

Identifikasi Kandungan Mineral Magnetik Guano di Gua Solek dan Gua Rantai Menggunakan Metode *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Wardina Nasution, Hamdi dan Fatni Mufit

Physics Department of Padang State University FMIPA UNP
Jln. Prof. Dr. Hamka, Kampus FMIPA UNP Air Tawar Barat Padang
email:Wardinasution@yahoo.com

ABSTRACT

The guano's Cave Solek and Cave Rantai has a large magnetic susceptibility values. The value of magnetic susceptibility shows large concentrations of magnetic minerals contained in the cave. Based on the magnetic susceptibility values can be specified types of magnetic minerals. Determination type of magnetic minerals have done before by using the method of rock magnetization IRM and XRD methods, however, to see the surface morphology and elemental composition of magnetic minerals have not been done. The research to make identification surface morphology and composition of guano magnetic minerals in Cave Solek and Cave Rantai use Scanning Electron Microscope (SEM). The writer hope this research can confirm of true result in this measuring with other methods of rock magnetism. This research used SEM instrument combine with EDS type Philips CM 12 pw 6030. There are 7 samples used in this research divided by 4 samples from Solek Cave and 3 samples from Rantai Cave. Guano samples take based variation of the magnetic susceptibility that has been known previously. The observation of measuring about surface morphology of guano samples Cave Solek and Cave Rantai use SEM image magnification can not be analyzed because it that is too small. Therefore used by EDS analysis showed that the chemical elements forming magnetic minerals. The result of EDS identification show of magnetic mineral content Solek Cave and Cave Rantai dominated by a mineral that consists of the element iron (Fe) and oxygen (O) which is a magnetic mineral-forming elements of the group that is titanium magnetite of iron oxide (Fe_3O_4), hematite (Fe_2O_3) and ilmenite ($FeTiO_3$), in addition it be found as well mineral nonmagnetic an element of such as the andalusite (Al_2SiO_5), siderite ($FeCO_3$) and quartz (SiO_2).

Keywords: Guano, Consentration of Magnetic Mineral, Surface Morphology, Elemental Composition of Magnetic Mineral SEM and EDS.

PENDAHULUAN

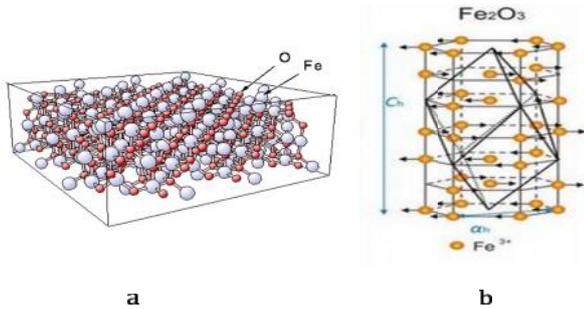
Sedimen gua terdiri atas dua kategori yaitu sedimen kimia dan sedimen klastik^[1]. Sedimen kimia adalah sedimen yang terbentuk di dalam gua seperti stalagtit dan stalagmit. Sedimen klastik adalah sedimen yang terbawa dari lingkungan luar ke dalam gua. Salah satu contoh sedimen klastik adalah guano. Stalagtit merupakan endapan yang tumbuh dari atap gua ke bawah berbentuk kerucut, sedangkan stalagmit merupakan endapan yang tumbuh dari lantai gua atau dari batuan dasar ke atas berbentuk kerucut. Pada umumnya gua tumbuh dan berkembang pada daerah kars dengan batuan induk gamping sehingga mineral utama pembentuk sedimen gua adalah kalsit ($CaCO_3$)^[2]. Guano merupakan kotoran kelelawar atau burung yang mengandung mineral karbon (C) dan kaya nitrogen (N) serta mengandung fosfat (PO_4) dan urea dari sisa pencernaan yang menumpuk dan mengendap di lantai gua.

Mineral adalah merupakan salah satu bahan padatan organik yang terbentuk dari reaksi-reaksi kimia dan terbentuk secara alamiah. Mineral termasuk salah satu dari penyusun batuan, karena itu mineral terdapat dalam berbagai jenis batuan. Mineral yang ada dialam ini pada umumnya bersifat diamagnetik dan paramagnetik. Namun ada sejumlah mineral yang bersifat ferromagnetik. Mineral magnetik yang mengandung mineral ferromagnetik kemagnetannya kuat,

sedangkan mineral magnetik yang mengandung mineral paramagnetik kemagnetannya sedang.

Mineral magnetik yang bersifat ferromagnetik umumnya tergolong dalam oksida besi-titanium, sulfida besi dan hidroksida besi. Beberapa mineral magnetik yang tergolong ke dalam keluarga oksida besi-titanium yaitu magnetite (Fe_3O_4), hematite (Fe_2O_3) dan maghemite (Fe_2O_3). Mineral-mineral magnetik dari keluarga sulfida besi adalah pyrite (FeS_2) dan pyrrhotite (Fe_7S_8), sedangkan yang tergolong dalam hidroksida besi adalah goethite. Keluarga oksida titanium besi merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral-mineral magnetik yang paling dominan.

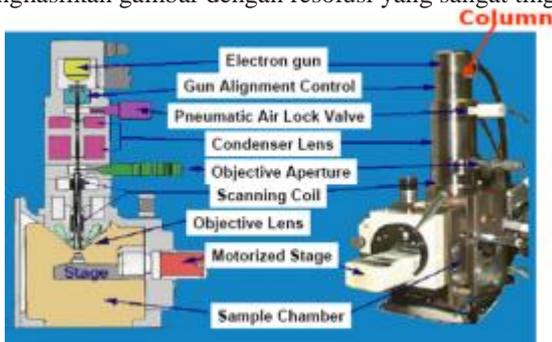
Kristalografi adalah ilmu pengetahuan yang dikembangkan untuk mempelajari perkembangan dan pertumbuhan kristal termasuk bentuk, struktur dan sifat-sifatnya. Bentuk kristal mencerminkan struktur dalam sehingga dapat dipergunakan untuk pengidentifikasian mineral^[3]. Semua mineral mempunyai susunan kimiawi tertentu dan penyusunan atom-atom yang beraturan, maka setiap jenis mineral mempunyai sifat-sifat fisik atau kimia tersendiri. Dengan mengenal sifat-sifat tersebut maka setiap jenis mineral dapat dikenal, sekaligus kita mengetahui susunan kimiawinya dalam batas-batas tertentu^[4].



Gambar 1. (a) Struktur Kristal Fe₃O₄ (*Magnetite*), (b) Struktur Kristal Fe₂O₃ (*Hematite*).

Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) pertama kali ditemukan sekitar tahun 1930 dan 1940an^[5]. SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menghasilkan berbagai gambar dari proses tumbukan elektron dengan energi yang tinggi terhadap permukaan suatu sampel dan kemudian mengidentifikasi sinyal-sinyal hamburan elektron dari permukaan. Dalam SEM, sinyal yang dihasilkan tidak hanya berasal dari elektron yang ditembakkannya, tetapi dapat juga berasal dari interaksi lain yang terjadi di dalam sampel yang dekat dengan permukaan. SEM mampu menghasilkan gambar dengan resolusi yang sangat tinggi.



Gambar 2. Bagian-bagian SEM^[6]

Perbesaran gambar pada SEM berkisar antara 15 kali hingga 200000 kali dan mempunyai *depth of field* yang tinggi^[7]. Dengan demikian SEM mampu menghasilkan gambar yang lebih baik dibandingkan dengan hasil dari mikroskop optik^[8]. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang *de Broglie* yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. Panjang gelombang *de Broglie* elektron adalah:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (1)$$

dengan h adalah konstanta planck dan p adalah momentum elektron. Momentum elektron dapat ditentukan dari energi kinetik melalui hubungan:

$$K = \frac{p^2}{2m} \quad (2)$$

dengan m adalah massa elektron.

Dalam SEM, berkas elektron keluar dari filamen panas lalu dipercepat pada potensial tinggi V . Akibat percepatan tersebut, elektron memiliki energi kinetik:

$$K = eV \quad (3)$$

dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) kita dapat menulis momentum elektron sebagai:

$$P = \sqrt{2meV} \quad (4)$$

dengan demikian panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron adalah:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}} \quad (5)$$

umumnya tegangan yang digunakan pada SEM adalah puluhan kilovolt. Sebagai ilustrasi, misalkan SEM dioperasikan pada tegangan 20 kV maka panjang gelombang de Broglie elektron sekitar 9×10^{-12} m.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yaitu penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan ilmiah. Hasil penelitian tidak hanya sampai pada pengumpulan dan penyusunan data tetapi mencakup analisa dan interpretasi tentang arti data itu. Penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran *Scanning Electron Microscope*. Kegiatan yang dilakukan meliputi pengambilan sampel, preparasi sampel, pengambilan data, analisa data dan interpretasi hasil penelitian.

Pengambilan sampel dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Novrilita (2009) dan Olintika (2009) pada bulan Februari 2009 di Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten 50 Kota, Sumatera Barat. Preparasi sampel dilakukan pada bulan Februari 2012 di Laboratorium Fisika Bumi Universitas Negeri Padang (UNP). Untuk preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi Universitas Negeri Padang, sedangkan pengambilan data dilakukan di Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong pada bulan November 2011.

Prosedur Persiapan Penelitian

Pengambilan sampel guano yang akan diukur menggunakan *Scanning Electron Microscope* dilakukan dengan mempertimbangkan hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik. Berdasarkan pengukuran suseptibilitas yang dilakukan, diperoleh nilai suseptibilitas magnetik yang tergolong rendah yaitu antara $(0 - 300) \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$, sedang yaitu $(300 - 600) \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan nilai suseptibilitas yang tergolong tinggi yaitu $(600 - 900) \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas yang diambil bervariasi, yaitu dari nilai suseptibilitas yang tergolong rendah, sedang dan tinggi dari masing-masing gua.

Tabel 1. Nilai suseptibilitas magnetik guano di Gua Solek dan Gua Rantai berdasarkan kedalaman yang akan dilakukan pengukuran menggunakan *Scanning Electron Microscope*^[9].

Gua Solek		Gua Rantai	
Kedalaman	Nilai suseptibilitas magnetik ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$)	Kedalaman	Nilai suseptibilitas magnetik ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$)
GS 144-146	716.5	GR 85-90	1454.8
GS 158-160	698.8	GR 95-100	1057.1
GS 102-104	495.3	GR 0-5	636.5
GS 100-102	474.6		

Sampel guano berupa butiran-butiran tanah yang kasar digerus untuk mendapatkan butiran-butiran yang halus dari guano. Sampel guano yang telah halus tadi diekstraksi dengan sabun yang bertujuan untuk memisahkan mineral magnetik dengan mineral non magnetik. Busa sabun akan mengikat kotoran berupa tanah, mengapung membawanya kepermukaan bersama busa sabun. Setelah dilakukan proses pemisahan ini, kemudian mineral magnetik diekstraksi dengan menggunakan sebuah magnet kuat agar semua mineral magnetik yang memiliki sifat magnetik kuat dan lemah dapat ditarik seluruhnya. Dari hasil ekstraksi diperoleh sampel guano berupa serbuk yang selanjutnya akan dipreparasi untuk dilakukan analisa lebih lanjut menggunakan SEM.

Adapun langkah-langkah dalam preparasi sampel adalah sebagai berikut:

1. menyiapkan sampel,
2. menyiapkan sampel holder atau kotak sampel yang terbuat dari logam,
3. melekatkan sampel dengan menggunakan selotip karbon, untuk sampel berupa serbuk setelah ditempel selotip karbon maka serbuk ditebarkan pada permukaan selotip dan sisa serbuk yang tidak dapat menempel harus dibersihkan sehingga tidak mengganggu alat vakum dalam SEM ketika analisa,
4. meletakkan sampel beserta tempatnya kedalam alat SEM.

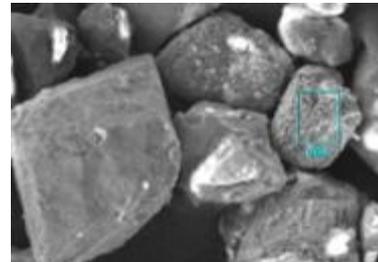
Teknik Pengumpulan Data

Pengukuran menggunakan metode SEM pada penelitian ini adalah jenis mikroskop yang mengambil gambar sampel dengan *scanning* menggunakan *high electron beam energy*. Elektron berinteraksi dengan atom-atom pada sampel dan menghasilkan sinyal yang mengandung informasi tentang morfologi permukaan sampel, komposisi dan ukuran partikel dari sampel yang dianalisa.

Teknik Analisa Data

Energy-dispersive X-Ray spectroscopy (EDS atau EDX) merupakan teknik analitis yang digunakan untuk menganalisis unsur-unsur atau karakterisasi kimia dari

sampel. EDS bekerja dengan memanfaatkan interaksi sumber eksitasi sinar-X dengan sampel. Kemampuan pengkarakterisasian ini berkaitan dengan sifat masing-masing unsur yang memiliki struktur atom yang unik yang membedakannya dengan yang lainnya sehingga dapat diidentifikasi. Gambar 3 adalah contoh hasil dari pengujian EDS.



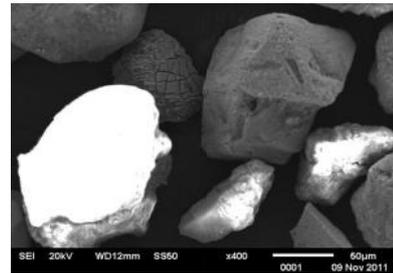
Gambar 3. Foto SEM Morfologi Permukaan Sampel Guano GR 0-5 cm Perbesaran 400 Kali

HASIL PENELITIAN

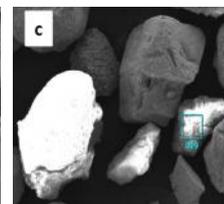
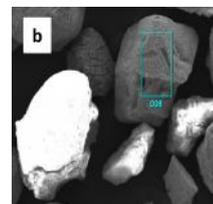
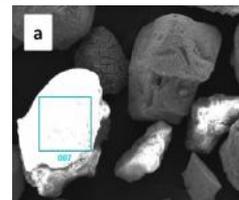
1. Data Hasil Pengukuran Sampel Dari Gua Solek

a. Sampel Gua Solek kedalaman 158-160 cm

Data hasil pengukuran dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* terhadap guano dari Gua Solek pada kedalaman 158-160 cm dapat dilihat pada Gambar 4.

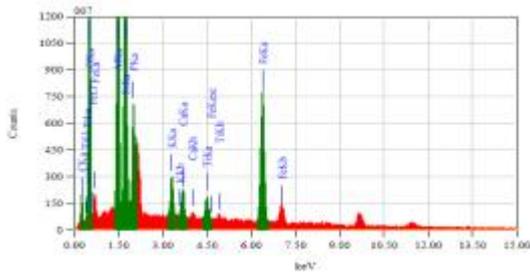


Gambar 4. SEM Menggunakan BSE dari Sampel Gua Solek Kedalaman 158-160 cm

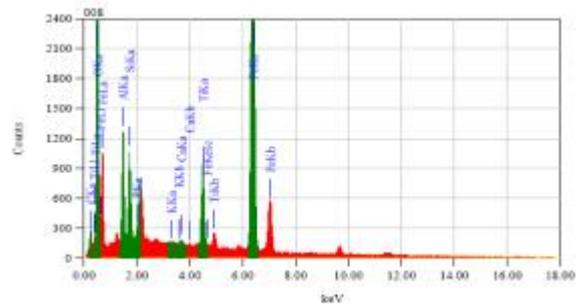


Gambar 5. Foto SEM Morfologi Permukaan GS 158-160 cm Pada Tiga Area yang Berbeda dengan Pembesaran 400 Kali (a) Area 1, (b) Area 2 dan (c) Area 3.

Pada area 1 diketahui unsur yang terkandung pada sampel ini diantaranya:



Gambar 6. Profil Hasil Pengukuran *Scanning Electron Microscope* Guano GS 158-160 cm Area 1



Gambar 7. Profil Hasil Pengukuran *Scanning Electron Microscope* Guano GS 158-160 cm Area 2

Tabel 2. Kandungan Unsur GS 158-160 cm Pada Area 1

Unsur	Massa (%)	Atom (%)
Karbon (C)	7.98	14.12
Oksigen (O)	41.84	55.57
Aluminium (Al)	11.80	9.29
Silikon (Si)	13.18	9.97
Posfor (P)	2.87	1.97
Kalium (K)	1.77	0.96
Kalsium (Ca)	1.32	0.70
Titanium (Ti)	1.43	0.63
Besi (Fe)	17.81	6.78

Tabel 4. Kandungan Unsur GS 158-160 cm Pada Area 2

Unsur	Massa (%)	Atom (%)
Karbon (C)	3.05	7.14
Oksigen (O)	31.42	55.26
Aluminium (Al)	4.66	4.86
Silikon (Si)	3.16	3.17
Kalium (K)	0.06	0.04
Kalsium (Ca)	0.24	0.17
Titanium (Ti)	5.11	3.00
Besi (Fe)	52.31	26.36

Tabel 3. Hasil Perhitungan Komposisi Unsur Mineral Magnetik Guano GS 158-160 cm Pada Area 1.

Unsur	Massa (%)	Ar	Atom proportion	Nilai
Karbon (C)	7.98	12	0.66	7
Oksigen (O)	41.84	16	2.62	26
Aluminium (Al)	11.80	27	0.51	5
Silikon (Si)	13.18	28	0.47	5
Posfor (P)	2.87	31	0.09	1
Kalium (K)	1.77	39	0.04	0
Kalsium (Ca)	1.32	40	0.03	0
Titanium (Ti)	1.43	48	0.02	0
Besi (Fe)	17.81	56	0.32	3

Tabel 5. Hasil Perhitungan Komposisi Unsur Mineral Magnetik Guano GS 158-160 cm Pada Area 2.

Unsur	Massa (%)	Ar	Atom proportion	Nilai
Karbon (C)	3.05	12	0.25	3
Oksigen (O)	31.42	16	1.96	20
Aluminium (Al)	4.66	27	0.17	2
Silikon (Si)	3.16	28	0.11	1
Kalium (K)	0.06	39	0.00	0
Kalsium (Ca)	0.24	40	0.00	0
Titanium (Ti)	5.11	48	0.10	1
Besi (Fe)	52.31	56	0.93	9

Berdasarkan perhitungan sampel dari Gua Solek kedalaman 158-160 cm pada area 1 ini diperoleh senyawa-senyawa mineral yang terbentuk diantaranya (Fe_3O_4), (Al_2SiO_5) dan (SiO_2). Pada sampel ini mengandung unsur besi (Fe) yang rendah sehingga hanya diperoleh senyawa mineral magnetik *magnetite* (Fe_3O_4).

Pada area 2 diketahui unsur yang terkandung pada sampel ini diantaranya:

Dari variasi nilai indeks tersebut diketahui senyawa mineral yang mungkin terbentuk adalah (Fe_3O_4), (Fe_2O_3), (Al_2SiO_5), (SiO_2), (FeCO_3) dan (TiO_2). Pada sampel ini terdapat unsur besi (Fe) yang tinggi sehingga dapat dianalisa bahwa kandungan mineral magnetiknya adalah *magnetite* (Fe_3O_4) dan *hematite* (Fe_2O_3).

Pada area 3 diketahui unsur yang terkandung pada guano ini diantaranya adalah:

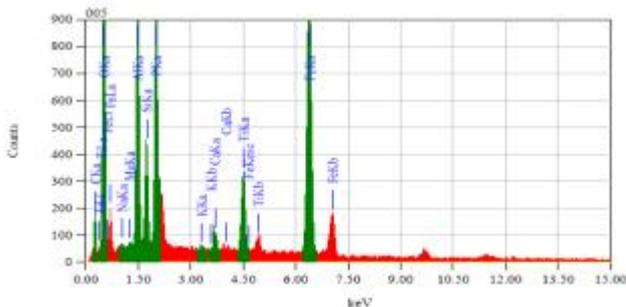
Silikon (Si)	4.90	4.64
Kalium (K)	0.12	0.10
Kalsium (Ca)	0.11	0.12
Titanium (Ti)	8.10	4.50
Besi (Fe)	43.61	20.77

Tabel 9. Hasil Perhitungan Komposisi Unsur Mineral Magnetik Guano GR 0-5 cm Pada Area 1.

Unsur	Massa (%)	Ar	Atom proportion	Nilai
Karbon (C)	4.56	12	0.38	4
Oksigen (O)	31.98	16	1.99	21
Natrium (Na)	0.37	23	0.02	0
Magnesium (Mg)	0.67	24	0.03	0
Aluminium (Al)	5.57	27	0.20	2
Silikon (Si)	4.90	28	0.17	2
Kalium (K)	0.12	39	0.00	0
Kalsium (Ca)	0.11	40	0.00	0
Titanium (Ti)	8.10	48	0.16	2
Besi (Fe)	43.61	56	0.77	8

Berdasarkan perhitungan dari pengukuran guano Gua Rantai kedalaman 0-5 cm pada area 1 (Tabel 12) diperoleh nilai indeks yang bervariasi dari masing-masing unsur. Dari variasi nilai indeks tersebut diketahui bahwa senyawa mineral yang mungkin terbentuk adalah (Fe_3O_4) , (Fe_2O_3) , $(FeTiO_3)$, (SiO_2) , $(FeCO_3)$, (TiO_2) dan (Al_2SiO_5) . Pada area 1 terdapat kandungan besi yang cukup tinggi, sehingga kemungkinan diperoleh senyawa mineral magnetik pada area ini cukup bervariasi diantaranya terdapat *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (Fe_2O_3), *ilmenite* ($FeTiO_3$) dan *rutile* (TiO_2).

Pada area 2 diketahui unsur yang terkandung pada sampel ini diantaranya:



Gambar 12. Profil Hasil Pengukuran Scanning Electron Microscope Guano GR 0-5 cm Pada Area 2

Tabel 10. Kandungan Unsur GR 0-5 cm Pada Area 2

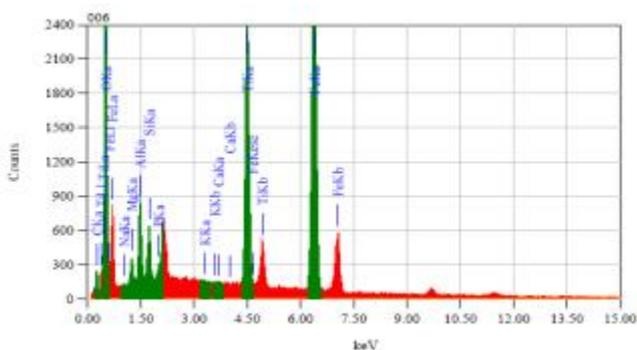
Unsur	Massa (%)	Atom (%)
Karbon (C)	9.14	17.67
Oksigen (O)	35.66	51.72
Natrium (Na)	0.10	0.10
Magnesium (Mg)	0.25	0.24
Aluminium (Al)	7.44	6.40
Silikon (Si)	3.07	2.54
Fosfor (P)	7.40	5.54
Kalium (K)	0.12	0.07
Kalsium (Ca)	0.78	0.45
Titanium (Ti)	4.33	2.10
Besi (Fe)	31.71	13.18

Tabel 11. Hasil Perhitungan Komposisi Unsur Mineral Magnetik Guano GR 0-5 cm Pada Area 2.

Unsur	Massa (%)	Ar	Atom proportion	Nilai
Karbon (C)	9.14	12	0.76	8
Oksigen (O)	35.66	16	2.22	22
Natrium (Na)	0.10	23	0.00	0
Magnesium (Mg)	0.25	24	0.01	0
Aluminium (Al)	7.44	27	0.27	3
Silikon (Si)	3.07	28	0.10	1
Fosfor (P)	7.40	31	0.23	2
Kalium (K)	0.12	39	0.00	0
Kalsium (Ca)	0.78	40	0.01	0
Titanium (Ti)	4.33	48	0.09	1
Besi (Fe)	31.71	56	0.56	6

Berdasarkan variasi nilai indeks dari masing-masing unsur dapat diketahui senyawa mineral yang akan terbentuk diantaranya (Fe_3O_4) , (Fe_2O_3) , (SiO_2) , $(FeCO_3)$, (TiO_2) , (Al_2SiO_5) dan $(AlFeP_2O_5)$. Pada area 2 ini terdapat kandungan besi yang tinggi, sehingga kemungkinan diperoleh senyawa mineral magnetik pada area ini cukup bervariasi diantaranya terdapat *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (Fe_2O_3), dan *rutile* (TiO_2).

Sedangkan pada area 3 diketahui unsur yang terkandung pada sampel ini diantaranya:



Gambar 13. Profil Hasil Pengukuran *Scanning Electron Microscope* Guano GR 0-5 cm Pada Area 3.

Tabel 12. Kandungan Unsur GR 0-5 cm Pada Area 3.

Unsur	Massa (%)	Atom (%)
Karbon (C)	2.64	6.24
Oksigen (O)	31.45	55.81
Natrium (Na)	0.28	0.34
Magnesium (Mg)	1.04	1.21
Aluminium (Al)	2.70	2.84
Kalium (K)	0.04	0.03
Kalsium (Ca)	0.05	0.04
Titanium (Ti)	15.48	9.17
Besi (Fe)	44.82	22.79

Tabel 13. Hasil Perhitungan Komposisi Unsur Mineral Magnetik Guano GR 0-5 cm Pada Area 3.

Unsur	Massa (%)	Ar	Atom proportion	Nilai
Karbon (C)	2.64	12	0.22	2
Oksigen (O)	31.45	16	1.96	20
Natrium (Na)	0.28	23	0.01	0
Magnesium (Mg)	1.04	24	0.04	0
Aluminium (Al)	2.70	27	0.10	0
Kalium (K)	0.04	39	0.00	0
Kalsium (Ca)	0.05	40	0.00	0
Titanium (Ti)	15.48	48	0.32	3
Besi (Fe)	44.82	56	0.80	8

Berdasarkan variasi nilai indeks dari masing-masing unsur dapat diketahui senyawa mineral yang akan terbentuk diantaranya (Fe_3O_4), (Fe_2O_3), (FeTiO_3), (FeCO_3), (TiO_2) dan

(FeO). Pada area 3 ini terdapat kandungan besi yang tinggi, sehingga kemungkinan diperoleh senyawa mineral magnetik pada area ini cukup bervariasi diantaranya terdapat *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (Fe_2O_3), *ilmenite* (FeTiO_3) dan *rutile* (TiO_2).

PEMBAHASAN

1. Morfologi Permukaan Mineral Magnetik Guano Gua Solek dan Gua Rantai

Berdasarkan hasil analisa SEM morfologi permukaan sampel guano dari Gua Solek dan Gua Rantai hasil ekstraksi dengan perbesaran 400 kali menggunakan BSE terlihat adanya bagian yang berwarna cerah. Pada sampel ini tidak dapat diketahui bagaimana morfologi permukaannya disebabkan perbesaran yang terlalu kecil. Oleh sebab itu hanya bisa mengindikasikan permukaan yang terlihat cerah saja. Permukaan yang terlihat cerah merupakan indikasi kandungan mineral magnetik^[9]. Untuk memperoleh tujuan dari penelitian ini maka dilakukan analisa menggunakan EDS yang mengidentifikasi kandungan mineral magnetik pada guano Gua Solek dan Gua Rantai.

2. Kandungan mineral magnetik guano Gua Solek dan Gua Rantai.

Berdasarkan hasil EDS terhadap sampel guano dari Gua Solek dan Gua Rantai diperoleh rangkaian senyawa mineral magnetik yang terbentuk dari kumpulan unsur-unsur kimia yang terdapat pada masing-masing sampel guano tersebut yang selanjutnya dianalisa menggunakan hukum Proust (hukum perbandingan tetap).

a. Gua Solek Kedalaman 158-160 cm

Hasil pengukuran sampel guano Gua Solek kedalaman 158-160 cm menggunakan EDS diperoleh tiga area yang dapat dianalisa kandungan mineral magnetiknya pada masing-masing area berdasarkan perhitungan. Dari hasil perhitungan diperoleh senyawa pembentuk mineral magnetik yang dominan dari ketiga area tersebut adalah *magnetite* (Fe_3O_4). Selain itu juga didapatkan senyawa pembentuk mineral non magnetik seperti *andalusite* (Al_2SiO_5) dan *quartz* (SiO_2)^[10]. Berdasarkan hasil pengukuran sampel guano Gua Solek kedalaman 158-160 cm ini ternyata sama dengan hasil pengukuran menggunakan metode XRD yang telah dilakukan sebelumnya.

b. Gua Rantai Kedalaman 0-5 cm

Berdasarkan hasil analisa sampel guano Gua Rantai kedalaman 0-5 cm menggunakan EDS memperlihatkan kandungan unsur mineral magnetik dan mineral nonmagnetik. Dari ketiga area penembakan sampel diperoleh kandungan mineral magnetik yang dominan diantaranya mineral magnetik *hematite* (Fe_2O_3), *magnetite* (Fe_3O_4), dan *ilmenite* (FeTiO_3). Selain itu juga didapatkan senyawa pembentuk mineral nonmagnetik seperti *andalusite* (Al_2SiO_5), *siderite* (FeCO_3) dan *quartz* (SiO_2)^[10].

Hasil pengukuran pada sampel guano Gua Rantai kedalaman 0-5 cm ini dapat mengkonfirmasi kebenaran dari metode XRD. Namun pada pengukuran ini diperoleh mineral magnetik lainnya seperti *ilmenite* (FeTiO_3) dan *rutile* (TiO_2), hal ini dapat terjadi karena adanya area penembakan yang berbeda-beda sehingga kemungkinan untuk memperoleh mineral magnetik yang bervariasi sangat besar.

KESIMPULAN

1. Hasil pengamatan morfologi permukaan guano dari Gua Solek dan Gua Rantai menggunakan SEM tidak bisa diidentifikasi, karena pada penelitian ini perbesaran yang digunakan terlalu kecil. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan BSE memperlihatkan adanya permukaan yang berwarna cerah, dimana permukaan yang berwarna cerah tersebut mengindikasikan terdapat kandungan besi yang tinggi.
2. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode SEM diketahui bahwa kandungan mineral magnetik yang terdapat dari kedua gua ini didominasi oleh unsur besi (Fe) dan oksigen (O) yang mengindikasikan adanya kandungan mineral magnetik dari kelompok oksida besi yaitu *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (Fe_2O_3) dan *ilmenite* (FeTiO_3). Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran menggunakan difraksi sinar-x^[11]. Selain itu diperoleh mineral nonmagnetik seperti *andalusite* (Al_2SiO_5), *siderite* (FeCO_3) dan *quartz* (SiO_2)^[10].

DAFTAR RUJUKAN

- [1]White,W.B. 2007. Cave Sediment and Paleoclimate. Journal of Cave and Karst Studies, v.69, no.1,p.76-93.
- [2]Zulaikah, S. 2005. Kajian Sifat Magnetik Stalagmit di Jawa dan Aplikasinya pada Variasi Sekuler Medan Magnetik Bumi Serta Perubahan Iklim Purba. Disertasi S3 Institut Teknologi Bandung (ITB). (Tidak Dipublikasikan).
- [3]Sapiie, Benyamin. 2006 .Geologi Fisik. Bandung: ITB.
- [4]Graha, Dodi S. 1987. Batuan dan Mineral. Nova: Bandung.
- [5]Stokes, Debbie, J. 2008. Principles and Practice of Variable Pressure/Environmental Scanning Electron Microscopy (VP-ESEM). John Wiley dan Sons Ltd.UK.
- [6]Sibilia,J,P. 1988. A Guide to materials characterization and chemical analysis. VCH Publishers. New York.
- [7]Santosa, Agus. 2008. Analisa Struktur dan Komposisi Material Lapisan Tungsten Carbide/Cobalt (WC-Co) Yang Dipersiapkan dengan Metode HVOF. Jakarta. Universitas Indonesia.
- [8]Handayani, Ari. 2007. Pengamatan strukturmikro Dengan mikroskop optik dan Scanning electron microscope (SEM - EDAX). Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional:Jakarta.
- [9]Olintika, T. 2009. Kajian Suseptibilitas Guano di Gua Solek dan Gua Batu Payung Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota. Padang:UNP. (Tidak Dipublikasikan).
- [10]Wiley, John. Sons. Mar Of Mineralogy. Kanada: United States of America.
- [11]Niarti, D. 2012. Penentuan Jenis Mineral Magnetik Guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode X-Ray Diffraction Padang:UNP.