

# PEMANFAATAN FOSFAT ALAM UNTUK TANAMAN PERKEBUNAN

*Nurjaya, A. Kasno, dan A. Rachman*

## PENDAHULUAN

Tanah perkebunan di Indonesia sebagian besar tergolong jenis Podsolik, Latosol, sedikit Regosol, dan sedikit jenis lainnya, yang secara umum keseluruhan berkadar P rendah. Pada tanaman perkebunan, pupuk P biasanya diberikan dalam bentuk TSP atau P-alam. Menurut Sedyarso (1999), penggunaan P-alam untuk perkebunan mempunyai keuntungan karena harganya relatif lebih murah, disamping itu P-alam mempunyai kandungan unsur lain (Ca, Cu dan Zn) yang relatif lebih tinggi. Dengan demikian pupuk P-alam selain sebagai sumber P juga mempunyai manfaat sebagai bahan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah.

Prospek penggunaan P-alam sebagai sumber P khususnya pada tanah mineral masam diharapkan cukup baik, karena mudah larut dalam kondisi masam serta dapat melepaskan fosfat secara lambat (*slow release*). Kualitas pupuk P-alam dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: sifat mineral, kelarutan, besar butir, kadar karbonat bebas, kadar  $P_2O_5$  total dan jenis deposit batuan fosfat. Efektivitas penggunaan P-alam sangat ditentukan oleh reaktivitas kimia, ukuran butir, sifat-sifat tanah, waktu dan cara aplikasi, takaran P-alam, jenis tanaman dan pola tanam (Lehr dan McClellan, 1972; Chien, 1995; Rajan *et al.*, 1996).

Menurut Buckman dan Brady (1980) terdapat tiga problem dalam pengelolaan fosfor: (1) jumlah total dalam tanah kecil; (2) tidak tersedianya fosfor asli; dan (3) terjadi fiksasi fosfor dalam

tanah dari sumber pupuk yang diberikan. Sebagian besar fosfor dalam tanah umumnya tidak tersedia bagi tanaman meskipun keadaan lapangan paling ideal. Dengan demikian, masalah utama pada tanah-tanah masam adalah kekahatan fosfor (P), fiksasi P yang tinggi dan keracunan Al, Mn dan kadang-kadang Fe. Kekahatan P pada umumnya parah disebabkan terikatnya unsur-unsur tersebut secara kuat pada tanah seperti mineral liat tipe 1 : 1 dan oksida-oksida Al dan Fe, maupun reaksi antara P dengan Al, sehingga unsur P tidak tersedia untuk tanaman (Radjagukguk, 1983).

P-alam adalah batuan apatit yang mengandung fosfat cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pupuk dengan rumus molekul  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_2)_6\text{F}_2$ . P-alam yang mengalami pelapukan, ion Ca bisa disubstitusi oleh ion Na dan Mg, dengan rumus molekul berubah menjadi  $\text{Ca}_{10-a-b}\text{Na}_a\text{Mg}_b(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{CO}_3)_x\text{F}_{0,4x}\text{F}_2$  (McClellan, 1978). Pupuk P-alam mempunyai kelarutan yang rendah bila digunakan pada tanah yang bereaksi agak netral sampai netral, sehingga penyediaan hara P dari pupuk lebih lambat dibandingkan kebutuhan P untuk tanaman tersebut.

## **SERAPAN HARA P TANAMAN**

Besarnya kebutuhan tanaman perkebunan terhadap unsur P dapat dinilai dari unsur P yang diserap oleh berbagai tanaman yang berbeda tergantung jumlah dan produksi yang dihasilkan serta keseimbangan dengan pemberian hara lainnya (Adiningsih, 1986). Jumlah hara yang dibutuhkan berbagai tanaman perkebunan dapat dinilai dari jumlah hara yang diserap baik yang diangkut dalam bentuk panen maupun untuk pertumbuhan seperti pada Tabel 25.

Dari enam komoditas perkebunan hara P yang diserap oleh tanaman lebih rendah dari unsur N dan K, namun demikian peranannya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sangat penting. Besarnya kebutuhan pupuk pada subsektor perkebunan menyebabkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan sangat besar. Biaya yang harus dikeluarkan untuk pemupukan pada tanaman perkebunan merupakan komponen terbesar dari biaya perawatan tanaman keseluruhan yang mencapai 40 hingga 60% dari total biaya perawatan. Besarnya biaya tersebut dikarenakan kuantitas pupuk yang dipakai oleh pengusaha perkebunan di Indonesia dalam dekade yang lalu memanfaatkan jenis-jenis pupuk yang disubsidi Pemerintah, sehingga produk perkebunan kita mampu bersaing di pasaran internasional (Suwandi dan Lubis, 1998).

Tabel 25. Jumlah hara yang diserap tanaman dalam bentuk panen dan pertumbuhan dalam berbagai tanaman perkebunan per tahun

Komoditas	Jumlah hara yang diserap			Produksi
	N	P	K	
	kg ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>			
Kelapa sawit	192	59	301	25,0 ton TBS
Kelapa	130	60	200	1.000,0 butir
Karet	60	30	65	2,5 ton latex
Kakao	40	15	70	1,0 ton biji
Kopi	120	30	130	1,5 ton biji
Teh	160	40	90	2,5 ton
Tebu	130	105	410	120,0 ton
Tembakau	130	40	240	2,5 ton

Sumber: Suwandi dan Lubis, 1988

## PENGGUNAAN P-ALAM

Penelitian penggunaan P-alam yang berasal dari luar pada berbagai tanaman perkebunan telah lama dilakukan, sedangkan

penelitian penggunaan P-alam lokal masih sedikit dikarenakan deposit P-alam yang ada di Indonesia masih sedikit yang ditambang serta kandungan P relatif lebih beragam jika dibandingkan dengan yang berasal dari P-alam impor. Hasil penelitian penggunaan P-alam pada tanaman perkebunan di Indonesia masih terbatas pada tanaman kelapa sawit, karet dan kakao mengingat ketiga komoditas tersebut banyak dikembangkan ke lahan dengan pH tanah masam.

### **Tanaman Kelapa Sawit**

Sampai awal tahun 1980 perkebunan di Indonesia menggunakan sumber pupuk dari P-alam yang berasal dari import seperti *Christmas Island Rock Phosphate* (CIRP) dan P-alam Yordania yang kualitasnya cukup baik dengan kandungan  $P_2O_5$  berkisar antara 32-36%  $P_2O_5$  dengan kandungan  $CaO \pm 40\%$  dan  $R_2O_3$  kurang dari 3% dan butirannya cukup halus. Hasil penelitian penggunaan pupuk P-alam tersebut ternyata memberikan pengaruh positif baik terhadap pertumbuhan maupun produksi tanaman dan memberikan keuntungan ekonomis yang cukup baik.

Hasil penelitian penggunaan pupuk P-alam CIRP pada tanaman kelapa sawit di kebun Teluk Dalam Sumatera Utara oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit Marihat mulai dari tahun 1975 - 1981 menunjukkan bahwa pemberian P-alam CIRP nyata meningkatkan produksi tandan buah segar (Martoyo *et al.*, 1987). Demikian pula hasil penelitian di kebun Bukit Lima, pemberian P-alam terhadap jumlah tandan buah segar/ha menunjukkan perbedaan yang sangat nyata antar perlakuan dan kontrol khususnya di kebun Teluk Dalam. Sedangkan di dua kebun lainnya yaitu Dolok Sinubah dan Bukit Lima tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan. Terhadap rata-rata berat

tandan pada ketiga lokasi (Teluk Dalam, Dolok Sinubah dan Bukit Lima) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun menunjukkan kecenderungan bahwa pemberian pupuk P-alam menghasilkan rata-rata berat tandan yang lebih besar (Martoyo *et al.*, 1987).

Hasil penelitian di Kebun Bukit lima menunjukkan bahwa pemberian 1 – 2 kg P-alam dapat meningkatkan hasil TBS masing-masing 3 dan 4 t ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> dibandingkan perlakuan kontrol. Sedangkan hasil penelitian di Kebun Dolok Sinubah, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata, akan tetapi pemberian P-alam bobot TBS cenderung meningkatkan 1 – 1,5 t ha<sup>-1</sup> th<sup>-1</sup> (Suwandi dan Lubis, 1988).

Hasil Penelitian Ng dan Thambo dalam Paimin *et al.* (1977) menunjukkan bahwa jumlah relatif unsur P yang diserap tanaman kelapa sawit dari dalam tanah mengikuti urutan: P<Mg<Ca<N<K. Pada tingkat produksi 25 t tandan buah segar (TBS) per ha per tahun unsur P diserap dari dalam tanah sebesar 26 kg ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> (Tabel 26). Dari jumlah unsur hara P yang diserap tanaman tersebut sebagian besar tidak kembali ke dalam tanah yaitu sebanyak 56,5% dalam bentuk bagian vegetatif tanaman dan hasil tandan buah segar (TBS), sedangkan sisanya yaitu bagian pelepah yang dipangkas secara rutin dan bagian bunga jantan yang gugur akan kembali ke dalam tanah melalui dekomposisi sekitar 43,5%. Jumlah P yang tidak kembali ke dalam tanah sebanyak 14,7 kg ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> setara dengan 0,23 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pohon tahun<sup>-1</sup>. Dengan demikian jumlah pupuk P yang dikembalikan minimal setara dengan jumlah P yang terangkut keluar baik dalam bentuk vegetatif maupun hasil tanaman (tandan buah segar).

Tabel 26. Jumlah unsur P yang diserap tanaman dari dalam tanah dan disitribusinya dalam tiap komponen tanaman

Komponen tanaman	Jumlah P yang diserap
	kg ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup>
Bagian vegetatif	3,1 (11,9%)
Pelepah yang dipangkas secara tutin	8,9 (34,2%)
TBS (25 t ha <sup>-1</sup> )	11,6 (44,6%)
Bunga jantan	2,4 (9,2%)
Total	26,0 (100%)

Tanaman kelapa sawit selama fase pertumbuhannya memerlukan P relatif lebih kecil dari unsur N dan K. Sebagai sumber pupuk P bisa diberikan dalam bentuk TSP atau P-alam. Pupuk TSP bersifat cepat larut dengan kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> cukup tinggi yaitu 46%, sedangkan P-alam mempunyai kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bervariasi sampai 35% lebih. Pupuk TSP harganya relatif mahal dibandingkan dengan P-alam namun lebih cepat larut sehingga lebih muda tersedia bagi tanaman sedangkan pupuk P-alam memiliki variasi yang besar dalam kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam jumlah keseluruhan maupun ketersediaannya bagi tanaman walaupun dari deposit yang sama. Menurut Sedyarso (1999), penggunaan P-alam untuk perkebunan mempunyai keuntungan karena harganya relatif lebih murah, selain itu P-alam mempunyai kandungan unsur lain (Ca, Cu dan Zn) yang relatif lebih tinggi. Dengan demikian pupuk P-alam selain sebagai sumber P juga mempunyai manfaat sebagai bahan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah.

Sifat P dalam tanah tidak mobil karena tingkat ketersediaannya dalam tanah dipengaruhi oleh: reaksi tanah (pH), kadar Al dan Fe oksida, kadar Ca, kadar bahan organik, tekstur dan pengelolaan lahan. Fosfat tanah dapat dalam bentuk P

larutan, P labil, P difiksasi oleh Al, Fe atau Ca, dan P organik. Fosfat dalam larutan dapat berbentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  atau  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Havlin *et al.*, 1997), tergantung dari kemasaman larutan (pH). Fosfat tidak tersedia difiksasi oleh Fe dan Al oksida pada tanah masam, difiksasi Ca pada tanah basa. Bentuk-bentuk tersebut saling terjadi keseimbangan, artinya apabila bentuk P tidak tersedia dalam jumlah sedikit akan terjadi aliran hara P dari bentuk-bentuk yang tidak tersedia.

Fungsi P dalam tanaman berperan sebagai komponen enzim dan protein tertentu, adenosin trifosfat (ATP), asam ribo nukleat (RNA), asam deoksiribo nukleat (DNA) dan fitin. Berperan dalam reaksi tranfer energi, dan menurunkan sifat keturunan lewat DNA dan RNA. Gejala kekurangan P yaitu pertumbuhan lambat, lemah dan kerdil. Fosfat diperlukan terutama untuk pembentukan akar baru. Pada tanaman kelapa sawit, kekurangan P pada fase pertumbuhan vegetatif tanaman dapat menyebabkan pelepas daun memendek.

### **Tanaman Karet**

Hasil penelitian di kebun Cikumpay dan Cibodas menggunakan P-alam dari Cirebon menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman karet muda yang dipupuk NPK dengan P-alam sebagai pupuk P, tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tanaman yang dipupuk NPK dengan TSP sebagai sumber P. Sedangkan hasil penelitian pada tanah Podsolik di Sumatera Selatan, pemberian P-alam sama efektifnya dengan TSP untuk persemaian karet GT 1 (Hardjono, 1987).

Hasil penelitian pemupukan N, P dan K dimana sumber P berasal dari pupuk P-alam pada tanaman karet muda disajikan

pada Tabel 27. Penggunaan pupuk P-alam sebagai sumber P di perkebunan Cibodas dan Cikumpai Jawa Barat menunjukkan bahwa pertumbuhan karet muda yang dipupuk P-alam tidak berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan TSP. Penggunaan P-alam untuk tanaman karet pada tanah dengan pH masam lebih efektif sebagai pengganti TSP (Suwandi dan Lubis, 1990).

Pemberian P-alam dapat meningkatkan lilit batang sebesar 15-30% (Siregar *et al. dalam* Suwandi dan Lubis, 1990). Hasil penelitian lain penggunaan P-alam dengan cara pemberian pada lubang tanaman menunjukkan bahwa P-alam dapat lebih mempercepat pertumbuhan lilit batang sebesar 5-7% (Istianto dan Tampubolon, 1988).

Tabel 27. Pertumbuhan lilit batang tanaman karet dengan sumber P pupuk TSP dan fosfat alam

Perlakuan	Pertumbuhan lilit batang	
	Kebun Cikumpay	Kebun Cibodas
	mm bulan <sup>-1</sup>	
Kontrol	5,85	5,12
N P <sub>(TSP)</sub> K	7,55	6,57
N P <sub>(RP)</sub> K	7,50	6,31

Sumber: Thung Tjiang Pek *dalam* Harjono (1979)

Berdasarkan hasil penelitian Ruber Research of Malaya (1972) *dalam* Paimin *et al.* (1997) jumlah P yang diperlukan tanaman karet dibandingkan dengan hara N, K dan Mg dengan urutan kebutuhan sebagai berikut P<Mg<K<N. Hasil perhitungan jumlah P yang termobilisasi yang terikut dalam bentuk hasil lateks, dikembalikan dalam bentuk ranting + daun + buah, dan yang perlu dikembalikan dalam bentuk pupuk pada setiap tahunnya disajikan pada Tabel 28.



Tabel 28. Perkiraan jumlah P termobilisasi, yang terangkut ke dalam produksi, dan yang dikembalikan ke dalam tanah pada tanaman karet menghasilkan

Uraian	Jumlah hara P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g/pohon/tahun
P termobilisasi	110,0
P terikut ke dalam lateks	17,8
P dikembalikan dalam bentuk ranting, daun, dan buah	40,0
P diperlukan	87,8

Dari berbagai hasil penelitian penggunaan P-alam pada tanaman karet, penggunaan pupuk P baik yang bersumber dari pupuk buatan (TSP) dan P-alam memberikan hasil yang sama. Namun demikian penggunaan P-alam sebagai sumber P pada tanah-tanah masam dalam jangka panjang memberikan hasil lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk buatan. Walaupun sumber P-alam di Indonesia kandungan P relatif beragam namun penggunaan P-alam sebagai sumber P untuk tanaman memberikan prospek yang sangat baik jika digunakan pada tanah-tanah keras masam yang penyebarannya sangat luas di Indonesia.

### **Tanaman Kakao**

Tanaman kakao di Indonesia banyak dikembangkan pada tanah masam baik di Jawa Barat maupun Sumatera Utara, sehingga penggunaan pupuk P-alam akan efektif untuk tanaman kakao. Pada tanaman kakao, yang ditanaman pada tanah-tanah masam penggunaan pupuk P-alam sebagai sumber pupuk P lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan pupuk P dari sumber pupuk yang lain.

Hasil penelitian Harjono (1988) penggunaan pupuk P-alam sebanyak sembilan jenis, dua jenis P-alam lokal (setia Bakti RP dan Erista Raya RP) dan tujuh jenis P-alam yaitu P-alam Mitlaout, P-alam Mourales, P-alam Mesir, P-alam Maroko, P-alam Togo, P-alam Jordan dan P-alam Florida di Jawa Barat disajikan pada Tabel 29.

Tabel 29. Nilai RAE berbagai pupuk P-alam dibandingkan dengan TSP terhadap tanam kakao pada Kebun Cikopo, Cisalak, dan Ciomas

Jenis pupuk	Nilai RAE pupuk P-alam (%) pada tanah		
	Cikopo	Cisalak	Ciomas
TSP	100,0 a	100,0 a	100,0 a
P-alam Setia Bakti	141,2 a	301,4 bc	95,7 a
P-alam Erista Raya	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	307,0 bc	96,3 a
P-alam Florida	149,0 a	327,5 c	104,3 a

Sumber: Hardjono (1988)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kesembilan P-alam tersebut efektivitasnya sama dengan pupuk TSP di kebun Cikopo dan Ciomas sedangkan di kebun Cisalak pemberian P-alam Setia Budi, P-alam Erista Raya, P-alam Mitlaout, P-alam Mourales, P-alam Mesir, P-alam Maroko, P-lama Jordan, dan P-alam Florida lebih efektif dibandingkan dengan TSP terhadap serapan dan pertumbuhan tanaman kakao.

Hasil penelitian jangka panjang pada tanaman kakao selama 18 tahun oleh Dunlop Research Center, Negeri Sembilan, Malaysia menunjukkan bahwa pemberian pupuk P-alam dengan

takaran yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kakao di pembibitan dan pemberian P-alam pada awal tanam yang diberikan pada lubang tanam dapat mempercepat pertumbuhan awal tanaman. Sedangkan pemberian P-alam pada tanaman yang sudah menghasilkan secara teratur sangat diperlukan dalam mempertahankan produktivitas hasil tanaman yang tinggi pada tanah Ultisol dan Oxisol (Ling, 1990).

Hasil kajian pada tanaman kakao telah dilakukan secara mendalam di Malaysia (Ling dan Mainstone, 1982; Ling, 1988). Serapan hara P pada tanaman kakao umumnya membentuk kurva dengan pola sigmoid dengan serapan hara P tertinggi pada umur 5 tahun pertama. Selama pertumbuhan tanaman, hara P yang diserap oleh tanaman kakao relatif kecil dibandingkan dengan hara N dan K yaitu hanya rata-rata sekitar 25 kg P ha<sup>-1</sup> dalam waktu 5 tahun atau hara P yang diserap setiap tahunnya 5 kg ha<sup>-1</sup> (Tabel 30).

Tabel 30. Hara yang diserap oleh tanaman kakao selama 5 tahun pada tanah *Oxisols* (Tropeptic Haplortox) dan *Ultisols* (Typic Paleudult)

Hara	Diserap tanaman	
	Tropeptic Hapludox (Seri Munchong)	Typic Paleudult (Seri Bungor)
	kg ha <sup>-1</sup>	
N	256	246
P	27	22
K	354	272
Ca	198	141
Mg	81	72

Sumber: Paimin *et al.* (1997)

Hara P yang diserap oleh tanaman kakao mengikuti perimbangan P<Mg<Ca<N<K. Namun demikian walaupun

serapan P oleh tanaman kakao relatif kecil akan tetapi peranannya sangat penting untuk pembungaan, perkembangan buah, dan produksi kakao. Dengan demikian pemberian pupuk P dapat meningkatkan pembungaan dan produksi kakao. Apabila tanaman kakao kurang unsur hara P secara langsung dapat mengganggu tingkat produktivitas tanaman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S.J. 1986. Peranan Pemupukan K pada Tanaman Perkebunan di Berbagai Jenis Tanah di Indonesia.
- Adiningsih, Sri Rochayati, Moersidi Sediarto, dan Antonius Kasno. 1997. Prospek Penggunaan Pupuk Fosfat Alam untuk Budidaya Pertanian Tanaman Pangan. Disajikan dalam Seminar Nasional Pupuk Fosfat Alam. Jakarta, 16 Juli 1997.
- Chien, SH. 1995. Seminar on The Use of Reactive Phosphate Rock for Direct Application. Juli 20, 1995. Pengedar Bahan Pertanian Sdn Bhd. Selangor. Malaysia.
- Hardjono, A. 1987. Pemupukan fosfat pada tanaman perkebunan. hlm. 335-349 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat. Cipanas, 29 Juni – 2 Juli 2009. Pusat Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan.
- Harjono, A. 1979. Pengaruh Pupuk N, P, K, dan Mg terhadap Pertumbuhan Karet (*Havea brazillensis* Muell. Agr) GT-1 di Persemaian pada Tanah Podsolik Merah Kuning di Sumatera Selatan. Tesis Magister Sains, Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor.

- Ling, A.H. 1988. The use of rock phosphate for direct application in cocoa plantations in Malaysia. *Dalam* Lokakarya Penggunaan Pupuk P-Alam Secara langsung Pada Tanaman Perkebunan. Cipayung, Bogor, 22 November 1988.
- Ling, A.H. 1990. Use rock phosphate for direct application in cocoa plantations in Malaysia. *Dalam* Prosiding Lokakarya Penggunaan Pupuk P-alam Secara Langsung pada Tanaman Perkebunan. Cipayung, 22 Nopember 1988. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Ling, A.H., dan B.J. Mainstoen. 1982. Phosphate requirement of cocoa on Malaysia. p. 365-381. *In Proc. Int. Conf. on Phosphorus and Potasium in the Tropics*. Kuala Lumpur.
- Martoyo, K., Suwandi, dan A.U. Lubis. 1987. Percobaan pemupukan fosfat alam pada tanaman kelapa sawit di Sumatera. hlm. 361-369 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat. Cipanas, 29 Juni – 2Juli 2009. Pusat Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan.
- McClellan, G. H. 1978. Mineralogy and reactivity of phosphate rock. Seminar on Phosphate Rock for Direct Application. Haifa, Israel, March 20 –23: 57 – 81.
- Paimin, K., Y. Taryo-Adiwigandam, M.M. Siahaan, dan Subagiyono. 1997. Peranan pupuk fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman perkebunan. *Dalam* Prosiding Nasional Penggunaan Pupuk P-alam Mendorong Pembangunan Pertanian Indonesia yang Kompetitif. Jakrta 16 Juli 1997. Depatemen Pertanian, PT. Pupuk Sriwidjaja dan PT. Maidah.

- Radjagukguk, B. 1983. Masalah pengapuran tanah masam di Indonesia. *Dalam* Prociding Seminar Alternatif-Alternatif Pelaksanaan Program Pengapuran Tanah-Tanah Mineral Masam di Indonesia. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta. Bull. 18: 15-43.
- Rajan, S.S.S., J.H. Watkinson, and A.G. Sinclair. 1996. Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances in Agronomy* 57: 77 – 159.
- Sediyarso, M. 1999. Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor 1999.
- Suwandi dan Lubis A.U. 1990. Pemanfaatan pupuk fosfat alam untuk tanaman perkebunan di Indonesia. hlm. 37-51 *dalam* Prosiding Lokakarya Penggunaan Pupuk P-alam Secara Langsung pada Tanaman Perkebunan. Cipayung, 22 Nopember 1988. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.