

POTENSI DAN KEMUNGKINAN PENGGUNAAN GUANO SECARA LANGSUNG SEBAGAI PUPUK DI INDONESIA

Potential and Possibility of Direct Use of Guano as Fertilizer in Indonesia

Suwarno dan Komaruddin Idris

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Faperta, IPB
Jln. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Telp.: (0251) 8629360, Fax.: (0251) 8629358

ABSTRACT

Guano is a material originally from sea bird or bat excrement. This material is an important source of P fertilizer during nineteenth century and the early part of twentieth century. The development of artificial fertilizers and the depletion of guano deposits in Peru caused guano negligibled from world fertilizers trading. Recently, guano appeared in fertilizers trading and sciencetific publications again due to the development of organic farming and increasing the price of energy sources for fertilizer manufacture. Based on its origin, guano is classified into sea bird and bat guanos; and based on its composition guano is grouped into nitrogenous dan phosphatic guanos. Moreover, guano deposits are divided into two types: cave guano and insular guano deposits. The main component of guano is N, P, and Ca elements, and the additional elements are K, Mg, and S. Both nitrogenous and phosphatic guanos are important organic fertilizers because the N content of nitrogenous guano and the P content of phosphatic guano are far higher than those of manure, agricultural waste, or municipal waste. In Indonesia guano deposits are widely distributed in Sumatera, Java, Kalimantan, Sulawesi, Nusatenggara, and Irian Jaya. The most deposits are cave guano deposits which contain thousands to hundred thousands tons of guano. Consequently, it is highly potential to develop direct use of guano in our country. Futhermore, results of experiments indicated that phosphatic guano has high possibility to be used directly as P fertilizer.

Kata Kunci: *Guano, Indonesia, penggunaan secara langsung sebagai pupuk*

PENDAHULUAN

Selama abad kesembilan belas dan awal abad kedua puluh, guano merupakan sumber pupuk fosfor yang penting bersama tepung tulang (Tisdale *et al.*, 1985). Impor pertama secara langsung guano dari Kepulauan Chinca, Peru oleh Amerika Serikat terjadi pada tahun 1841. Sesudah itu, impor bahan tersebut terus meningkat dan mencapai tingkat maksimum sebesar 170 000 ton pada tahun 1854 dan 1855. Menipisnya deposit secara cepat dan kontrol eksploitasi yang ketat oleh pemerintah Peru menyebabkan penurunan impor sampai jumlah yang tidak berarti pada tahun 1950-an (Taylor, 1953). Di samping digunakan secara langsung sebagai pupuk, guano juga digunakan sebagai bahan baku pupuk majemuk. Pada tahun 1947, jumlah guano yang digunakan sebagai bahan pupuk majemuk di Amerika Serikat sebesar 2 157 ton meliputi 0.02% dari jumlah total bahan pupuk majemuk yang digunakan saat itu. Kandungan N, P₂O₅, dan K₂O dalam guano tersebut masing-masing sebesar 5.00%, 5.00%, dan 2.50% (Mehring, 1949 dalam Chucka, 1953). Di luar Amerika Serikat, guano juga merupakan pupuk lokal yang penting di Meksiko, Afrika Selatan, Malaysia, dan beberapa negara lain (Lamer, 1957).

Berkembangnya pupuk buatan (pupuk anorganik) dan menipisnya cadangan guano di Peru menyebabkan guano tenggelam dari perdagangan pupuk dunia dan publikasi ilmiah tentang guano juga semakin langka dijumpai sejak

tahun 1950-an. Namun, sejak tahun 1990-an guano mulai dikenal lagi dalam perdagangan pupuk dunia dan tulisan ilmiah yang mengulas guano mulai muncul dalam buku, misalnya tulisan Kotabe (1997). Sejak saat itu publikasi hasil penelitian tentang guano juga mulai bisa dijumpai lagi dalam jurnal ilmiah maupun prosiding (Hadas dan Rosenberg, 1992; Zapata dan Arrillaga, 2002). Munculnya kembali guano dalam perdagangan pupuk maupun publikasi ilmiah paling tidak terkait dengan dua hal, yaitu: 1) berkembangnya *organic farming* (sistem pertanian organik) maupun *natural farming* (sistem pertanian alami), serta 2) semakin mahalnya sumber energi untuk pembuatan pupuk.

Berkembangnya sistem pertanian organik dan sistem pertanian alami pada akhir-akhir ini, terutama di Jepang, menyebabkan guano menjadi salah satu pupuk organik atau pupuk alami yang penting. Jepang telah mengimpor guano dari Indonesia untuk digunakan secara langsung sebagai pupuk organik. Ekspor pupuk guano dari Indonesia ke Jepang dilakukan oleh PT Central Java Organic Guano dan PT Madura Guano Industry.

Semakin mahalnya sumber energi untuk pembuatan pupuk akhir-akhir ini menyebabkan harga pupuk buatan semakin mahal. Hal ini mengakibatkan bahan pupuk setempat yang lebih murah, seperti guano, menjadi salah satu alternatif bagi petani, sehingga kemungkinan untuk mengembangkan bahan tersebut sebagai pupuk secara langsung menjadi semakin meningkat.

Kemungkinan penggunaan pupuk guano secara langsung di Indonesia terkait dengan 3 hal, yaitu: a) mulai berkembangnya sistem pertanian organik dapat memberikan harapan bagi penggunaan pupuk alami seperti guano, b) dicabutnya subsidi pupuk yang menyebabkan harga pupuk buatan menjadi mahal sehingga perlu dicari pupuk alternatif yang lebih murah, dan c) adanya isu penghematan energi yang dicanangkan oleh presiden menyebabkan penggunaan bahan pupuk setempat secara langsung menjadi salah satu pilihan.

DEFINISI DAN KLASIFIKASI GUANO

Guano adalah bahan yang berasal dari timbunan kotoran burung laut atau kotoran kelelawar (Screiner *et al.*, 1938; Taylor, 1953; Kotabe, 1997). Istilah guano kadang-kadang juga digunakan untuk menyebut bahan yang berasal dari kotoran mamalia laut seperti anjing laut dan singa laut (Kotabe, 1997). Berdasarkan asalnya, guano dibagi menjadi dua jenis yaitu guano burung laut (*sea-bird guano*) dan guano kelelawar (*bat guano*). *Sea-bird guano* adalah guano yang berasal dari kotoran burung laut, sedangkan *bat guano* adalah guano yang berasal dari kotoran kelelawar (Kotabe, 1997).

Guano merupakan bahan yang kaya akan nitrogen dan fosfor. Berdasarkan komposisi kimianya dan tingkat hancuran iklimnya, Kotabe (1997) mengklasifikasikan guano menjadi dua kelompok, yaitu guano nitrogen (*nitrogenous guano*) yang juga disebut guano segar (*fresh guano*) dan guano fosfat (*phosphatic guano*). Selanjutnya, guano fosfat dibedakan atas guano residu (*residual guano*) atau guano tercuci (*leached guano*) dan guano kerak (*crust guano*), disebut juga guano atol (*atoll guano*) atau guano purba (*ancient guano*). Guano nitrogen merupakan hasil hancuran iklim tahap pertama dari timbunan kotoran burung laut atau kotoran kelelawar, guano fosfat merupakan hasil hancuran iklim tahap keduanya, dan hasil akhir hancuran iklimnya adalah batuan fosfat berasal dari guano (*guano derived phosphate rock*). Guano nitrogen dan guano fosfat digolongkan sebagai guano, sedangkan batuan fosfat berasal dari guano termasuk dalam kelompok batuan fosfat. Komposisi kimia guano nitrogen, guano fosfat, dan batuan fosfat berasal dari guano disajikan dalam Tabel 1, dan ilustrasi mengenai transformasi kotoran burung laut atau kotoran kelelawar menjadi guano nitrogen, guano fosfat, dan akhirnya menjadi batuan fosfat berasal dari guano dapat dilihat pada Gambar 1.

Ulasan tentang guano tidak dapat dipisahkan dari ulasan tentang batuan fosfat (*rock phosphate*) karena: 1) guano merupakan bahan yang mengandung nitrogen dan fosfor, 2) deposit guano dianggap sebagai salah satu deposit fosfat, dan 3) masih adanya silang pendapat di antara para ahli tentang "apakah guano termasuk ke dalam batuan fosfat atau tidak". Oleh sebab itu, dalam tulisan ini juga akan diulas secara singkat tentang deposit fosfat dan klasifikasinya.

Cook (1984) berpendapat bahwa suatu batuan dapat disebut sebagai batuan fosfat bila kandungan P_2O_5 -nya paling sedikit 4%. Menurut McClellan dan Van Kauwenbergh (1992), batuan fosfat adalah nama dagang yang digunakan oleh industri pupuk bagi sekumpulan

kompleks mineral fosfat dan mineral lain, mencakup berbagai jenis batuan dengan komposisi mineral dan asal yang beragam (pembekuan, pengendapan dan metamorf). Hammond dan Day (1992) menyatakan bahwa istilah batuan fosfat kurang tepat diterapkan pada berbagai jenis batuan yang mengandung mineral fosfat yang terbentuk secara alami.

Di alam fosfat terkonsentrasi oleh proses-proses pembekuan, pengendapan, pelapukan, dan biologi (McKelvey *et al.*, 1953). Berdasarkan proses tersebut, deposit fosfat dikelompokkan menjadi 6 jenis, yaitu: deposit apatit berasal dari pembekuan (*apatite deposits of igneous origin*), fosforit laut (*marine phosphorites*), fosforit residu (*residual phosphorites*), deposit koral sungai (*river-pebble deposits*), batu terfosfatasi (*phosphatized rock*), dan guano (McKelvey *et al.*, 1953; Tisdale dan Nelson, 1956). Di lain pihak, Cook (1984) mengelompokkan deposit fosfat menjadi tiga kelompok yaitu deposit primer (*primary deposits*), deposit residu (*residual deposits*), dan deposit telah mengalami hancuran iklim (*weathered deposits*). Deposit primer dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu: deposit beku (*igneous deposits*), deposit endapan (*sedimentary deposits*) atau fosforit, dan guano.

Deposit guano dibagi menjadi dua jenis, yaitu deposit gua (*cave deposits*) dan deposit pulau (*insular deposits*). Deposit gua terutama terbentuk oleh timbunan kotoran kelelawar dan kadang-kadang terbentuk oleh timbunan kotoran burung atau sisa-sisa vertebrata kecil. Terbentuknya deposit gua memiliki beberapa syarat, seperti: (1) adanya batuan dasar yang sesuai untuk terbentuknya gua, yaitu batu gamping dan dolomit, (2) kondisi iklim yang hangat dan basah untuk mendukung perkembangan populasi kelelawar dalam jumlah banyak. Cadangan guano dalam deposit ini umumnya berkisar dari hanya beberapa ratus sampai beberapa ribu ton. Deposit tersebut kadang-kadang ditambang dalam skala kecil oleh penduduk desa guna memenuhi kebutuhan pupuk setempat. Meskipun deposit ini mempunyai arti penting secara lokal, tetapi sumbangannya terhadap produksi total batuan fosfat di wilayah Asia Pasifik maupun di tingkat dunia masih tidak berarti (Cook, 1984; Cook *et al.*, 1990).

Deposit pulau lebih penting daripada deposit gua, namun sumbangannya terhadap produksi total batuan fosfat juga masih dianggap kecil, yaitu hanya 10 - 15% untuk kawasan Asia Pasifik dan 2 % untuk tingkat dunia. Deposit ini relatif mudah ditambang dan memiliki kualitas yang tinggi. Deposit pulau terbentuk secara langsung atau tidak langsung oleh timbunan kotoran burung laut dan umumnya terdapat di daerah hangat-kering (*warm-arid*) atau semiarid (*semi-arid*) yang memiliki populasi burung yang banyak (pada saat ini atau di masa lampau). Tingginya populasi burung di daerah tersebut nampaknya berkaitan dengan kondisi lautnya yang subur. Deposit ini umumnya terbentuk di daerah lautan yang ada *upwelling* air dalam, dingin, dan kaya P, misalnya *upwelling* sepanjang zona ekuator.

Ada dua jenis deposit pulau, yaitu: deposit pulau karang rendah (*low coral island deposits*) dan deposit pulau tinggi (*high island deposits*). Deposit pulau karang rendah (muncul hanya beberapa meter di atas permukaan laut) merupakan hasil pencucian guano segar membentuk suatu timbunan tipis, biasanya berupa tutup tersemem (*cemented caps*) dan kerak (*crust*), di atas pulau karang rendah.

Deposit pulau jenis ini ditemukan di Lautan Pasifik, Lautan India, dan Karibia; namun sebagian besar berupa deposit kecil dan sudah ditambang pada abad lalu karena mudah dikenal dan berkualitas tinggi (kadar P_2O_5 bisa mencapai 40%).

Deposit pulau tinggi (muncul 50 m atau lebih di atas permukaan laut) jauh lebih besar daripada deposit pulau karang rendah, tetapi jarang ditemukan. Deposit di Nauru dan Pulau Christmas merupakan contoh deposit pulau tinggi yang saat ini sedang ditambang. Deposit ini terbentuk oleh fosfatifikasi sekunder *bedrock* (umumnya tersusun dari karang) membentuk mineral kalsium fosfat seperti apatit atau kadang-kadang witlokit.

Dari uraian di atas jelas bahwa menurut McKelvey *et al.* (1953); Tisdale dan Nelson (1956); Cook (1984); McClellan dan Van Kauwenbergh (1992); serta Hammond dan Day (1992), guano merupakan salah satu jenis batuan fosfat, dengan kata lain guano termasuk ke dalam batuan fosfat. Di lain pihak, Kotabe (1997) memisahkan guano dari batuan fosfat, dengan kata lain guano tidak termasuk ke dalam batuan fosfat. Selanjutnya, ditinjau dari kadar P_2O_5 dalam guano tampak bahwa sebagian dari guano yang dijumpai dalam deposit pulau (klasifikasi deposit guano menurut Cook (1984)) merupakan batuan fosfat berasal dari guano menurut klasifikasi guano oleh Kotabe (1997).

Selain batuan fosfat, di Indonesia dikenal juga istilah pupuk fosfat alam, yaitu batuan fosfat yang dihaluskan dan digunakan langsung sebagai pupuk P (Kusartuti, 1987). Berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI), pupuk fosfat alam didefinisikan sebagai bahan baku galian yang sebagian besar mengandung mineral kalsium fosfat berasal dari batuan yang diproses menjadi bubuk (*powder*) yang dipergunakan secara langsung dalam pertanian dan dalam penggunaannya bisa dimodifikasi dalam bentuk bubuk, butiran, dan granular (Sulaeman *et al.*, 2005)

KOMPOSISI KIMIA DAN MINERALOGI GUANO

Komposisi kimia guano nitrogen, guano fosfat, dan batuan fosfat berasal dari guano menurut Kotabe (1997) adalah seperti yang tampak pada Tabel 1. Namun, masih ada sedikit perbedaan pendapat di antara para ahli mengenai kadar nitrogen dan fosfat dalam guano. Menurut Lamer (1957), guano nitrogen mengandung nitrogen 11 sampai 16 % dan P_2O_5 sebesar 8 sampai 12 %, sedangkan guano fosfat memiliki kandungan nitrogen tidak lebih dari 6% dan P_2O_5 sampai 25 %. *Bat guano* mengandung nitrogen 2 sampai 14% dan P_2O_5 1 sampai 14%. Dari kedua pendapat tersebut secara umum dapat dinyatakan bahwa guano nitrogen mengandung nitrogen lebih tinggi, tetapi mengandung fosfat lebih rendah daripada guano fosfat.

Dari Tabel 1 tampak bahwa penyusun utama guano adalah unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalsium (Ca). Selain itu, guano juga mengandung kalium (K), magnesium, (Mg), dan belerang (S). Kadar unsur-unsur tersebut dalam guano bervariasi tergantung pada tingkat hancuran iklim dan pencuciannya, seperti yang disajikan dalam Gambar 1. Kadar N menurun dengan semakin tuanya tingkat hancuran iklimnya (dengan urutan guano nitrogen – guano fosfat – batuan fosfat berasal dari guano),

sebaliknya kadar P dan Ca semakin meningkat dengan semakin tuanya tingkat hancuran iklim.

Mineralogi guano bersifat kompleks dan tergantung pada tingkat hancuran iklim dan pencuciannya. Deposit dalam tingkat hancuran iklim awal mengandung amonium larut air dan alkali oksalat, sulfat, dan nitrat, serta magnesium fosfat dan amonium-magnesium fosfat. Sebaliknya, guano dalam tingkat hancuran iklim lanjut kandungan mineral utamanya adalah kalsium fosfat. Mineral fosfat utama dalam guano adalah: karbonat-hidroxyapatit, hidroxyapatit, witlokit, brusit, dan monetit (McKelvey *et al.*, 1953). Selanjutnya, menurut Kotabe (1997), mineral fosfat yang terdapat dalam guano nitrogen adalah: brusit ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$), dan amonium fosfat ($NH_4H_2PO_4$ dan $(NH_4)_2HPO_4$); mineral fosfat dalam guano fosfat adalah: brusit, monetit ($CaHPO_4$), martinit ($Ca_3(PO_4, CO_3)_2$, dan dahlit ($Ca_5(PO_4, CO_3)_3OH$), sedangkan mineral fosfat dalam batuan fosfat berasal dari guano ialah: witlokit ($\square-Ca_3(PO_4)_2$, frankolit ($Ca_5(PO_4, CO_3)_3F$, dan dahlit.

Dari komposisi kimia tersebut tampak bahwa guano nitrogen maupun guano fosfat merupakan bahan pupuk organik yang mengandung N dan P cukup tinggi. Kandungan nitrogen dalam guano nitrogen jauh lebih tinggi daripada yang terdapat dalam pupuk kandang, limbah pertanian, maupun sampah kota (Tabel 2). Demikian juga halnya dengan kandungan fosfat dalam guano fosfat. Selain itu, karena guano nitrogen maupun guano fosfat merupakan bahan organik yang telah mengalami hancuran iklim, senyawa nitrogen dan fosfat dalam kedua bahan tersebut relatif mudah tersedia bagi tanaman dibandingkan dengan pupuk kandang segar, limbah pertanian, serta sampah rumah tangga. Dengan demikian, guano nitrogen maupun guano fosfat merupakan pupuk organik yang bernilai tinggi, sehingga keduanya sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam pertanian organik maupun pertanian alami.

DEPOSIT GUANO DI INDONESIA

Karena merupakan salah satu jenis deposit fosfat, deposit guano di Indonesia ditemukan dalam eksplorasi deposit fosfat yang telah dimulai sejak tahun 1918 (Van Bemmelen, 1949). Menurut Harjanto (1986), deposit guano fosfat yang ditemukan di Indonesia umumnya merupakan deposit gua. Dalam eksplorasi sejak tahun 1919 sampai tahun 1958 telah ditemukan deposit gua sebanyak 22 buah di Sumatra, 256 buah di Jawa, dan masing-masing 2 buah di Nusa Tenggara dan Irian Jaya. Deposit tersebut umumnya berupa deposit kecil-kecil, hanya beberapa ratus sampai beberapa ribu ton, sehingga hanya memungkinkan untuk eksploitasi skala kecil.

Pemerintah melalui Direktorat Sumber Daya Mineral masih terus mengadakan eksplorasi untuk mencari deposit baru. Banyak deposit baru ditemukan di Jawa, Madura, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tenggara, Irian Jaya. Sebagian besar dari deposit yang ditemukan tersebut merupakan deposit guano. Pada tahun 1982 tim survey Direktorat Sumberdaya Mineral menemukan suatu deposit guano yang besar di Brati, Jawa Tengah dengan kadar P_2O_5 5,00% sampai 37,00% (Harjanto, 1986). Namun, deposit ini belum jelas klasifikasinya apakah termasuk deposit gua atau deposit pulau.

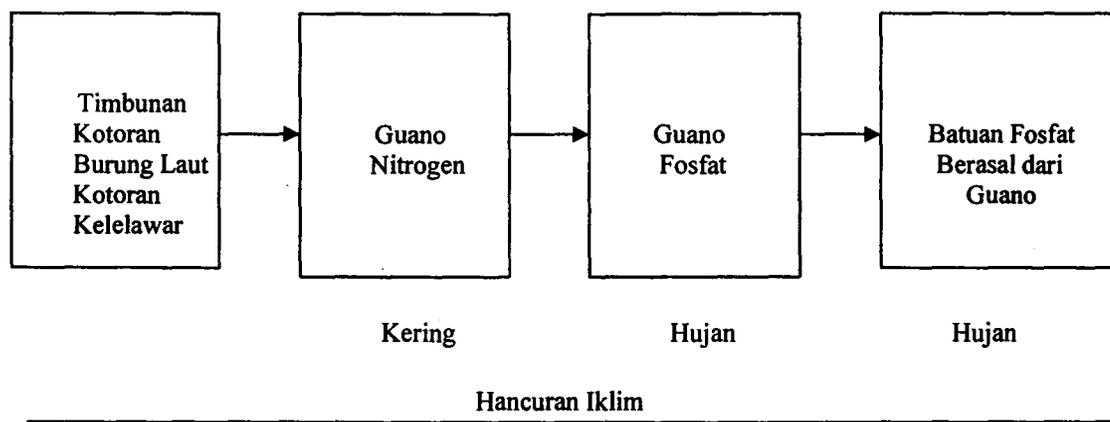
Tabel 1. Komposisi Kimia Guano Nitrogen, Guano Fosfat, dan Batuan Fosfat Berasal dari Guano (Kotabe, 1997)

Komposisi	Guano Nitrogen	Guano Fosfat	Batuan Fosfat Berasal dari Guano
	(%).....	
Nitrogen	7 – 17	0.5 – 2.0	0
Bahan Organik	40 – 60	5 – 15	0 – 1
CaO	8 – 15	15 – 30	45 – 55
P ₂ O ₅	8 – 15	10 – 30	35 – 42
W- P ₂ O ₅ /T- P ₂ O ₅	< 40	0 – 10	< 1
C- P ₂ O ₅ /T- P ₂ O ₅	< 98	55 – 85	< 30
K ₂ O	1.5 – 2.5	2.5 – 3.5	< 0.2
MgO	< 1	< 2	< 0.5
SO ₄	< 5	< 6	< 0.1

Keterangan: W- P₂O₅ = P₂O₅ larut air

T- P₂O₅ = P₂O₅ total

C - P₂O₅ = P₂O₅ larut asam sitrat



Gambar 1. Transformasi Kotoran Burung Laut atau Kotoran Kelelawar Menjadi Guano Nitrogen, Guano fosfat, dan Batuan Fosfat Berasal dari Guano (Kotabe, 1997)

Tabel 2. Kadar N, P, dan K Beberapa Pupuk Organik (Schumann, 1994 dalam Prasad dan Power, 1997)

Pupuk	Kadar Hara		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
(% Berat Kering).....		
Pupuk Kandang			
Kotoran Sapi	1.23	0.55	0.69
Kotoran Kerbau	1.91	0.56	1.40
Kotoran Babi	2.80	1.36	1.18
Kotoran Ayam	3.77	1.89	1.76
Kotoran Itik	2.15	1.13	1.15
Limbah Pertanian			
Jerami Padi	1.70	0.37	2.92
Tebu	0.55	0.09	2.39
Tongkol Jagung	0.53	0.15	2.21
Kacang-kacangan	2.30	0.54	2.92
Limbah Agroindustri			
Tebu	0.87	0.25	0.98
Serbuk gergaji	0.51	0.16	0.43
Sabut Kelapa	0.61	0.14	2.03
Kulit Nanas	1.23	4.03	1.29
Sampah Kota			
Sampah Rumah Tangga	0.98	1.04	1.06

Menurut Cook *et al.* (1990), deposit guano di wilayah Indonesia terdiri dari deposit gua dan deposit pulau. Deposit tersebut tersebar di Sumatra, Jawa, Sulawesi, Nusatenggara, dan Irian Jaya. Selanjutnya, menurut PT Central Jawa Organic Guano dan PT Madura Guano Industry dalam Suwarno (1998), deposit guano fosfat yang ada di dekat Semarang dan di Pulau Madura merupakan deposit pulau. Deposit guano pulau yang ditemukan di dekat Semarang merupakan suatu deposit besar dengan total deposit mencapai 10 juta ton.

Dari uraian di atas jelas bahwa deposit guano di Indonesia tersebar luas di Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusatenggara, serta Irian Jaya, dan umumnya berupa deposit gua dengan cadangan guano hanya ribuan sampai ratusan ribu ton. Namun, masih ada perbedaan di antara para ahli tentang jenis deposit yang ditemukan. Dengan demikian, ditinjau dari cadangan guano, negara kita mempunyai potensi yang cukup besar untuk mengembangkan guano sebagai pupuk secara langsung.

HASIL-HASIL PENELITIAN PENGUNAAN GUANO FOSFAT SECARA LANGSUNG SEBAGAI PUPUK

Telaahan tentang penggunaan fosfat alam secara langsung sebagai pupuk di Indonesia, terutama fosfat alam dari Pulau Jawa, telah banyak dilakukan (Sediarso dan Widjaja-Adhi, 1991; Partohardjono dan Sri Adiningsih, 1991; Idris, 1995a dan 1995b; Purnomo, 2002; Sisworo *et al.*, 2002). Namun, penelitian tentang penggunaan guano (baik guano nitrogen maupun guano fosfat) secara langsung sebagai pupuk masih terbatas. Suwarno (1998) dalam percobaan pot di rumah kaca tentang penggunaan guano fosfat (dari PT Central Jawa Organic Guano) secara langsung sebagai pupuk P pada tanaman kedelai yang ditanam pada tanah ordo Andisol dari Kanuma, Tochigi memperoleh hasil bahwa produksi tanaman pada perlakuan guano fosfat tidak berbeda nyata dengan produksi pada perlakuan super fosfat. Nilai efektivitas agronomis relatif (*relative agronomic effectiveness* (RAE)) guano fosfat terhadap super fosfat (sebagai standar) pada tanaman tersebut mencapai 108 %.

Dalam percobaan pot di rumah kaca yang lain tentang penggunaan guano fosfat secara langsung sebagai pupuk P pada tanaman sorghum yang ditanam pada tanah jenis Latosol (Dystrudept) dari Gunung Sindur, Bogor Suwarno *et al.* (2003) mendapatkan hasil sebagai berikut: pertumbuhan dan produksi bahan kering tanaman sorghum pada perlakuan guano fosfat jauh lebih baik daripada perlakuan super fosfat. Hal ini tampak dari nilai RAE guano fosfat terhadap super fosfat yang mengagumkan, yaitu mencapai 685%. Selain itu, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian guano dapat menaikkan pH tanah, P tersedia, dan Ca-dd, serta menurunkan Al-dd dalam tanah. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh Suwarno dan Goto (2002).

Dalam penelitian serupa, tetapi dengan jenis tanah Podsolik Merah Kuning (Hapludult) dari Jasinga, Bogor; diperoleh hasil bahwa pertumbuhan dan produksi bahan kering tanaman sorghum pada perlakuan guano fosfat juga

lebih baik daripada perlakuan super fosfat (dengan nilai RAE guano fosfat 363%) (Suwarno *et al.*, 2003).

Nilai RAE guano fosfat yang diperoleh dalam percobaan tersebut menegaskan bahwa guano fosfat yang digunakan merupakan bahan pupuk P alam yang sangat efektif karena memiliki nilai RAE 108% (pada tanaman kedelai) 685% dan 363 % (pada tanaman sorghum). Nilai RAE guano fosfat tersebut lebih tinggi daripada RAE jenis batuan fosfat yang sangat efektif (RAE 85% - 100%) menurut klasifikasi Leon *et al.* (Hammond dan Day, 1992) maupun RAE batuan fosfat yang sangat reaktif (RAE > 90%) menurut kriteria Hammond dan Leon (McClellan dan Van Kauwenberg, 1992).

Lestari (2004) dalam penelitian tentang penggunaan guano fosfat sebagai pupuk P secara langsung dan dikombinasikan dengan terak baja (*steel slag*) atau kalsit pada tanaman sorghum yang ditanam pada Andosol (Andisol) dari Sukamantri mendapatkan hasil bahwa pertumbuhan tanaman, produksi bahan kering tanaman, dan serapan P tanaman sorghum pada perlakuan kombinasi guano fosfat dan terak baja jauh lebih tinggi daripada kombinasi guano fosfat dan kalsit. Hal ini menunjukkan bahwa dalam aplikasi guano fosfat sebagai pupuk P secara langsung, bahan ini lebih efektif bila dikombinasikan dengan terak baja (sebagai bahan pengapurnya) daripada dikombinasikan dengan kalsit. Menurut Suwarno dan Goto (2002), guano fosfat lebih efektif bila dikombinasikan dengan terak baja daripada dikombinasikan dengan kalsit maupun dolomit sebab ion silikat hasil pelarutan terak baja (melalui proses pertukaran anion) dapat menggantikan ion fosfat dalam guano fosfat sehingga dapat meningkatkan pelepasan P dari guano fosfat. Dengan demikian, ketersediaan P pada guano fosfat yang dikombinasikan dengan terak baja lebih tinggi daripada yang dikombinasikan dengan dolomit maupun kalsit.

Hasil-hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa guano fosfat Indonesia mempunyai kemungkinan yang besar untuk digunakan secara langsung sebagai pupuk P.

KESIMPULAN

Berdasarkan asalnya, guano dibedakan atas *sea bird guano* dan *bat guano*, berdasarkan komposisinya dikelompokkan atas guano nitrogen dan guano fosfat, dan berdasarkan depositnya diklasifikasikan menjadi dua: deposit gua dan deposit pulau. Komponen utama guano adalah: unsur N, P, serta Ca dan komponen tambahannya ialah: K, Mg, serta S. Guano nitrogen maupun guano fosfat merupakan pupuk organik yang penting karena kadar N dalam guano nitrogen dan kadar P dalam guano fosfat jauh lebih tinggi daripada yang terdapat dalam pupuk kandang, limbah pertanian, maupun sampah kota.

Di Indonesia deposit guano tersebar luas di Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Nusatenggara, serta Irian Jaya, dan umumnya berupa deposit gua dengan cadangan guano hanya ribuan sampai ratusan ribu ton. Dengan demikian, negara kita mempunyai potensi yang besar untuk mengembangkan guano sebagai pupuk secara langsung. Selanjutnya, hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa guano fosfat Indonesia mempunyai kemungkinan yang besar untuk digunakan secara langsung sebagai pupuk P.

DAFTAR PUSTAKA

- Cook, P. J. 1984. Spatial and temporal controls on the formation of phosphate deposits – a review. *In* J. O. Nriagu and P. B. Moore, eds. Phosphate Minerals. Springer-Verlag, Berlin. p. 242 – 274.
- _____, D. M. Banerjee, and P. N. Southgate. 1990. The phosphorus resources of Asia and Oceania. *In* Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania. IRRI, Los Banos. p. 97 – 114.
- Chucka, J. A. 1953. Physical and chemical problems in mixed-fertilizer production. *In* K. D. Jacob, ed. Fertilizer Technology and Resources in the United States. Academic Press Inc., Publisher, New York. p. 375 – 392.
- Hadas, A. and R. Rosenberg. 1992. Guano as a nitrogen source for fertigation in organic farming. *Fert. Res.*, 31:209 – 214.
- Hammond, L. L. and D. P. Day. 1992. Phosphate rock standarditation and product quality. *In* Proceedings: Workshop on Phosphate Sources for Acid Soils in the Humid Tropics of Asia. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p. 73 – 89.
- Harjanto, S. 1986. Phosphate deposits in Indonesia. Workshop on Occurrence, Exploration, and Development of Fertilizer Mineral, UNDP – ESCAP, Bangkok, August 25 – September 2, 1986.
- Idris, K. 1995a. Evaluasi pemberian fosfat alam dari Jawa dan pengapuran pada tanah masam: I. Modifikasi ciri kimia tanah. *J. Il. Pert. Indon.*, 5 (2): 57 – 62.
- _____. 1995b. Evaluasi pemberian fosfat alam dari Jawa dan pengapuran pada tanah masam: II. Evaluasi agronomik. *J. Il. Pert. Indon.*, 5 (2): 63 – 68.
- Kotabe, H. 1997. Batuan Fosfat dan Sumberdaya Fosfat. Pusat Penelitian Sumberdaya Fosfat Jepang, Kanagawa. (Dalam Bahasa Jepang).
- Kusartuti. 1987. Sumber pupuk fosfat serta penyediaan dan kebutuhannya di indoesia. *Dalam* Prosiding Lokakary Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Hal 119 – 130.
- Lamer, M. 1967. The World Fertilizer Economy. Stanford University Press, Stanford.
- Lestari, S. U. 2004. Pengaruh Kombinasi Guano Fosfat-Terak Baja dan Guano Fosfat-Kalsit terhadap Erapan P, Sifat-Sifat Kimia Tanah, serta Pertumbuhan dan Serapan Hara Sorghum pada Andisol Sukamantri. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- McClellan, G. H. and S. J. Van Kauwenbergh. 1992. Relationship of mineralogy to sedimentary phosphate rock reactivity. *In* Proceedings: Workshop on Phosphate Sources for Acid Soils in the Humid Tropics of Asia. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p. 1 – 17.
- McKelvey, V. E., J. B. Cathcart, Z. S. Altschuler, R. W. Swanson, and K. L. Buck. 1953. Domestic phosphate deposits. *In* W. H. Pierre and A. G. Norman, eds. Soil and Fertilizer Phosphorus. Academic Press Inc. Publisher, New York. p. 347 – 376.
- Partohardjono, S. and J. Sri Adiningsih. 1991. Response of food crops to phosphate rocks. *Indon. Agric. Res. Dev. J.*, 13:46 – 57.
- Prasad, R. and J. F. Power. 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. Lewis Publisher, Boca Raton.
- Purnomo, J. 2002. Pengaruh Fosfat Alam dan Bahan Organik terhadap Kelarutan Pupuk, Ciri Kimia Tanah, dan Efisiensi Pemupukan P pada Typic Hapludox Sitiung, Sumatra Barat. Tesis. Program Pasca Sarjana, IPB.
- Schreiner, O., A. R. Merz, and B. E. Brown. 1938. Fertilizer materials. *In* Soils and Men. United States Government Printing Office, Washington, D. C. p. 487 – 521.
- Sediarso, M. and I. P. G. Widjaja-Adhi. 1991. Deposits and direct use of phosphate rock. *Indon. Agric. Res. Dev.*, J.13:37 – 44.
- Sisworo, E. L., H. Rasjid, W. H. Sisworo, Haryanto, and K. Idris. 2002. Direct use of phosphate rock to improve crop production in Indonesia. *In* Assessment of Soil Phosphorus Status and Management of Phosphatic Fertilizers to Optimize Crop Production. International Atomic Energy Agency, Vienna. p. 275 – 293.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Edisi Pertama. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Suwarno. 1998. Utilization of Electric Furnace Slag in Agriculture. Doctor Thesis, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture.
- _____. and I. Goto. 2002. Phosphatic guano combined with steel slag as effective way for direct application of phosphatic guano to acid soil. *In* Transaction of 17th World Congress of Soil Science. International Union of Soil Science, Bangkok. p. 732-1 – 732-9.
- _____, A. Rachim, K. Idris, R. Situmorang, dan H. B. Pulunggono. 2003. Penggunaan Kombinasi Guano Fosfat – Terak Baja pada Tanah Tropika Masam dalam Rangka Pengembangan Pupuk Fosfat yang Lebih Murah untuk Tanaman Pangan. Laporan Penelitian. Project Grand Que 2000/2003.

Taylor, G. V. 1953. Nitrogen production facilities in relation to present and future demand. *In* K. D. Jacob, ed. *Fertilizer Technology and Resources in the United States*. Academic Press Inc., Publisher, New York. p. 15 – 62.

Tisdale, S. L. and W. L. Nelson. 1956. *Soil Fertilty and Fertilizers*. The Macmillan Company, New York.

_____, and J. D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4th ed. Macmillan Publishing Company, New York.

Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia Vol. II Economic Geology*. Government Printing Office, the Hague.

Zapata, F. and J. L. Arrilaga. 2002. Agronomic evaluation of guano sources by means of isotop techniques. *In* *Assessment of Soil Phosphorus Status and Management of Phosphatic Fertilizers to Optimize Crop Production*. International Atomic Energy Agency, Vienna. p. 83 – 89.

