

ANALISA KANDUNGAN MINERAL GUANO DARI GUA LIANG BESAR KABUPATEN HULU SUNGAI SELATAN KALIMANTAN SELATAN

Pahmiansyah¹, Sudarningsih² dan Totok Wianto²

Abstrak: Penelitian tentang analisa kandungan mineral guano dari Gua Liang Besar, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Kalimantan Selatan telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral guano Gua Liang Besar dengan menggunakan uji difraksi sinar-X dan mineral magnetik berdasarkan nilai suseptibilitasnya. Hasil penelitian ini berupa karakteristik guano dan nilai susptibilitas guano. Kandungan mineral penyusun guano didominasi oleh *silicon oxide* (O_2Si), mineral lainnya yaitu *tribidium hydrogen bisulfate* ($HO_8Rb_3S_2$), *berlinite* (AlO_4P), *titanium (III) nitride* (NTi), *picotpaulite* (Fe_2S_3Ti) dan *Brucite* (MgH_2O_2). Nilai suseptibilitas magnetik yang didapat dari guano Gua Liang Besar berkisar dari $0,111 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ sampai $0,224 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$. Berdasarkan kisaran nilai tersebut kemungkinan mineral yang terkandung dalam guano Gua Liang Besar adalah *biotite* (Mg,Fe,Al silicate) dengan nilai suseptibilitas magnetik berkisar dari $0,05 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ sampai $0,95 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ dan *amphibole* (Mg,Fe,Al silicate) dengan nilai suseptibilitas magnetik berkisar dari $0,16 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ sampai $0,69 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$, yang mana keduanya tergolong ke dalam *paramagnetic* yaitu bahan-bahan yang memiliki suseptibilitas magnetik X_m yang positif, dan sangat kecil.

Kata Kunci: Guano, Sinar-X, Suseptibilitas Magnetik

PENDAHULUAN

Selain dengan melihat sedimen sungai, danau, laut dan lingkaran tahun (*tree ring*), para ilmuwan mulai memanfaatkan kotoran kelelawar (guano) atau sedimen gua untuk mengetahui iklim zaman dulu atau perubahan iklim di suatu daerah yaitu dengan mengetahui sifat magnetik guano. Rifai dkk. (2010) meneliti konsistensi sifat magnetik guano dari goa kelelawar di kabupaten 50 kota di Sumatera Barat dan menyatakan bahwa perubahan lingkungan dari suatu gua dapat diketahui berdasarkan

keberadaan mineral magnetik gua tersebut.

Gua Liang Besar yang terletak di Desa Batu Bini Kecamatan Padang Batung Kabupaten Hulu Sungai Selatan termasuk ke dalam Formasi Aluvial, yaitu lempung kaolinit dan lanau bersisipan pasir, gambut, kerakal dan bongkahan lepas, merupakan endapan sungai dan rawa. Gua ini terletak di sisi gunung dan dikelilingi pepohonan. Gua ini cukup besar dan merupakan tempat peristirahatan binatang, khususnya kelelawar. Masyarakat sekitar gua memanfaatkan

¹Mahasiswa dan ²Staff Pengajar Program Studi Fisika FMIPA UNLAM

kotoran kelelawar (guano) sebagai pupuk. Berdasarkan data penelitian dan keberadaan gua di Kabupaten Hulu Sungai selatan, maka dengan menggunakan uji difraksi sinar-X dan nilai suseptibilitasnya dapat juga diketahui kandungan mineral dari guano Gua Liang Besar.

Gua adalah lingkungan yang unik dan rentan, harus dikonservasi secara aktif jika memungkinkan dipelihara sesuai dengan kondisi aslinya. Banyak gua terdapat peninggalan arkeologi baik manusia, tumbuhan atau fitur penting. Kerusakan terhadap gua dapat dibagi menjadi dua kategori internal dan eksternal.

Ekosistem gua adalah ekosistem yang asing, lingkungannya gelap, lembab dan tidak mudah untuk di capai. Belum banyak orang maupun organisasi konservasi yang berjuang untuk menyelamatkan ekosistem gua dan karst secara umum. Dibandingkan dengan ekosistem hutan tropis, ekosistem gua tidak kalah menarik dan pula tidak kalah terancam, karena hampir kebanyakan kawasan karst di Indonesia belum dilindungi dan mempunyai kepadatan populasi penduduk yang tinggi (Setyaningsih, 2011).

Guano adalah bahan yang berasal dari timbunan kotoran burung

laut atau kotoran kelelawar. Istilah guano kadang-kadang juga digunakan untuk menyebut bahan yang berasal dari kotoran mamalia laut seperti anjing laut dan singa laut. 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 (Suwarno, 2007).

Laju sedimentasi dari guano berkisar antara 2-10 cm/tahun (Hutchinson, 1950) atau sedimen gua bertambah beberapa meter setelah ribuan tahun (Bird, 2005). Akibatnya, guano dapat merekam perubahan lingkungan yang lebih panjang dibandingkan cincin pohon dan kandungan mineral magnetik guano memiliki resolusi lebih tinggi (Wurster, 2007). Perubahan lingkungan yang tersimpan dalam goa dapat dilihat dari variasi kandungan mineral magnetik yang ada dalam deposit guano atau kandungan mineral magnetik dalam guano dapat dijadikan sebagai proxy perubahan lingkungan, secara kuantitatif keberadaan mineral magnetik dalam sedimen cukup kecil yaitu sekitar 0,1 % dari massa total namun karena kesensitifannya, metode kemagnetan

dapat bekerja dengan baik (Rifai, 2010). Guano merupakan bahan yang kaya akan nitrogen dan fosfor. Berdasarkan komposisi kimianya dan tingkat

hancuran iklimnya. Komposisi kimia guano nitrogen, guano fosfat, dan batuan fosfat berasal dari guano disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Kimia Guano Nitrogen, Guano Fosfat, dan Batuan Fosfat Berasal dari Guano

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 (Suwarno, 2007)

Keberadaan mineral magnetik di alam biasanya berkaitan dengan kondisi-kondisi tertentu. Pembentukan mineral magnetik di alam merupakan perubahan mineral magnetik satu ke mineral lainnya, contohnya, pemanasan dan oksidasi terhadap mineral magnetik akan menghasilkan hematit dan sebagainya (Tauxe, 2002). Mineral-mineral magnetik yang ada di alam sangat ditentukan oleh perubahan lingkungan, perubahan lingkungan ini yang nantinya memicu terjadinya mekanisme transportasi mineral magnetik dari lingkungan ke dalam goa (Rifai, 2010). Berdasarkan perilaku

molekulnya di dalam medan magnetik luar bahan terdiri atas tiga katagori yaitu:

Paramagnetisme

Bahan paramagnetik memiliki suseptibilitas magnetik X_m positif, dan sangat kecil. Paramagnetisme muncul dalam bahan yang atom-atomnya memiliki momen magnetik permanen yang berinteraksi satu sama lain secara sangat lemah.

Ferromagnetisme

Bahan ferromagnetisme memiliki nilai suseptibilitas magnetik X_m positif, yang sangat tinggi. Ferromagnetisme muncul pada besi murni cobalt dan

nikel serta paduan dari logam-logam ini. Sifat ini juga dimiliki oleh gadolinium, disprosium, dan beberapa senyawa lain.

Diamagnetisme

Bahan diamagnetik merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas X_m negatif dan sangat kecil. Sifat diamagnet ditemukan oleh Faraday pada tahun 1846 ketika mengetahui bahwa sekeping bismuth ditolak oleh kedua kutub magnet, yang memperlihatkan bahwa medan luar dari magnet tersebut menginduksikan suatu momen magnetik pada bismut dalam arah yang berlawanan dengan medan tersebut (Tipler, 2001).

Tabel 1 menunjukkan penyusun utama guano yaitu 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 **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.

Mineral adalah suatu unsur atau senyawa yang dalam keadaan normalnya memiliki unsur kristal dan terbentuk dari hasil proses geologi (Nickel, 1995). 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, Witiokit, Brusit, dan Monetit* (Suwarno, 2007).

Kajian susunan mineralogi dapat dilakukan dengan metode difraksi sinar-X dan pengukuran suseptibilitas magnetik. Pengukuran nilai suseptibilitas dilakukan dengan dua cara yakni dengan melakukan uji anisotropi untuk sampel batuan dan pengukuran langsung untuk sampel jenis butiran karena spesimennya tidak memperhatikan arah kemagnetan batuan.

Suseptibilitas magnetik () atau kerentanan magnetik yang merupakan respons suatu bahan terhadap medan magnetik yang diberikan (Tipler, 2001). Suseptibilitas magnetik adalah ukuran

dasar bagaimana sifat kemagnetan suatu bahan yang merupakan sifat magnet bahan yang ditunjukkan dengan adanya respon terhadap induksi medan magnet yang merupakan rasio antara magnetisasi dengan intensitas medan magnet. Dengan mengetahui nilai suseptibilitas magnetik suatu bahan, maka dapat diketahui sifat-sifat magnetik lain dari bahan tersebut. Suseptibilitasmagnetik sebagian besar material tergantung pada temperatur, tetapi beberapa material (feromagnetik dan *ferrite*) tergantung pada medan magnetnya (Sawitri, 2010).

Sinar X merupakan suatu gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,5-2,0 mikron yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi. Elektron itu mengalami perlambatan saat masuk ke dalam logam dan menyebabkan elektron pada kulit atom logam tersebut terpental membentuk kekosongan. Elektron dengan energi yang lebih tinggi masuk ke tempat kosong dengan memancarkan kelebihan energinya sebagai foton sinar X. Spektroskopi XRD (*X-Ray Diffraction*) digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi

serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Qodari, 2010).

METODE PENELITIAN

Sampel diambil dengan cara menggali beberapa meter tumpukan guano (dasar gua) hingga terbentuk bidang vertikal sedalam 125 cm atau lebih. Sampel diambil tiap 5 cm hingga 125 cm. Sampel ditempatkan pada plastik sampel. Pengambilan tiap 5 cm ini mengacu pada laju sedimentasi dari guano yang berkisar antara 2-10 cm/tahun, menyesuaikan musim di Indonesia selama satu tahun, yaitu ada dua musim, musim hujan dan musim kemarau. Sampel guano untuk pengukuran suseptibilitas magnetik dikemas dalam sampel holder (wadah) yang terbuat dari plastik berbentuk silinder berukuran tinggi 2,2 cm dan diameter 2,54 cm. Setiap wadah di isi guano dengan massa yang sama, kemudian diberi keterangan.

Sampel untuk analisa XRD diperoleh dengan membuat ukuran partikel guano sebesar 40-60 mesh dengan menggunakan ayakan berukuran 40 dan 60 mesh. Fraksi guano yang sudah dikeringkan ditumbuk sampai menjadi serbuk dan diayak dengan ayakan 40 mesh. Guano yang lolos diayak kembali dengan ayakan 60 mesh. Kemudian diambil

guano yang tertahan sebagai sampel (Qodari, 2010).

Pengukuran nilai Suseptibilitas Magnetik sampel dilakukan dengan alat *Bartington Magnetic Susceptibility Meter*. Seluruh proses pengukuran dan perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software*. Pengukuran dilakukan sebanyak lima kali untuk mendapatkan variasi data untuk memperoleh nilai rata-ratanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai suseptibilitas magnetik yang didapat dari guano Gua Liang Besar berkisar dari $0,111 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$ sampai $0,224 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$ (**Tabel 2**). Sampel guano Gua Liang Besar

memiliki nilai suseptibilitas magnetik rendah hal ini menunjukkan bahwa mineral magnetik dalam sampel guano Gua Liang Besar memiliki konsentrasi yang rendah juga. Berdasarkan kisaran nilai tersebut mineral yang terkandung dalam guano Gua Liang Besar adalah *Biotite* (Mg,Fe,Al silicate) dengan nilai suseptibilitas magnetik berkisar dari $0,05 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$ sampai $0,95 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$ dan *Amphibole* (Mg,Fe,Al Silicate) dengan nilai suseptibilitas magnetik berkisar dari $0,16 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$ sampai $0,69 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$. Kedua jenis mineral ini tergolong ke dalam *paramagnetic* yaitu bahan-bahan yang memiliki suseptibilitas magnetik X_m yang positif, dan sangat kecil.

Tabel 2. Mineral dan suseptibilitas magnetik

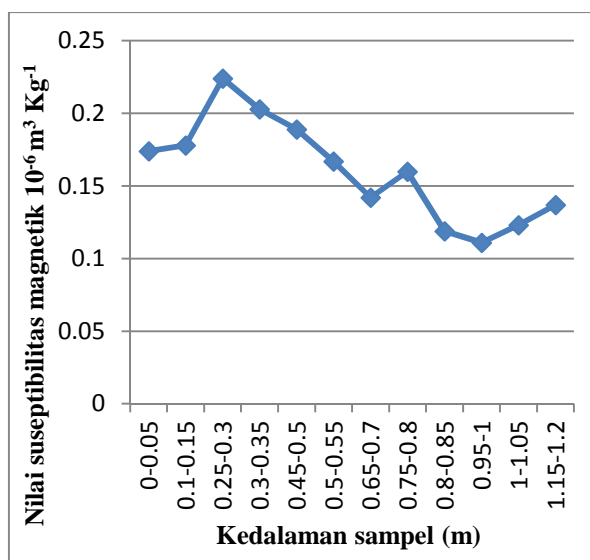
Mineral/Material	Formula	Besi (%)	Mass specific magnetik susceptibility ($10^{-6} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1}$)
Ferromagnetic metals			
Iron	Fe	100	276000
Cobalt	Co		204000
Nickel	Ni		68850
Ferrimagnetic			
Magnetite (0.012-0.069 μm) (0.09-2000 μm) (1-250 μm)	Fe_3O_4	72	513-1116; 500-1000 596 \pm 77 440-716; 390-580
Maghemite	Fe_2O_3	70	410, 440; 286-371
Titanomagnetite	$\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Fe}_2\text{TiO}_4$		169-290
Titanohaematite	$\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-FeTiO}_3$		281-315
Pyrrhotite	Fe_7S_8		50, 53
Greigite	Fe_3S_4		
(Canted) antiferromagnetic			
Hematite	Fe_2O_3	70	1.19-1.69; 0.58-0.78; 0.49-0.65 0.27, 0.31, 0.6, <0.63
Goethite	FeOOH	63	0.35, 0.38, 0.7, <1.26

Paramagnetic (20°C)			
Ilmenite	FeTiO ₃	37	1.7, 2
Ulvospinel	Fe ₂ TiO ₄		
Olivine	4[(Mg,Fe) ₂ SiO ₄]	<55	0.01-1.3
Siderite	FeCO ₃	48	1.0
Biotite	Mg,Fe,Al silicate	31	0.05-0.95
Pyroxene	(Mg,Fe) ₂ Si ₂ O ₆	<12	0.04
Chamosite	Oxidized chlorite		0.9
Nontronite	Fe-rich clay		0.86
Amphibole	Mg,Fe,Al silicate		0.16-0.69
Epidote	Ca,Fe,Al silicate	31	0.25-0.31
Pyrite	FeS ₂	47	0.3
Lepidocrocite	FeOOH	63	0.5-0.75, 0.69
Prochlorite	mica-like mineral		0.157
Vermiculite	complex silicate		0.152
Illite	KAl ₄ (Si,Al) ₈ O ₂ O(OH) ₄		0.15
Bentonite	complex silicate		0.058
Smectite	complex silicate		0.05, 0.027
Chalcopyrite	CuFeS ₂	30	0.03
Attapulgit	complex silicate		0.02
Dolomite	CaMg(CO ₃) ₂		0.011
Diamagnetic			
Calcite	CaCO ₃		-0.0048
Alkali-feldspar	Ca,Na,K,Al silicate		-0.005
Plastic			-0.005
Quartz	SiO ₂		-0.0058
Organic matter			-0.009
Water	H ₂ O		-0.009
Halite	NaCl		-0.009
Kaolinite	Al ₄ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₈		-0.019

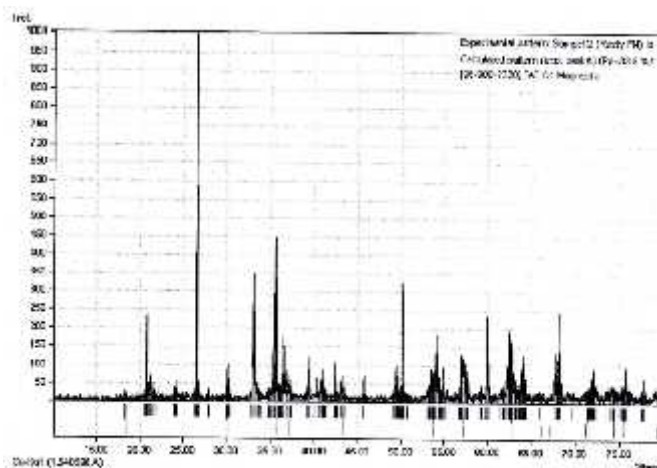
(Dearing, 1999).

Tabel 3. Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik sampel guano setelah dibandingkan dengan literatur.

No.	Sampel	Kedalaman (m)	Nilai Suseptibilitas 10 ⁻⁶ m ³ Kg ⁻¹	Mineral Magnetik
1	A1	0-0.05	0.174	<i>biotite / amphibole</i>
2	A2	0.1-0.15	0.178	<i>biotite / amphibole</i>
3	B1	0.25-0.3	0.224	<i>biotite / amphibole</i>
4	B2	0.3-0.35	0.203	<i>biotite / amphibole</i>
5	C1	0.45-0.5	0.189	<i>biotite / amphibole</i>
6	C2	0.5-0.55	0.167	<i>biotite / amphibole</i>
7	D	0.65-0.7	0.142	<i>biotite</i>
8	E1	0.75-0.8	0.16	<i>biotite / amphibole</i>
9	E2	0.8-0.85	0.119	<i>biotite</i>
10	F1	0.95-1	0.111	<i>biotite</i>
11	F2	1-1.05	0.123	<i>biotite</i>
12	G	1.15-1.2	0.137	<i>biotite</i>



Gambar 1. Grafik hubungan antara kedalaman sampel dengan nilai suseptibilitas magnetik sampel.



Gambar 2. Grafik hasil uji XRD

Hasil pengukuran XRD (**Gambar 2**) menunjukkan bahwa sampel guano Gua Liang Besar pada sampel A1 mengandung banyak senyawa *silicon oxide* (O₂Si), *tribidium hydrogen bisulfate* (HO₈Rb₃S₂), *berlinite* (AlO₄P), *titanium (III) nitride* (NTi), *picotpaulite* (Fe₂S₃Ti) dan mineral lainnya. Unsur yang terkandung didalamnya antara lain unsur Al, fosfor (P), nitrogen (N),

Fe, kalsium (Ca), kalium (K) dan unsur belerang (S), dimana tiga unsur yaitu fosfor (P), nitrogen (N), dan kalsium (Ca) merupakan penyusun utama guano. Pada guano Gua Liang Besar sampel B1, banyak mengandung *silicon oxide* (O₂Si). Selain mengandung *berlinite* (AlO₄P), sampel B1 juga mengandung senyawa *Brucite* (MgH₂O₂) yang mengandung unsur

magnesium (Mg) yang juga merupakan unsur yang terkandung dalam guano. Begitu juga hasil sampel guano Gua Liang Besar lainnya (sampel C1, D, E1, F1 dan G), senyawanya didominasi oleh *silicon oxide* (O_2Si).

KESIMPULAN

Berdasarkan uji difraksi sinar X, mineral yang terkandung dari guano Gua Liang Besar adalah *tribidium hydrogen bisulfate* ($HO_3Rb_3S_2$), *berlinite* (AlO_4P), *titanium (III) nitride* (NTi), *picotpaulite* (Fe_2S_3Ti), *Brucite* (MgH_2O_2) dan mineral lainnya, namun didominasi oleh *silicon oxide* (O_2Si). Nilai suseptibilitas magnetik yang didapat dari guano Gua Liang Besar berkisar dari $0,111 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ sampai $0,224 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$, mineral magnetik yang terkandung pada guano Gua Liang Besar adalah *biotite* (Mg,Fe,Al silicate) $0,05 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ sampai $0,95 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ dan *amphibole* (Mg,Fe,Al silicate) $0,16 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$ sampai $0,69 \times 10^{-6} m^3 Kg^{-1}$. *Biotite* dan *amphibole* tergolong ke dalam *paramagnetic*.

DAFTAR PUSTAKA

Beiser, A. 1987. *Konsep Fisika Modern*. Erlangga, Jakarta

Bird, M, I. Hunt & C, Taylor. 2005. *Paleoenvironments of Insular Southeast Asia during the Last Glacial Priod*. A Savanna Corridor

in Sundaland: *Quarternary Science Reviews* 24, 2228-42

Dearing, J. A. 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*. British Library Cataloging in Publication Data

Distantina, S. *Penanganan Bahan Padat*. S1 Teknik Kimia FT UNS. <http://distantina.staff.uns.ac.id/files/2009/08/1-cara-menentukan-ukuran-partikel.pdf>. Diakses tanggal 30 Mei 2012

Dunlop, D. & Ozdemir, O. 1997. *Rock Magnetism*. Cambridge University Press, Cambridge

Heryanto, R. & Sanyoto, P. 1994. *Peta Geologi Lembar Amuntai, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

Phase Relationn : A Handbook of Physical Constants. American Geological Union, Washington

Hutchinson, G, E. 1950. *Survey of Contemporary Knowledge of Biogeochemistry*. New York 96: The Biogeochemistry of Vetrebrate Excretion, Bulletin of the American Museum of Natural History

Nickel, E. H. 1995. *The definition of a mineral*. The Canadian Mineralogist, vol. 33, pp. 689 - 690. [http://www.minsocam.org/msa/ima/ima98\(04\).pdf](http://www.minsocam.org/msa/ima/ima98(04).pdf). Diakses pada tanggal 6 Juni 2012

McClellan, G. H. & S. J. Van Kauwenbergh. 1992. *Relationship of mineralogy to sedimentary phosphaterock 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
- Qodari, M. T. 2010. *Karakterisasi Lempung Dari Daerah Pagedangan Kec Turen Kab Malang dan Daerah Getaan Kec Pagelaran Kab Malang*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang
- Rifai H., T. Olintika, M. Novrilita & E. Rahman. 2010. *Konsistensi Sifat Magnetik Guano Dari Dua Goa Kelela War di Kabupaten 50 Kota, Sumatera Barat*. Lazuardi dan M. Edisar, (Eds). Prosiding Seminar dan Rapat Tahunan BKS-PTN Wilayah Bara! ke-23 10 - II Mai 2010 ISBN. 978-979-1222-94-5 (Jilid 3)
- Sawitri D. & Astari R. R. 2010. *Pengaruh Variasi Komposisi Pendinginan Terhadap Karakteristik Magnet Barrium Ferrite*. Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institute Teknologi sepuluh November
- Setyaningsih, M. 2011. *Keanekaragaman Fauna Gua Karst di Pangandaran Jawa Barat*. Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka, Jakarta. <http://lemlit.uhamka.ac.id/files/makalah3maryanti.pdf>. Diakses pada tanggal 28 Mei 2012
- Sulistyo, J. 2008. *Analisis Persebaran Potensi Gua Karst di Kecamatan Giritontro Kabupaten Wonogiri Untuk Usaha Konservasi Kawasan Karst*. Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta. <http://etd.eprints.ums.ac.id/3058/1/E100000032.pdf>. Diakses pada tanggal 28 Mei 2012
- Suwarno & Idris, K. 2007. *Potensi dan Kemungkinan Penggunaan Guano Secara Langsung Sebagai Pupuk di Indonesia*. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Faperta, IPB, Bogor
- Tauxe, L. 2002. *Rock and Paleomagnetism*. Scripps Institution of Oceanografi Cambridge University Press, Cambridge
- Tipler, P.A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik* Jilid 2. Edisi ke-3 Terjemahan Bambang Soegijono. Erlangga, Jakarta
- Wurster, C, M. D, A, McFarlane & M, I, Bird. 2007. *Spatial and Temporal Expression of Vegetation and Atmospheric Variability from Stable Carbon and Nitrogen Isotope Analysis of Bat Guano in The Southern United States: Geohimica et Cosmochimica Acta*, v, 71, p. 3302-3310, doi : 10.1016/j. gca. 2007.05.002.