

PEMANFAATAN FOSFAT ALAM UNTUK LAHAN KERING MASAM

Sri Rochayati, Mas Teddy Sutriadi, dan A. Kasno

PENDAHULUAN

Fosfat alam merupakan sumber P yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri seperti pupuk P yang mudah larut/*water-soluble P/WSP* (antara lain TSP, SP-18, SSP, DAP, MOP), bahan kimia, produk makanan dan suplemen hewan, dan detergen. Industri pupuk menggunakan sekitar 90% fosfat alam yang diproduksi di dunia. Konversi fosfat alam menjadi pupuk P yang mudah larut memerlukan biaya tinggi, pemborosan energi dan memerlukan jumlah bahan kimia seperti asam sulfat dan asam fosfat yang besar. Oleh karena itu diperlukan peningkatan efisiensi penggunaan pupuk P. Salah satunya adalah menggunakan fosfat alam sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*).

Pupuk P-alam merupakan pupuk yang mengandung P dan Ca cukup tinggi, tidak cepat larut dalam air, sehingga bersifat lambat tersedia (*slow release*) dalam penyediaan hara P, namun mempunyai pengaruh residu lama. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Bogor menunjukkan bahwa P-alam mempunyai efektivitas yang sama baiknya dengan sumber P yang mudah larut seperti SP-36, sehingga penggunaan P-alam sebagai sumber pupuk P bisa meningkatkan efisiensi pupuk di lahan kering masam (Kurnia *et al.*, 2003).

Namun demikian tidak semua fosfat alam dapat digunakan untuk *direct application* tergantung dari reaktivitasnya karena selain harus dapat melarut juga harus dapat tersedia bagi tanaman. Fosfat alam yang mempunyai reaktivitas atau kelarutan yang relatif tinggi dapat digunakan secara langsung sebagai pupuk pada lahan kering masam. Penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk diharapkan mempunyai efektivitas yang sama dengan pupuk P yang mudah larut. Efektivitas fosfat alam ditentukan oleh beberapa faktor antara lain reaktivitas, ukuran butiran, pH tanah, dan respon/tanggap tanaman.

Fosfat alam yang mempunyai reaktivitas dan nilai RAE rendah terdapat kemungkinan untuk memperbaikinya dengan teknologi pupuk yang pada umumnya memang mengarah untuk menciptakan pupuk yang lebih efisien baik sehubungan dengan keperluan tanaman dan tanah maupun nilai ekonominya.

PEMANFAATAN FOSFAT ALAM

Penggunaan fosfat alam untuk industri dan pertanian

Fosfat alam merupakan sumber P yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri seperti pupuk P yang mudah larut/*water-soluble P/WSP* (antara lain TSP, SP-18, SSP, DAP, MOP), bahan kimia, produk makanan dan suplemen hewan, dan detergen. Industri pupuk menggunakan sekitar 90% fosfat alam yang diproduksi di dunia. Konversi fosfat alam menjadi pupuk P yang mudah larut memerlukan biaya tinggi, pemborosan energi dan memerlukan jumlah bahan kimia seperti asam sulfat dan asam fosfat yang besar. Oleh karena itu diperlukan peningkatan efisiensi penggunaan pupuk P. Salah satunya adalah

menggunakan fosfat alam sebagai pupuk secara langsung (*direct application phosphate rock/DAPR*).

Namun demikian tidak semua fosfat alam dapat digunakan untuk *direct application* tergantung dari reaktivitasnya karena selain harus dapat melarut juga harus dapat tersedia bagi tanaman. Fosfat alam yang mempunyai reaktivitas atau kelarutan yang relatif tinggi dapat digunakan secara langsung sebagai pupuk pada lahan kering masam. Fosfat alam juga dapat digunakan di lahan sawah masam bukaan baru atau lahan sulfat masam dengan syarat kadar Fe dalam fosfat alam rendah. Penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk diharapkan mempunyai efektivitas yang sama dengan pupuk P yang mudah larut. Efektivitas fosfat alam ditentukan oleh beberapa faktor antara lain reaktivitas, ukuran butiran, pH tanah, dan respon/tanggap tanaman.

Fosfat alam yang mempunyai reaktivitas dan nilai RAE rendah terdapat kemungkinan untuk memperbaikinya dengan teknologi pupuk yang pada umumnya memang mengarah untuk menciptakan pupuk yang lebih efisien baik sehubungan dengan keperluan tanaman dan tanah maupun nilai ekonominya.

Teknologi pupuk untuk mengefisienkan pupuk P dapat dilakukan dengan cara biologi antara lain dengan membuat fosfo-kompos (mencampurkan fosfat alam dengan kompos), inokulasi dengan *versicular-arbuscular mycorrhiza*, menggunakan mikro-organisme pelarut P, dan menggunakan species tanaman yang toleran terhadap defisiensi P. Secara kimiawi dapat dilakukan dengan pengasaman sebagian dan dikenal dengan pupuk PARP (*partially acidulated phosphate rock*). Teknologi ini merupakan

cara yang paling efektif untuk mengefisienkan penggunaan superfosfat dan fosfat alam. Namun hal ini bukan merupakan teknologi baru sama sekali, karena cara pembuatannya seperti pupuk superfosfat hanya penggunaan asam yang ditambahkan tidak sebanyak dalam pembuatan superfosfat. Sampai saat ini yang banyak digunakan antara 25-50% asam dan ketersediaan P lebih tinggi dari fosfat alam tetapi lebih rendah dari superfosfat. Sedangkan kandungan P dalam PARP antara 26-36% P_2O_5 . Namun demikian kualitas pupuk PARP belum ditetapkan secara pasti. Dari proses pembuatan PARP selain menggunakan asam yang lebih rendah, kapasitas pabrik dapat ditingkatkan dan dapat digunakan bahan batuan fosfat alam yang tidak dapat dipakai untuk bahan pembuatan superfosfat. Pupuk tersebut dapat digunakan pada tanah masam (*Ultisols* dan *Oxisols*) dan sebagian Inceptisols serta pada tanah netral dengan tingkat defisiensi P yang rendah.

Peluang Penggunaan Fosfat Alam sebagai Pupuk

Potensi pengembangan pertanian pada lahan kering yang bersifat masam masih sangat besar, terutama di luar Jawa seperti di Kalimantan, Sumatera, dan Sulawesi. Kekahatan P merupakan salah satu kendala utama bagi kesuburan tanah masam. Tanah ini memerlukan P dengan takaran tinggi untuk memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman. Untuk mengatasi kendala kekahatan P umumnya menggunakan pupuk P yang mudah larut seperti TSP, SP-36, SSP, DAP. Pupuk tersebut mudah larut dalam air sehingga sebagian besar P akan segera difiksasi oleh Al dan Fe yang terdapat di dalam tanah dan P menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Selain itu penggunaan pupuk tersebut sangat mahal dan dengan terbatasnya subsidi pupuk maka

penggunaan di tingkat petani sangat terbatas. Oleh karena itu perlu alternatif sumber pupuk P yang lain seperti fosfat alam yang harganya lebih murah dibandingkan dengan pupuk P yang mudah larut, dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan memperbaiki kesuburan tanah. Fosfat alam merupakan sumber P yang lambat tersedia maka terjadinya fiksasi kecil sehingga pengaruh residunya cukup lama.

Fosfat alam dengan kandungan Ca setara CaO yang cukup tinggi (>40%) umumnya mempunyai reaktivitas tinggi sehingga sesuai digunakan pada tanah-tanah masam. Sebaliknya, fosfat alam dengan kandungan sesquiodksida tinggi (Al_2O_3 dan Fe_2O_3) tinggi kurang sesuai digunakan pada tanah-tanah masam.

Fosfat alam dari deposit batuan sedimen sebagian besar telah mempunyai reaktivitas yang cukup memadai untuk tanaman pangan dan perkebunan. Sedangkan fosfat alam dari batuan beku mempunyai reaktivitas yang rendah sehingga perlu diasamkan dulu untuk digunakan sebagai pupuk.

Hasil penelitian penggunaan P-alam bermutu tinggi secara langsung pada tanaman perkebunan (kelapa sawit, karet dan kakao) di lahan masam dan rawa menunjukkan prospek yang baik. Efektivitas pupuk P-alam sebanding atau bahkan lebih unggul dari pada pupuk TSP yang mudah larut.

Penelitian berbagai sumber dan ukuran butiran fosfat alam menunjukkan bahwa P-alam dengan kadar dan reaktivitas tinggi dengan butiran kasar (*unground*) efektif dan efisien meningkatkan hasil padi gogo dan jagung seperti TSP. Pada tanah yang tingkat pelapukan sangat lanjut, penambahan kapur meningkatkan efisiensi penggunaan P-alam.

Penelitian serupa telah dilaksanakan di Sumatera Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat dan Lampung dalam Proyek SebarFos menunjukkan bahwa penggunaan P-alam reaktivitas tinggi takaran 1 t ha^{-1} secara langsung pada musim pertama dapat meningkatkan produksi jagung 20-80% dan pendapatan petani (50-80%) hingga 4 musim tanam (Santoso *et al.*, 1990).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fosfat alam Ciamis yang digunakan untuk tanaman pangan di lahan kering masam mempunyai persentase tanggap tanaman yang relatif sama dengan fosfat alam dengan reaktivitas tinggi (impor dari Afrika Utara) dan pupuk P mudah larut selama 5 musim tanam (jagung-padi gogo-kacang tunggak-jagung-padi gogo) dengan takaran yang sama ($300 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) yang diberikan sekaligus pada musim tanam pertama. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa fosfat alam mempunyai efek residu untuk tanaman yang ditanam berikutnya (Tabel 15). Penggunaan fosfat alam Ciamis meningkatkan pendapatan petani sebesar 20% dibandingkan dengan penggunaan pupuk P mudah larut. Hal ini menunjukkan bahwa fosfat alam Ciamis (lokal/dalam negeri) dapat digunakan dan menguntungkan untuk tanaman pangan, serta dapat digunakan untuk memperbaiki tanah kesuburan tanah.

Hasil penelitian jangka panjang aplikasi teknologi pengkayaan P tanah dengan fosfat alam 1.000 kg ha^{-1} selama lima musim pada tanah Oxisol dan Ultisol meningkatkan hasil jagung antara 30-90% (Gambar 3 dan 4), disisi lain pendapatan meningkat 90% hingga 170% (Gambar 3) serta nilai R/C rasio lebih tinggi (Tabel 16).

Tabel 15. *Relative agronomic effectiveness* (RAE) fosfat alam untuk tanaman pangan pada tanah masam di Pelaihari, Kalimantan Selatan

Sumber fosfat alam	Jagung MT-1	Padi gogo MT-2	Kacang tunggak MT-3	Jagung MT-4	Padi gogo MT-5	Rata-rata
%						
OCP Maroko	47	104	150	121	128	110
Gafsa Tunisia	114	105	162	113	108	119
Djebel-Onk Aljazaer	25	98	162	130	133	109
ICS Senegal	69	99	112	118	95	98
OTP Togo	41	89	50	130	120	86
Ciamis (Indonesia)	106	114	212	90	122	126

MT = musim tanam

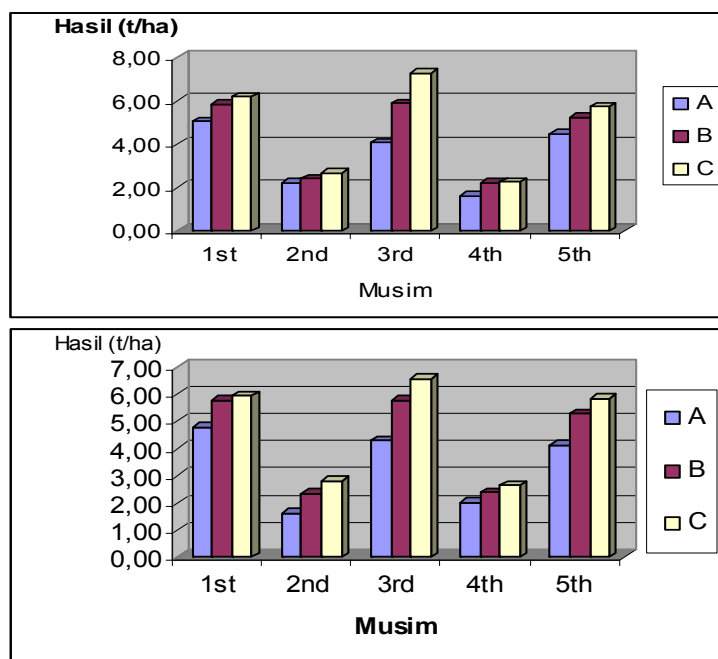
Tabel 16. Analisis usaha tani jagung per ha pada pengaruh fosfat alam di Kalimantan Selatan selama lima musim tanam (MH. 2001/2002 – MH 2003/2004)

Perlakuan	Penerimaan	Ten.Kerja	Saprodi	Pendapatan	R/C rasio
(\$)/ha					
A	1,834.82	764.47	825.32	245.03	1.15
B	2,267.50	867.66	822.83	577.01	1.34
C	2,560.59	920.90	978.14	661.55	1.35
A	1,709.97	722.64	697.53	289.80	1.20
B	2,204.87	833.28	813.67	557.92	1.34
C	2,424.25	870.65	969.42	584.17	1.32

Note: R/C rasio = penerimaan: total biaya; 1 \$ = Rp.8.500, -. Perlakuan A=cara petani; B=P-alam 1 t ha⁻¹ + pukan ayam 1 t ha⁻¹; C=P-alam 1 t ha⁻¹ + pukan ayam 2 t ha⁻¹

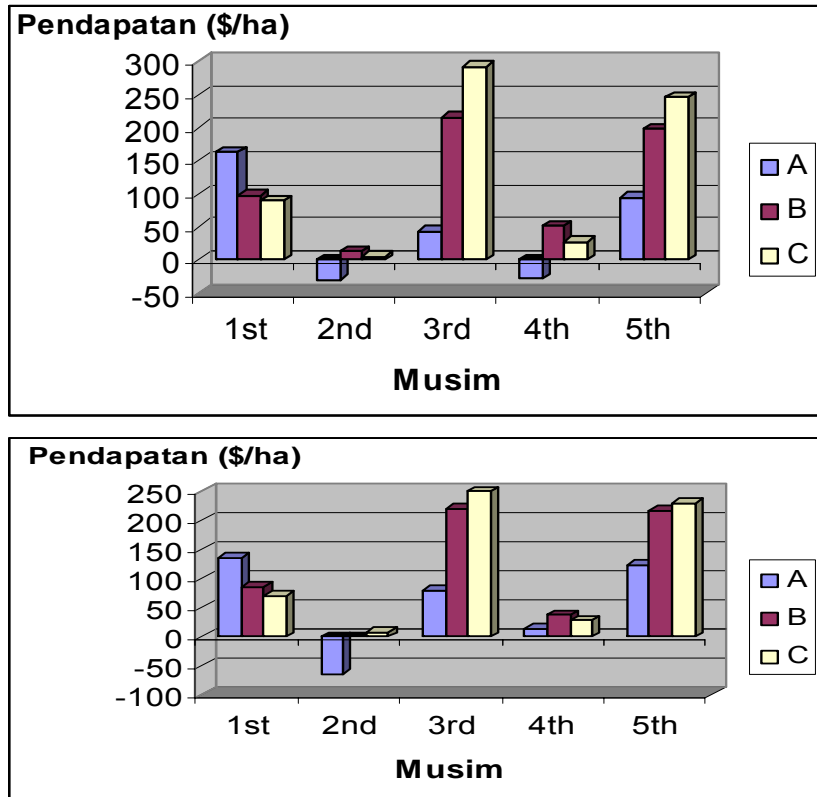
Pada musim tanam kelima, produksi jagung sudah mulai menurun, hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi P-alam untuk musim berikutnya perlu dilakukan kembali. Hasil jagung pada musim kemarau (MK) selalu lebih rendah sehingga pendapatan menurun, hal ini berkaitan dengan rendahnya ketersediaan air pada MK sehingga pertumbuhan jagung terhambat karena kekeringan. Aplikasi bahan organik memberikan pengaruh positif

terhadap kelarutan P-alam dalam tanah karena asam-asam organik dapat melarutkan Ca-P, Al-P, Fe-P melalui cara mensuplai proton dan mengkompleks kation sehingga P tersedia bagi tanaman (Sutriadi *et al.*, 2005).



Gambar 3. Hasil jagung akibat pemberian fosfat alam selama 5 musim tanam di Oxisols (atas) dan Ultisols (bawah) Kalimantan Selatan pada tiga tingkat perlakuan (A=SP-36/cara petani; B= P-alam 1 t ha⁻¹ + pukan ayam 1 t ha⁻¹; C= P-alam 1 t ha⁻¹ + pukan ayam 2 t ha⁻¹)

Takaran optimum pupuk P untuk tanaman jagung pada Ultisol Lampung adalah 39 kg P ha⁻¹ setara 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ (Purnomo *et al.*, 2007), pada Inceptisols Bogor 40 kg P ha⁻¹ (Kasno *et al.*, 2007). Kadar P tersedia dan serapan P tanaman *Mucuna* pada pemberian 400 kg TSP dan 1 t P-alam ha⁻¹ (North Carolina dan Marroko) tidak berbeda (Adiningsih dan Fairhurst, 1996). Takaran pupuk P-alam dan Superphos yang akan dicoba adalah 40 kg P ha⁻¹.



Gambar 4. Pendapatan usaha tani jagung akibat pemberian fosfat alam di Oxisols (atas) dan Ultisols (bawah) Kalimantan Selatan selama 5 musim tanam pada tiga tingkat perlakuan (A= SP-36/cara petani; B=fosfat alam 1 t ha⁻¹ + pukan ayam 1 t ha⁻¹; C=fosfat alam 1 t ha⁻¹ + pukan ayam 2 t ha⁻¹)

Keuntungan penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk (*DAPR*)

Makin terbatasnya sumber energi penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk mulai mendapat perhatian. Beberapa keuntungan dari penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai berikut:

1. Dapat menghemat energi dan memelihara lingkungan dengan mengurangi pencemaran yang diakibatkan oleh industri.
2. Berdasarkan harga per unit hara P, fosfat alam lebih murah daripada pupuk buatan pabrik.
3. Berdasarkan hasil penelitian bahwa fosfat alam mempunyai efektivitas yang sama bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk P yang mudah larut seperti TSP dan SP-36.
4. Penggunaan langsung dapat memanfaatkan fosfat alam yang tidak memenuhi syarat untuk industri pupuk yang mudah larut dan industri asam fosfat.
5. Biaya produksi tiap unit P_2O_5 pupuk fosfat alam sekitar 25-40% dari biaya pupuk buatan pabrik.
6. Selain mengandung hara P, fosfat alam mempunyai kandungan unsur lain seperti Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mo dan B yang relatif tinggi dibanding pupuk buatan. Dengan demikian pupuk P-alam dapat mempunyai manfaat sebagai bahan untuk memperbaiki kesuburan tanah.
7. Fosfat alam juga mengandung kalsium dan magnesium karbonat ($CaCO_3$ dan $MgCO_3$) sehingga dapat menurunkan kemasaman tanah dan keracunan Al pada tanah-tanah masam (*liming effect*).
8. Meningkatkan efisiensi pupuk P (10-20%) dan mempunyai efek residu untuk tanaman berikutnya serta meningkatkan pendapatan petani sekitar 20%.

Kendala penggunaan fosfat alam secara langsung

Penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk masih sangat terbatas. Terdapat beberapa faktor yang menghambat penggunaan fosfat alam secara langsung, antara lain sebagai berikut:

1. Variasi kadar P_2O_5 dalam fosfat alam sangat besar baik dalam total maupun ketersediaannya bagi tanaman, walaupun berasal dari deposit yang sama sehingga tanggap tanaman terhadapnya juga berbeda. Selain itu kadar P_2O_5 dan unsur lain yang sangat bervariasi dapat menyulitkan dalam spesifikasi sehingga berakibat menyulitkan pengadaan, perdagangan dan penggunaan.
2. Umumnya fosfat alam yang berasal dari batuan beku dan metamorfosa mempunyai kelarutan jauh lebih rendah dari fosfat alam yang berasal dari sedimen.
3. Ukuran butir fosfat alam yang halus berupa tepung dapat menyulitkan dalam penggunaan di lapangan. Saat ini diproduksi fosfat alam granular untuk memudahkan penggunaan tetapi dapat menurunkan ketersediaan hara.
4. Mengandung unsur seperti logam berat dan radioisotop yang dapat membahayakan pada konsentrasi tertentu dan berakibat mencemari lingkungan setelah fosfat alam yang digunakan langsung sebagai pupuk larut dalam tanah.
5. Deposit fosfat alam yang terdapat di Indonesia masih terbatas dibanding deposit fosfat alam di luar negeri.

6. Fosfat alam adalah bahan baku untuk pupuk P yang ditambang dan merupakan sumber yang tidak tergantikan sehingga cadangan yang tersedia di dunia hanya akan bertahan untuk 100-120 tahun jika penambangan fosfat alam tidak dikelola dengan tepat.

Prospek penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk

1. Peluang untuk meningkatkan produksi komoditas pertanian dalam rangka ketahanan pangan nasional masih cukup besar, yaitu dengan meningkatkan produktivitas lahan di luar Pulau Jawa yang pada umumnya kahat P sehingga diperlukan masukan P dengan takaran tinggi. Mengingat keterbatasan pengadaan pupuk dalam negeri, maka penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk di lahan masam terutama di luar Pulau Jawa merupakan salah satu alternatif.
2. Pengaruh residu fosfat alam pada tanah masam lebih tinggi dibanding dengan P yang mudah larut sehingga penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk sumber P dapat dipandang sebagai investasi modal.
3. Penggunaan fosfat alam pada tanah masam dalam jangka panjang cenderung meningkatkan pH tanah. Hal ini lebih menguntungkan karena dapat meningkatkan ketersediaan hara-hara lain yang diperlukan tanaman.
4. Prospek penggunaan fosfat alam di lahan masam cukup baik. Oleh karena itu dalam rangka meningkatkan produktivitas lahan marginal dan pemberdayaan petani, maka perlu upaya-upaya pengadaan fosfat alam melalui pemanfaatan sumber fosfat alam baik domestik maupun impor.

PUSTAKA

- Adiningsih, J.S. and T.H. Fairhurst. 1996. The use of reactive phosphate rock for the rehabilitation of anthropic savannah in Indonesia. p. 159-174. *In* A.E. Johnston and J.K. Syers. Nutrient Management for Sustainable Crop Production in Asia.
- Akinrinde, E.A., A.A. Abidemi, and Obigbesan, G.O. 2006. Phosphorus fertilization influence on economics of production of oil palm (*Elaeis guineensis*) seedlings. *Asian Journal of Plant Sciences* 5 (5): 776-781.
- Chan, F., Suwandi, dan A.U. Lubis. 1987. Diagnosa kebutuhan dan anjuran pemupukan fosfor pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Indonesia. hlm. 243-255 *dalam* Pros. Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat, Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Dierolf, T., T.H. Fairhurst, dan E.W. Mutert. 2000. Soil fertility kit: a toolkit for acid upland soil fertility management in Southeast Asia. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH; Food and Agriculture Organisation; PT Katom; and Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC).
- Harjono, A. 1979. Pengaruh Pupuk N, P, K, dan Mg terhadap Pertumbuhan Karet (*Hevea braziliensis* Muell. Agr) GT-1 di Persemaian pada Tanah PMK di Sumatera Selatan. Tesis Magister Sains, Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.

- Hikmatullah, N. Suharta, dan A. Hidayat. 2008. Potensi sumber daya lahan untuk mengembangkan komoditas pertanian di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Sumber daya Lahan* 2 (1): 45-58.
- Huang, Z, Chenglin Zhang, Jian Luo, Shaoling Zheng, Renjun Lu, and Xiaolong Yan. 2001. Utilization of rock phosphate as a source of phosphorus for sugarcane production on acid soil in South China. International Meeting Direct Application of Phosphate Rock and Related Appropriate Technology-Latest Developments and Practical Experiences, July 16-20, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Kasno A., D. Setyorini, dan I.G.P. Wigena. 2007. Aplikasi P-alam berkadar P tinggi pada tanah masam Inceptisol, Bogor untuk tanaman jagung. hlm. 395-409 *dalam* Pros. Lokakarya Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Hari Pangan Sedunia 2007. Bandar Lampung, 25-26 Oktober 2007.
- Khaswarina, S. 2001. Keragaan bibit kelapa sawit terhadap pemberian berbagai kombinasi pupuk pembibitan utama. *Jurnal Natur Indonesia* III (2): 138-150.
- Ling, A.H. 1987. Use of rock phosphate for direct application in cocoa plantations in Malaysia. hlm. 29-36 *dalam* Pross. Lokakarya Penggunaan Pupuk P-alam Secara Langsung pada Tanaman Perkebunan. Pusat Penelitian Tanah.
- Mahmud A.W. dan E. Puspharajah. 1990. Use of rock phosphate for direct application to rubber. hlm. 1-28 *dalam* Pross. Lokakarya Penggunaan Pupuk P-alam Secara Langsung pada Tanaman Perkebunan. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.

- Martoyo, K., Suwandi, dan A.U. Lubis. 1987. Percobaan pemupukan fosfat alam pada tanaman kelapa sawit di Sumatera Utara. hlm. 361-369 *dalam* Pros. Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat, Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Moersidi, S. 1999. Fosfat alam sebagai bahan baku dan pupuk fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor. P: 82.
- Mulyani, A., Hikmatullah, dan H. Subagyo. 2004. Karakteristik dan potensi tanah masam lahan kering di Indonesia. Buku 1: 1-32 *dalam* Pros. Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam. Bandar Lampung, 29-30 September 2003. Puslittanak, Bogor.
- Munthe, H. 1997. Upaya menekan biaya pemupukan tanaman karet dengan takaran yang tepat dan penggunaan bahan murah. *Warta Pusat Penelitian Karet* 16 (1-3): 21-33.
- Nasution, M.Z. 2002. Pengaruh pupuk fosfat alam yang diasamkan (PARP) pada berbagai tingkat terhadap kesuburan tanah dan pertumbuhan lilit batang tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet* 20 (1-3): 72-77.
- Pamin, K., Y. Taryo-Adiwiganda, M.M. Siahaan, dan Sugiyono. 1997. Peranan pupuk fosfat alam untuk meningkatkan produksi tanaman perkebunan. *dalam* Pross. Seminar Nasional Penggunaan Pupuk P-alam Mendorong Pembangunan Pertanian Indonesia yang Kompetitif. Jakarta, 16 Juli 1997. Departemen Pertanian RI, PT. Pupuk Sriwijaya, dan PT. Maidah.

- Prasetyo, B.H., Y. Sulaeman, D. Subardja, dan Hikmatullah. 2006. Karakteristik Spodosol dalam kaitannya dengan pengelolaan tanah untuk pertanian di Kabupaten Kutai, Kalimantan Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim* 24: 69-79.
- Rankine, I., and T.H. Fairhurst. 1999. Management of phosphorus, potassium and magnesium in mature oil palm. *Better Crops International* 13 (1): 10-15.
- Sutriadi, M.T., R. Hidayat, S. Rochayati, dan D. Setyorini. 2005. Ameliorasi lahan dengan fosfat alam untuk perbaikan kesuburan tanah kering masam Typic Hapludox di Kalimantan Selatan. hlm. 143-155 *dalam* Pros. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim, Bogor, 14-15 September 2004. Puslittanak, Bogor.