizers)	Nilai RAE pupuk P alam (%) pada tanah (<i>RAE score's of rocks phosphates on the land</i>)		
	Cikopo	Cisalak	Ciomas
TSP	100,0 a	100,0 a	100,0 a
P alam Setia Budi	141,2 a	301,4 bc	95,7 a
P alam Erista Jaya	125,9 a	346,4 c	116,3 a
P alam Mitlaout	117,2 a	317,3 c	83,8 a
P alam Mourales	145,4 a	299,1 bc	126,5 a
P alam Mesir	142,7 a	314,9 bc	81,9 a
P alam Maroko	100,5 a	357,5 c	134,7 a
P alam Togo	118,4 a	137,4 ab	69,8 a
P alam Jordan	152,7 a	397,0 bc	96,3 a
P alam Florida	149,0 a	327,5 c	104,3 a

Sumber: Hardjono (1988) dalam Nurjaya *et al.*, (2011)

Penggunaan batuan fosfat sebagai pupuk P alam harus memenuhi beberapa persyaratan mutu baku agar bernilai efektivitas tinggi, yang meliputi kadar P_2O_5 , kadar Ca dan Mg setara CaO , kadar Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , kadar air dan kehalusan butir. Batuan fosfat yang memiliki kualitas baik untuk digunakan sebagai pupuk P alam setidaknya memiliki kadar P_2O_5 tinggi, kadar R_2O_3 rendah dan ukuran butir halus. Syarat mutu batuan fosfat sebagai pupuk P alam sesuai SNI, disajikan dalam Tabel 2.

Tabel (Table) 2. Syarat mutu batuan fosfat sebagai pupuk P alam sesuai SNI NO.02-3776-1995 (*Quality requirement of rock phosphat as fertilizer based on SNI NO.02-3776-1995*)

Uraian (<i>Analysis</i>)	Persyaratan (<i>Requirements</i>)		
	Kualitas A	Kualitas B	Kualitas C
Kadar unsur hara fosfat sebagai P ₂ O ₅			
a. Total (asam mineral)	Min. 28 %	Min. 24 %	Min. 18 %
b. Larut dalam asam sitrat 2 %	Min . 10 %	Min. 8 %	Min. 6 %
Kadar Ca dan Mg setara CaO	Min. 40 %	Min. 40 %	Min. 35 %
Kadar R ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃)	Maks. 3 %	Maks. 6 %	Maks. 15 %
Kadar air	Maks. 3%	Maks. 3%	Maks. 3%
Kehalusan			
a. Lolos 80 mesh	Min. 50 %	Min. 50 %	Min. 50 %
b. Lolos 100 mesh	Min . 80 %	Min. 80 %	Min. 30 %

Sumber: Sastro (2011)

Kereaktifan batuan fosfat dalam melepaskan unsur hara P, ditunjukkan dengan sifat kimianya. Menurut Sedyarso (1999), penggunaan pengekstrak asam lemah seperti asam sitrat 2% dapat digunakan sebagai indikator hara P tersedia bagi tanaman. Sutriadi *et al.* (2009) menyebutkan bahwa kemampuan batuan fosfat dalam melepaskan hara P untuk tanaman bervariasi mulai dari < 1 - 18% P₂O₅. Sedyarso (1999), menambahkan kandungan bahan ikutan Mn, Cu dan Zn yang tinggi dalam batuan fosfat menguntungkan untuk memenuhi unsur mikro tanaman. Ukuran butir sebagai parameter fisik batuan fosfat, menunjukkan kemudahannya dalam melepaskan unsur hara P. Batuan fosfat dengan ukuran butir halus memiliki bidang permukaan luas sehingga tingkat kelarutannya semakin tinggi. Penggunaan batuan fosfat sebagai pupuk P secara langsung dapat ditingkatkan kelarutannya dengan memperkecil ukuran butir.

Aplikasi pupuk P pada tanah masam menghadapi permasalahan ketersediaannya yang rendah bagi tanaman. Menurut Suharta (2010), pH tanah yang rendah pada tanah masam berdampak pada kandungan unsur Al yang toksik bagi tanaman dan mengurangi ketersediaan hara P akibat fiksasi oleh unsur Al dan Fe. Meskipun berdasarkan Buckman dan Brady (1969), batuan fosfat diketahui memiliki kelarutan yang lebih baik pada tanah masam dibanding pada tanah netral atau alkalis, yaitu pada pH tanah 4,5 - 6.

Untuk mengendapkan unsur Al dan Fe, sebelum aplikasi batuan fosfat sebagai pupuk P alam pada tanah masam dapat didahului dengan pengapuran. Menurut Havlin *et al.* (1991) dalam Noor (2008), pemberian kapur yang meningkatkan pH tanah dari 4,6 menjadi 5,1 dapat menurunkan kelarutan unsur Al dalam tanah sampai 75%. Selain itu, pemilihan batuan fosfat yang mengandung kation basa Ca atau Mg dapat dijadikan pilihan untuk menurunkan Al-dd tanah. Selanjutnya Noor (2008), menunjukkan bahwa tanah Ultisol yang diaplikasi batuan fosfat yang mengandung 39% CaO dengan dosis 60 dan 90 kg P ha⁻¹, mampu menurunkan Al-dd sebesar 9,9% dibandingkan tanah Ultisol tanpa aplikasi batuan fosfat.

Dalam kegiatan HTI, umumnya penambahan hara makro di lahan marginal dilakukan melalui pemberian pupuk cepat larut. Menurut Mackensen (2000) dalam Mindawati (2011), tanaman *E. deglupta* di Kalimantan Timur dengan rotasi tebang 8 (delapan) tahun memerlukan pupuk sekitar 200 g Urea/pohon untuk mengganti kehilangan hara N; 500 g TSP/pohon untuk mengganti kehilangan hara P dan perlu 190 -740 g KCl/pohon untuk mengganti kehilangan hara K akibat pemanenan batang pohon. Penggunaan pupuk kimia untuk lahan yang luas memiliki keunggulan dalam hal efisiensi kontainer. Hal ini dikarenakan kadar hara yang tinggi dalam pupuk kimia. Sebagai perbandingan, pupuk TSP 500 g memiliki kadar P₂O₅ yang setara dengan batuan fosfat seberat 1.222,2 - 1.277,7 g, dengan berdasar pada kandungan P₂O₅ TSP 44 - 46% dan batuan fosfat 18%. Namun, penggunaan pupuk kimia secara intensif berpengaruh negatif terhadap kesuburan tanah. Pada tanah masam, pemberian pupuk kimia menyebabkan penurunan pH tanah karena sifat asam dari pupuk tersebut. Selain itu, pupuk kimia menyebabkan tanah semakin tandus karena pembungkus bahan pupuk yang berupa polimer berasal dari bahan yang tidak terurai dalam tanah.

Penggunaan batuan fosfat sebagai sumber hara P di lahan marginal, dalam hal ini tanah masam, dapat dijadikan alternatif untuk meminimalisir kerusakan tanah. Pada kegiatan pertanaman intensif, pengurusan hara di tanah marginal menyebabkan pemiskinan hara tanah. Oleh karena itu usaha konservasi tanah melalui pemberian sumber hara yang ramah lingkungan sangat diperlukan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Batuan fosfat merupakan pupuk P alam yang berpotensi sebagai penyedia hara P di tanah masam. Namun dalam aplikasinya perlu memperhatikan sifat kimia dari tanah tersebut untuk mengoptimalkan efektivitas penggunaannya, antara lain pH tanah, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa dan kejenuhan unsur Al. Sedangkan pemilihan batuan fosfat sebagai pupuk P alam didasarkan pada kadar P_2O_5 total, kadar karbonat bebas dan ukuran butir.
2. Penggunaan batuan fosfat sebagai pupuk P alam pada usaha pertanaman skala luas dan berdaur panjang di tanah masam lebih menguntungkan daripada penggunaan pupuk P kimia. Sifat batuan fosfat yang *slow release* diharapkan mampu menyediakan hara P dalam tanah hingga daur tanam berikutnya. Selain itu kadar bahan ikutan (Mn, Cu, Zn) dapat dimanfaatkan tanaman sebagai sumber unsur hara mikro.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian aplikasinya untuk mengetahui sifat *slow release* dari batuan fosfat sebagai sumber hara P, terutama pada kegiatan pertanaman berjangka panjang seperti HTI.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S. J. dan T. Prihantini. 1986. Pengaruh Pengapuran dan Inokulan terhadap Produksi dan Pembintilan Tanaman Kedelai pada Tanah Podsolik di Sitiung II, Sumatera Barat. Hlm. 139-150. *Dalam* U. Kurnia, J. Dai, N. Suharta, I.P.G. Widjaya-Adhi, J. Sri Adiningsih, S. Sukmana, J. Prawirasumantri (Ed.). *Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah*, Cipayung 10-13 November 1981. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Adiningsih, S. J., U. Kurnia, dan S. Rochayati. 1998. Prospek dan Kendala Penggunaan P Alam untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Pangan pada Lahan Masam Marginal. *Pertemuan pembahasan dan komunikasi Hasil penelitian Tanah dan Agroklimat*: 1-32.
- Anonim. 1991. *Kesuburan Tanah*. Badan Kerjasama Ilmu Tanah BKS. PTN. Direktorat Jenderal pendidikan Tinggi dan Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Bolan, N.S. dan M.J. Hedley. 1989. *Dissolution of Phosphate Rock on Soil*. Evaluation of Extraction Method for Measurement of Phosphate Rock Dissolution Fertilizer Research 19:65-75.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1969. *Ilmu Tanah*. Diterjemahkan Soegiman. Bharatara Karya Aksara. Jakarta.
- Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Perkasa. Jakarta. 355p.
- Hartatik, W., K. Idris, S. Sabiham, S. Djiniwati, dan J. Sri Adiningsih. 2004. Peningkatan Ikatan P dalam Kolom Tanah Gambut yang Diberi Bahan Ameliorant Tanah Mineral dan Beberapa Jenis Fosfat Alam. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 6(1):22-30.
- Mindawati, N. 2011. *Kajian Kualitas Tapak Hutan Tanaman Industri Hybrid E. urograndis sebagai Bahan Baku Industri Pulp dalam Pengelolaan Hutan Lestari (Studi Kasus PT Toba Pulp Lestari Simalungun, Sumatera Utara)*. Disertasi. Progam Doktorat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Noor, A. 2008. Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering dengan Fosfat Alam, bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang untuk Meningkatkan Hasil Kedelai. *Jurnal Tanah Tropika* 13(1): 49-58.

- Nurjaya., A. Kasno dan A. Rachman. 2011. Fosfat Alam. Balittanah. Bogor. 2011.
- Poerwowidodo.1991. Gatra Tanah Dalam Pembangunan Tanaman di Indonesia. CV Rajawali. Jakarta.246p.
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian 25(2): 39-46.
- Prasetyo, B.H. dan R.J. Gilkes. 1995. Hubungan antara Serapan P dengan Beberapa Sifat Kimi Tanah serta Kelarutan Fosfat Alam pada Tanah Oxic Rhodic Paleustalf dari Daerah Pasir Bungur Jawa Barat. Jurnal Penelitian Tanah dan Pupuk. 13:20-26.
- Rajan, S.S.S., J.H. Watkinson, dan A.G. Sinclair. 1996. *Phosphate rock for Direct Application to Soil*. Adv. Agron. 57. 159h.
- Sastro, Y. 2011. Ketahanan Hidup *Aspergillus niger* pada Batuan Fosfat yang Dipeletkan serta Kemampuan Pelarutannya. *Tesis*. 40p.
- Sedyarso, M. 1999. Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Suharta, N. 2010. Karakteristik dan permasalahan tanah marginal dari Batuan Sedimen Masam di Kalimantan. Jurnal Litbang Pertanian. 29(4).
- Sutriadi, M.T., S. Rochayati, dan A. Rachman. 2009. Pemanfaatan Pupuk Fosfat Alam sebagai Sumber Pupuk P. Balai Penelitian Tanah. 124p.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.P. Beaton. 1990. *Soil Fertility and Fertilizer*. Mc MacMillan Co. New York.