

PENGUNAAN FOSFAT ALAM SEBAGAI PUPUK ALTERNATIF UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI PADI PADA TANAH MASAM DI KALIMANTAN SELATAN

Khairil Anwar dan Ani Susilawati

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa
Jalan Kebun Karet, Loktabat, PO Box 31 Banjarbaru, Kalimantan Selatan

ABSTRACT

Rock Phosphate as Alternative Fertilizer to Increase Rice Production in Acid Soil in South Kalimantan. Phosphor is the second most essential macro nutrient for rice, how ever, expensive price of phosphor and it is availability should be concerned. Rock phosphate (natural phosphate) is prospective as one of alternatives to replace the existing P fertilizer, such as TSP and SP36, as the natural phosphate is cheaper. Natural phosphate is expected to be suitable for the acid soil in South Kalimantan. Results of several experiments that have been done in South Kalimantan indicated that: (1) rock of phosphate (RAE) was relatively as effective as the TSP and SP36 fertilizers, (2) natural phosphate should be applied based on the status of soil P the P should only applied for rice when the status of soil P land was $<20 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$, (3) the rate of P applied should be based on result of spesificc location and crops, and (4) quality of the natural phosphate should meet the Indonesian national standard (INS).

Key words: *Rock phosphate, rice, acid soil, South Kalimantan.*

ABSTRAK

Hara fosfat merupakan hara utama kedua yang dibutuhkan paling banyak oleh tanaman padi, dilain pihak harga pupuk fosfat semakin mahal dan langka, karena itu dibutuhkan pengetahuan tentang hara fosfat agar efesiensinya dapat ditingkatkan sehingga pendapatan petani dapat meningkat. Fosfat alam (*rock phosphate*) merupakan salah satu alternatif untuk mengganti pupuk P yang banyak beredar seperti TSP atau SP36, karena harganya yang lebih murah. Pupuk tersebut cocok untuk diaplikasikan di Kalimantan Selatan, karena sebagian besar lahannya didominasi oleh tanah-tanah masam, seperti tanah podsolik merah kuning dan lahan rawa sulfat masam. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) fosfat alam

efektifitasnya (RAE) relatif sama dengan pupuk TSP, (2) pemberian fosfat alam harus memperhatikan status P tanah, pemberian pupuk P untuk padi sawah hanya dilakukan bila status P tanah termasuk rendah atau mempunyai nilai $<20 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100\text{g}$, (3) takaran pupuk P yang diberikan hendaknya berdasarkan pada hasil penelitian spesifik lokasi dan tanaman, dan (4) pemilihan mutu pupuk fosfat alam hendaknya berdasarkan pada ketentuan SNI yang telah ditetapkan.

Kata kunci: Fosfat alam, padi, tanah masam, Kalimantan Selatan.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data pemakaian pupuk utama (N, P, K) dan peningkatan produksi selama kurun waktu tiga puluh tahun terakhir menunjukkan bahwa peningkatan pemakaian pupuk tidak sebanding dengan peningkatan produksi. Hal ini berarti pemupukan yang dilakukan selama ini masih belum efisien. Dilain pihak meningkatnya harga pupuk dari tahun ke tahun seiring dengan berkurangnya subsidi pemerintah terhadap pembuatan pupuk sehingga membutuhkan teknologi pemupukan yang efisien. Pemupukan yang efisien dapat meningkatkan pendapatan petani.

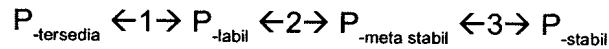
Pupuk fosfat merupakan salah satu pupuk utama yang diperlukan oleh tanaman padi dan sudah dikenal sebagian besar petani. Efisiensi pemakaian pupuk tersebut ditingkat petani sangat rendah. Hal ini terjadi karena ketidaktahuan para petani tentang bagaimana sebenarnya cara pemupukan fosfat yang efisien sesuai dengan tanaman dan agroekologi yang diusahakan. Petani cenderung memberi fosfat setiap musim tanam, tanpa mengetahui bahwa pupuk fosfat yang diberikan mampu memberi residu pada pertanaman berikutnya, pada kandungan fosfat tanah yang tinggi tidak diperlukan pemupukan, terutama untuk padi sawah. Usaha untuk mengubah kebiasaan para petani supaya mengurangi pemberian fosfat dalam rangka meningkatkan efisiensi masih sulit dilakukan. Oleh karena itu, pihak pemerintah melakukan kebijakan menaikkan harga pupuk fosfat yang jauh lebih besar dari pupuk N (urea) dengan harapan petani akan mengurangi pemberian pupuk fosfat pada setiap musim tanam. Disamping itu juga dikenalkan pupuk SP36 sebagai pengganti pupuk TSP dengan harapan jumlah P_2O_5 yang diberikan pada tanah menjadi lebih kecil, walaupun petani memberi pupuk SP36 dengan takaran yang sama dengan TSP yang selama ini mereka berikan. Usaha lebih jauh adalah memperkenalkan pupuk P dengan kandungan yang lebih rendah yaitu fosfat alam (*rock phosphate*). Kandungan P_2O_5 -nya bervariasi tergantung kualitas pupuk tersebut, secara umum berkisar antara 15–36 %. Untuk memahami tentang pemupukan fosfat dan bagaimana peluang pemanfaatan fosfat alam sebagai alternatif sumber pupuk P pada tanah masam khususnya untuk tanaman padi, maka dalam makalah ini akan disampaikan tentang pupuk fosfat alam, kelakuan fosfat alam di dalam tanah masam, dan hasil-hasil penelitian pemupukan fosfat pada tanaman padi.

Kelakuan Fosfat pada Tanah Masam

Banyak jenis tanah yang ada di Kalimantan Selatan, hanya ada tiga jenis tanah masam ($\text{pH} < 5,5$) yang mendominasi daerah tersebut, yaitu: tanah podsolik merah muning di lahan kering, tanah sulfat masam dan gambut di lahan rawa pasang surut dan lebak. Pada tanah-tanah masam, kelarutan Al dan Fe umumnya tinggi sehingga ion fosfat difiksasi menjadi bentuk Al-P dan Fe-P yang sukar larut dan tidak tersedia langsung bagi tanaman. Pada keadaan drainase baik, bentuk *varicite* ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan *strengite* ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dominan dijumpai, sedangkan pada drainase jelek atau tergenang bentuk *wavelite* [$\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$] dan *vivianite* [$\text{Fe}_3(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$] yang dominan dijumpai.

Tanaman akan menyerap fosfat dalam bentuk ion H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} . Ketersediaan ketiga bentuk ion fosfat tersebut dipengaruhi oleh pH tanah, kelarutan ion Fe, Al, dan Mn, adanya mineral mengandung Fe, Al, dan Mn, tersedianya ion Ca, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik serta kegiatan jasad renik. Pada tanah masam, bentuk H_2PO_4^- yang dominan, karena pada tanah masam ion Al dan Fe melebihi ion H_2PO_4^- maka hanya sebagian kecil H_2PO_4^- yang tinggal dan tersedia untuk pertumbuhan tanaman.

Pada tanah tergenang seperti halnya pertanaman padi, terjadi reaksi-reaksi reduksi dalam larutan tanah sehingga terjadi kenaikan pH tanah secara perlahan. Akibatnya sebagian fosfat yang terfiksasi oleh Al dan Fe akan terlepas dan tersedia bagi tanaman. Bentuk fosfat dalam tanah berkeseimbangan mengikuti persamaan berikut:



Keterangan: reaksi (1) berjalan spontan dan ini merupakan proses serapan. Oleh karena itu, P-labil disebut pula P-terserap. Reaksi (2) dan (3) merupakan reaksi lambat dan merupakan proses fiksasi.

P-tersedia merupakan yang siap diambil tanaman yaitu bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} dalam larutan tanah. P-labil merupakan bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} yang berada dalam kompleks jerapan tanah, dan secara spontan akan dilepas ke dalam larutan tanah membentuk keseimbangan baru, apabila konsentrasi dalam larutan tanah berkurang akibat diambil tanaman atau tercuci/terfiksasi. P-metastabil merupakan P yang terfiksasi (Al-P, Fe-P, Ca-P, dan Mn-P). Sedangkan P-stabil merupakan fosfat dalam bentuk batuan/mineral fosfat yang sangat sukar larut (mineral apatit) dan membutuhkan proses yang lama untuk bergeser atau berubah menjadi bentuk P-metastabil.

Bentuk keseimbangan inilah yang mendasari kenapa padi sawah selama ini tidak respon terhadap pemberian pupuk fosfat pada tanah-tanah sawah yang mempunyai kandungan P-cadangan (P-terekstrak HCl 25%) lebih dari

20 mg $P_2O_5/100g$ (kriteria sedang ke atas). Bentuk P-labil dan metastabil mampu berubah menjadi bentuk P yang tersedia bagi tanaman. Hasil studi menunjukkan bahwa terjadi korelasi positif antara nilai P-total dan P-tersedia.

Hasil-Hasil Penelitian Pemupukan Fosfat pada Tanaman Padi

Banyak penelitian pemupukan fosfat yang telah dilakukan di berbagai lokasi Kalimantan Selatan, baik di lahan rawa pasang surut dan lebak, lahan kering podsolik merah kuning, lahan sawah tadah hujan, dan lahan beririgasi dengan berbagai komoditi baik padi maupun palawija.

Tabel 1. Nilai dan Status P-total Tanah Pada Berbagai Jenis Tanah di Kalimantan Selatan

Agroekologi				P-total		
Tipologi lahan	Tipe luapan/hidrologi	Pola tanam	Lokasi/desa	pH tanah	P ₂ O ₅ /100g	Kriteria
Sulfat masam	B	Padi lokal	Terantang	3,65	52,5	T
	B/C	Padi lokal	Terantang	3,63	50,0	T
	C	Padi lokal	Barambai	3,87	80,9	ST
	C	Kedelai-padi	Simpang Jaya	3,70	262,3	ST
	C	Terlantar	Barambai	3,40	38,9	S
Bergambut	C	Kedelai-padi	Pinang Habang	4,31	254,3	ST
	C	Kedelai-padi	Suryakanta	3,78	25,0	S
Gambut dangkal	C	Padi lokal-bera	Waringin Kencana	3,60	68,4	ST
	C	Padi lokal-bera	Kolam Makmur	4,00	108,2	ST
Potensial	C	Padi lokal-bera	Sungai Tabuk	4,00	38,6	S
	C	Padi lokal-bera	Gudang Hiranng	4,30	41,9	T
Podsolik Merah kuning	LK	Kacang tanah	Sungkai	4,20	24,2	S
	LK	Kacang hijau	Bumi Asih	4,74	9,3	R
Sulfat masam	Lebak	Padi lokal -bera	Kalumpang	3,25	23,4	S
Gambut	Lebak	Padi-kedelai	Pulau Danar	4,90	48,9	T
Potensial	Lebak	Padi lokal -bera	Tabat, Pamangkih	4,90	47,1	T

Keterangan: S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi, LK = lahan kering.

Sumber: Dikumpulkan dari hasil survei dan penelitian (Anwar, 1991–1996).

Hasil-hasil penelitian pada tanaman padi pada berbagai tipologi lahan umumnya tanaman padi tidak respon terhadap pemberian pupuk fosfat pada lahan-lahan sawah yang mempunyai kandungan P-cadangan (total) tanah diatas 20 mg $P_2O_5/100g$ (kriteria 'sedang' ke atas). Hanya sebagian dari pupuk P yang diberikan diserap tanaman, sisanya terjerap tanah. Semakin banyak pupuk P yang diberikan, semakin besar kandungan P-total yang terukur. Dengan demikian pada tanah yang mempunyai kandungan P-total diatas kriteria 'sedang' (>20 mg $P_2O_5/100g$), pupuk P cukup diberikan dengan dosis rendah (untuk perawatan) sekitar 22,5–33,75 kg P_2O_5/ha atau setara dengan hara fosfat yang terserap oleh tanaman setiap kali panen. Pada tanah-tanah yang mempunyai kandungan P-total rendah, pupuk P diberikan dengan takaran 45–67,5 kg P_2O_5/ha . Untuk itu, status P tanah perlu diketahui pada lahan-lahan sawah, agar takaran pemupukan P dapat ditentukan. Hasil survei status P pada tanah-tanah di Kalimantan Selatan disajikan pada tabel 1.

Pemakaian Fosfat Alam sebagai Sumber Pupuk Fosfat

Fosfat alam atau P-alam merupakan mineral fluorapatit [$Ca_{10}(PO_4)_6F_2$] dan merupakan bahan dari berbagai macam pupuk fosfat buatan yang ada. Fosfat alam dapat dijadikan sebagai pupuk langsung setelah digiling halus (80–100 mesh), namun kandungan P dan daya larutnya dalam air relatif kecil. Dalam industri pupuk, mineral tersebut dipanaskan atau direaksikan dengan asam sulfat/fosfat (DS/SP36), atau TSP dengan kandungan P_2O_5 yang berbeda yang disebut asidulasi. Batuan fosfat yang dijadikan sebagai sumber pupuk P langsung adalah yang berasal dari batuan sedimen (endapan marin lunak). Batuan sedimen tersebut mendominasi sekitar 80% produksi dunia. Bentuk mineral apatit yang dominan adalah francolit atau karbonat fluorapatit dengan rumus umum [$Ca_{10-a-b}Na_aMg_b(PO_4)_{6-c}(CO_3)_cF_{185c}$]. Batuan fosfat alam tersebut mengandung unsur ikutan antara lain Al_2O_3 , Fe_2O_3 , $CaCO_3$ bebas, dolomit, silika/kwarsa, Zn, Cu dan Co. Batuan tersebut tersebar di beberapa negara di seluruh dunia, termasuk Indonesia dengan berbagai kualitas. Hasil analisis kimia beberapa pupuk fosfat alam disajikan pada tabel 2.

Reaktivitas fosfat alam terbagi dalam tiga kelompok yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Hal ini dipengaruhi oleh proses pembentukannya. Pengelompokan reaktivitas fosfat alam berdasarkan sumber/lokasi /negara disajikan pada tabel 3.

Tabel 2. Hasil analisis kimia beberapa pupuk fosfat alam

Fosfat alam	Kadar P ₂ O ₅ (%)		Ca (%)	Mg (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
	Total	Asam sitrat 2%				
Luar negeri						
China Huinan	29,84	11,48	29,64	0,70	1,19	0,32
China Guizhou	31,84	11,02	33,38	1,54	0,43	0,37
Nutrifer	29,41	11,88	26,96	0,66	1,36	1,24
Tunisia	29,70	14,40	32,20	0,30	0,50	0,50
Senegal	35,67	14,75	33,35	0,04	0,97	1,14
Togo	33,61	14,75	33,92	0,03	1,21	1,39
Algeria	30,50	18,40	31,96	0,78	0,43	0,40
Maroko	27,80	18,43	31,12	0,79	0,33	0,70
North Caroline	27,21	20,58	25,95	0,09	1,19	4,15
Florida	30,80	18,60	44,70	-	-	-
Chrismast	27,42	18,13	13,33	0,08	6,56	16,62
Dalam negeri						
Ciamis	30,56	20,58	32,14	0,14	0,57	1,93
Cibinong/Ciluar	27,28	13,10	31,50	-	3,80	4,90
Gresik	25,00	16,00	42,50	-	0,90	3,30
KSP	4,90	1,90	26,50	0,20	2,10	1,70

Sumber: Sri Adiningsih *et al.* (1997).

Tabel 3. Kelas reaktivitas beberapa sumber fosfat alam

Lokasi/negara	Kelas reaktivitas kimia
North Caroline, USA.	Tinggi
Gafsa, Tunisia	Tinggi
Djebel Onk, Algeria	Tinggi
Israel (Arad)	Tinggi
Bahia Inglesa, Chile	Tinggi
El-Hassa, Jordan	Sedang
Huila, Colombia	Sedang
Pesca, Colombia	Sedang
Marocco (Khouribga)	Sedang
Kaiyang, Cina	Rendah
Hahotoe, Togo	Rendah
Naura Island	Rendah
Christmas Island	Rendah

Sumber: Lehr dan Mc Clellan (1972).

Kandungan P pada fosfat alam bervariasi antara 15–36% P_2O_5 , tergantung asal fosfat alam tersebut. Efektifitas pupuk ditentukan oleh faktor pupuk fosfat alam, faktor tanah, dan lingkungan serta faktor tanaman. Faktor pupuk fosfat alam adalah reaktifitas kimia atau kelarutan (Tabel 1), ukuran butir/bentuk fisik, dan tingkat penggunaan pupuk fosfat alam. Faktor tanah dan lingkungan adalah kelembaban, kemasaman tanah (sumber ion H), dan status Ca dan P tanah. Sedangkan faktor tanaman ditentukan jenis/kelompok tanaman, semakin tinggi reaktifitas kimia maka semakin besar kelarutan fosfat alam dan diharapkan tanaman semakin respon. Reaktifitas ini ditentukan oleh asal deposit, komposisi, dan karakteristik mineraloginya, sifat fisik dan sifat kimianya. Jika pupuk fosfat alam termasuk kelas reaktifitas tinggi maka penggunaan langsung tidak perlu digiling halus.

Pengukuran reaktifitas/kelarutan dilakukan dengan pengukuran kelarutan dalam larutan asam format 2%, asam sitrat 2%, dan asam sitrat netral. Suatu pupuk fosfat alam dikatakan reaktifitas tinggi jika hasil masing-masing analisis melebihi 65%, 40%, dan 18% dari total P_2O_5 yang diekstrak dengan HCl 25%. Semakin halus butirnya maka semakin besar kelarutannya, terutama untuk ukuran lebih besar dari 100 mesh dan merupakan fosfat alam reaktifitas tinggi, tidak berlaku bagi fosfat alam yang tidak reaktif. Semakin besar pupuk fosfat alam yang diberikan maka semakin kecil kelarutannya per unit pupuk yang diberikan. Kelarutan fosfat alam optimal pada kadar air kapasitas lapang dan hanya larut pada kondisi masam. Semakin tinggi kadar Ca dan P dalam tanah maka semakin kecil kelarutan fosfat alam yang diberikan dalam tanah. Bila tanaman mempunyai kemampuan yang besar dalam menyerap Ca, P, dan mengeluarkan ion H^+ pada *rhizosphere* maka akan menambah kelarutan pupuk fosfat alam. Berdasarkan pengaruh terhadap RAE pupuk fosfat alam, maka tanaman dapat dikelompokkan ke dalam empat kelompok yaitu tanaman semusim (serelia, leguminosa, sayuran, dan umbi-umbian), tanaman tahunan (tanaman industri/perkebunan, hortikultura/buah-buahan, leguminosa, dan non-leguminosa), tanaman pasutra (rumput-rumputan dan leguminosa), dan tanaman kehutanan (HTI yang tumbuh cepat). Selain jenis/kelompok tanaman, pola tanam, dan cara aplikasi pupuk juga turut mempengaruhi efektifitas pupuk fosfat alam.

Bervariasinya kualitas fosfat alam memerlukan adanya standarisasi mutu pupuk tersebut untuk digunakan sebagai pupuk bagi tanaman. Standarisasi yang mengacu pada SNI yang membagi mutu pupuk fosfat alam menjadi tiga kelompok yaitu grade A, B, dan C (Tabel 4).

Tabel 4. Syarat mutu pupuk fosfat alam berdasarkan SNI

No. Kadar	Syarat kualitas (%)		
	A	B	C
1. P_2O_5 dengan ekstrak HCl 25%	min 28	min 24	min 18
2. P_2O_5 dengan ekstrak asam sitrat 2%	min 10	min 8	min 6
3. Ca + Mg setara CaO	min 40	min 40	min 35
4. R_2O_5 ($Al_2O_3 + Fe_2O_3$)	maks 3	maks 6	maks 15
5. Air	maks 3	maks 3	maks 3
6. Lolos 80 mesh	min 50	min 50	min 50
7. Lolos 100 mesh	min 80	min 80	min 80

Catatan: Semua analisa atas dasar berat kering.

Sumber: Sri Adiningsih *et al.* (1997).

Fosfat alam sudah lama digunakan sebagai pupuk terutama pada tanaman perkebunan di tanah-tanah masam, dan umumnya sumber pupuk tersebut lebih unggul dibanding pupuk TSP untuk tanaman dan tanah di atas. Namun, macam pupuk tersebut jarang digunakan untuk tanaman pangan. Dengan rendahnya efisiensi pemupukan fosfat maka memberikan peluang penggunaan fosfat alam sebagai salah satu sumber pupuk P untuk tanaman pangan. Dari beberapa hasil penelitian secara umum, efektifitas agronomi relatif (RAE) fosfat alam lebih baik dari TSP pada kondisi tanah, tanaman dan keadaan agroklimat tertentu.

Hasil Penelitian di Lahan Pasang Surut

Ada dua jenis tanah yang dominan dan bereaksi masam, yaitu tanah sulfat masam dan gambut. Permasalahan pemberian pupuk fosfat alam berbeda antar kedua jenis tanah tersebut. Pada tanah sulfat masam dimaksudkan untuk mengatasi masalah fiksasi P, sedangkan pada tanah gambut untuk memfiksasi P agar pencucian hara P dalam tanah menjadi rendah.

Hasil penelitian di lahan sulfat masam menunjukkan bahwa semua fosfat alam reaktif sama baiknya dengan TSP bila dijadikan sumber pupuk P pada padi bahkan melebihinya seperti fosfat alam Ciamis dan North Carolina. Sedangkan pada tanaman kedelai, fosfat alam sedikit lebih baik dari TSP.

Hasil Penelitian Podsolik Merah Kuning

Lahan kering masam yang ada di Kalimantan Selatan didominasi oleh tanah podsolik merah kuning. Hasil penelitian pada pertanaman padi gogo menunjukkan bahwa pupuk fosfat alam kualitas tinggi sama baiknya dengan

TSP sampai 7 musim tanam berturut-turut. Pemberian 400 kg/ha fosfat alam sebagai dosis awal pemupukan dapat memberikan pengaruh residu yang efektif selama 3 tahun (>5 musim tanam). Faktor yang menentukan pengaruh pemberian pupuk fosfat alam (kelarutannya) pada tahap awal dan residunya adalah interaksi antara tingkat reaktifitas pupuk fosfat alam, sifat-sifat tanah, dan lingkungan serta sifat-sifat tanaman.

Tanah podsolik merah kuning selain banyak dimanfaatkan sebagai lahan kering untuk padi gogo, juga terdapat sebagai lahan sawah. Hasil penelitian di lahan sawah dengan tanaman padi menunjukkan bahwa efektifitas (RAE) fosfat alam reaktifitas tinggi dan rendah sebanding dengan TSP jika diberikan dengan takaran 60 kg/ha P_2O_5 atau lebih. Bila kurang dari takaran tersebut maka TSP lebih baik. Pemilihan pupuk fosfat alam sebagai sumber P perlu mempertimbangkan masalah biaya. Umumnya harganya lebih murah daripada TSP atau SP36, tetapi karena kandungan P_2O_5 yang lebih kecil maka volumenya menjadi lebih besar sehingga biaya transportasi juga lebih besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari apa yang telah diuraikan diatas dapat disimpulkan dan disarankan sbb. :

1. Fosfat alam dapat dijadikan sebagai alternatif sumber P untuk tanaman padi di tanah masam Kalimantan Selatan. Secara umum mempunyai efektifitas (RAE) yang relatif sama dengan pupuk TSP.
2. Pemberian pupuk P termasuk yang berasal dari fosfat alam harus memperhatikan status P tanah. Pemberian pupuk P pada tanaman padi sawah hanya dilakukan bila status P tanah termasuk rendah atau mempunyai nilai $<20 \text{ mg } P_2O_5/100\text{g}$.
3. Takaran pupuk P yang diberikan hendaknya mengacu pada hasil penelitian spesifik lokasi dan tanaman padi, dan pemilihan mutu pupuk fosfat alam berdasarkan pada ketentuan SNI yang telah ditetapkan.
4. Pada tanah mineral masam yang dominan di Kalimantan Selatan (podsolik merah kuning dan tanah sulfat masam) sebaiknya diberikan pupuk fosfat alam yang mempunyai reaktifitas tinggi (grade A), sedangkan pada tanah gambut dapat diberikan pupuk fosfat alam dengan grade C.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, J.S. dan Fairhurst, T. 1996. The use of reactive phosphate rocks for the rehabilitation of anthropic savannah in Indonesia. *Dalam*: Johnson, J. and Syers, K. (eds.). Nutrient Management in Sustainable Food Production in Asia. CAB International, Bali.

- Alwi, M. 1994. Pengaruh sumber dan takaran fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau di lahan kering. *Dalam: Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990–1993*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru. Banjarbaru.
- Alwi, M. 1997a. Pengaruh pemberian kalsit dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam: Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Lahan Rawa*. Buku 1. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Alwi, M. 1997b. Pengaruh pemberian kalsit dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah di lahan pasang surut sulfat masam bergambut. *Dalam: Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Lahan Rawa*. Buku 1. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Anwar K., Nurita, R. Dirgahayuningsih, dan M. Sarwani. 1997. Pengelolaan pemupukan fosfat pada berbagai pola tanam di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam: Laporan Hasil Penelitian Balittra*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Anwar K., Nurita, R. Dirgahayuningsih, dan M. sarwani. 1996. Pengelolaan pemupukan fosfat pada tanaman kedelai di lahan rawa pasang surut. *Dalam: Laporan Hasil Penelitian Balittra*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Anwar, K dan M.Z. Arifin. 1994. Tanggap kacang tunggak terhadap pemupukan organik dan anorganik di lahan kering. *Dalam: Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990–1993*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru. Banjarbaru.
- Arifin, Z. dan M. Noor. 1994. Tanggap kacang tanah terhadap pemberian kapur dan fosfat serta residunya di lahan kering. *Dalam: Risalah Hasil Penelitian Kacang kacang 1990–1993*. Balai Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru. Banjarbaru.
- Arifin, M.Z. 1997. Pengaruh kapur dan fosfat terhadap hasil kacang tanah pada lahan gambut di Kalimantan Selatan. *Dalam: Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Lahan Rawa*. Buku 1. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Fauziti, N. dan R.S. Simatupang. 1994. Pengaruh dosis dan sumber fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil padi IR64 di lahan pasang surut sulfat masam. *Dalam: Budidaya Padi Lahan Pasang Surut dan Lebak*. Serelia I. Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Friesen, D.K., J.S. Adiningsih, M. Sudjadi, dan S. Partohardjono. 1990. Reactive phosphate rocks as alternative P sources for upland crops on Sumatera Soils. *Dalam: Proceeding of Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk P*. CSAR. Bogor, Indonesia, p. 367–379.

- Goh, K.J. and P.S. Chew. 1995. Direct application of phosphate rocks to plantation tree crops in Malaysia. *Dalam: Int. Workshop on Direct Application of Phosphate Rocks as Appropriate Technology Fertilizer in Asia: What Hinders Acceptance and Growth. Int. Fertilizer Development Center and Institutional of Fundamental Study. Kandy, Sri Langka.*
- Hughes, J.C. and R.J. Gilkes. 1986. The effect of soil properties and level of fertilizers application on the dissolution of Sechura rock phosphate in some soils from Brazil, Columbia, Australia, and Nigeria. *Aust. J. Soil Res.* 24: 219–227.
- Lehr, J.R. and G.H. McClellan. 1972. A revised laboratory reactivity scale for evaluating phosphate ricks for direct application. TVA. Bulletin Y-43. Tennessee Valley Authority, Muscle Sheals, A1.
- Khasawneh, F.E. and E.C. Doll. 1978. The use of phosphate rock for direct applicattion to soils. *Advances in Agronomy.* 30: 159–206.
- Moersidi, S.J. Prawirasumantri, IPG Widja Adhi dan M. Sudjadi. 1983. Pengaruh fosfat alam dan TSP terhadap hasil padi sawah di Jawa. *Dalam: Pemberitaan Penelitian Pupuk dan Tanah. Puslittanak. Bogor.*
- Mutert, E. and J.S. Adiningsih. 1996. Tropical upland improvement: Comparative performace of different phosphorus sources. *Dalam: Johnson, J. and Syers, K. (eds.). Nutrient Management in Sustainable Food Production in Asia. CAB International. Bali.*
- Noor, M. dan M.Z. Arifin. 1994. Pengaruh pemberian kapur dan fosfat terhadap hasil kedelai di lahan sawah tadah hujan. *Dalam: Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990–1993. Balai Penelitian Tanaman Pangan Banjarbaru. Banjarbaru.*
- Sri Adiningsih, Sri Rochayati, Moersidi S. dan A. Kasno. 1997. Prospek penggunaan pupuk fosfat alam untuk meningkatkan budidaya pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Dalam: Makalah Seminar Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat Alam Mendorong Pembangunan Pertanian Indonesia yang Kompetitif. Jakarta 1997.*
- Subiksa IGM., D. Ardi dan IPG Widjaja Adhi. 1990. Perbandingan pengaruh fosfat alam dan TSP pada tanah sulfat masam (Typic Sulfaquent) Karang Agung Ulu. *Dalam: Prosiding Pertemuan Pembahasan Hasil Penelitian Tanah, Cipayung 3–5 Juni 1991.*
- Subiksa, IGM., K. Anwar dan IB. Aribawa. 1993. Evaluasi Keefektifan Fosfat Alam dan TSP pada Tanah Sulfat Masam Tarantang, Kalimantan Selatan. (Unpublish).

- Subiksa IGM., Sulaeman, dan IPG. Widjaja Adhi. 1997. Perbandingan pengaruh bahan amelioran pada lahan gambut Kalimantan Tengah. (Laporan Hasil Penelitian).
- Subiksa IGM, Didi Ardi, S. dan IPG Widjaja Adhi. 1990. Pengaruh pupuk P-alam dan TSP terhadap hasil padi sawah di lahan pasang surut Karang Agung Ulu Sumatera Selatan. *Dalam: Prosiding Seminar Penelitian Lahan Pasang Surut dan Rawa Swamps II*, 1990 di Palembang. Badan Litbang Deptan.
- Supriyo, A. dan R. Dirgahayuningsih. 1997. Efek residu sumber dan takaran fosfat atas keragaan hasil kedelai pada tanah sulfat masam. *Dalam: Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Lahan Rawa. Buku 1. Balai Penelitian Pangan Lahan Rawa. Banjarbaru.*
- Widjaja Adhi IPG. Dan M. Sudjadi. 1987. Status dan kelakuan fosfat pada sawah-sawah di Indonesia. Puslittanak. Bogor.