

**PENENTUAN JENIS MINERAL MAGNETIK GUANO DARI  
GUA SOLEK DAN GUA RANTAI KECAMATAN LAREH  
SAGO HALABAN KABUPATEN LIMA PULUH KOTA  
MENGUNAKAN METODE *X-RAY DIFFRACTION***

**SKRIPSI**

*Diajukan Kepada Tim Penguji Jurusan Fisika Sebagai Salah Satu  
Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**Oleh :**

**DESSUPRI NIARTI**

**NIM. 01970**

**JURUSAN FISIKA  
PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2012**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

Judul : **Penentuan Jenis Mineral Magnetik Guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode X-Ray Diffraction.**

Nama : **Dessupri Niarti**

NIM : **01970**

Program Studi : **Fisika**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Padang, 18 Juli 2012

Disetujui oleh

Pembimbing I



**Dr. Hamdi, M.Si.**

**NIP.19651217 199203 1 003**

Pembimbing II



**Fatni Mufit, S.Pd., M.Si.**

**NIP. 19731023 200012 2 002**

**PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

**Nama** : Dessupri Niarti  
**NIM** : 01970  
**Program Studi** : Fisika  
**Jurusan** : Fisika  
**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

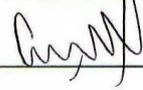
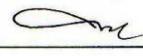
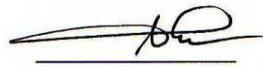
dengan judul

**Penentuan Jenis Mineral Magnetik Guano dari Gua Solek dan Gua Rantai  
Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota  
Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction***

**Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang**

Padang, 18 Juli 2012

**Tim Penguji**

	<b>Nama</b>	<b>Tanda Tangan</b>
<b>Ketua</b>	: Dr. Hamdi, M.Si.	 _____
<b>Sekretaris</b>	: Fatni Mufit, S.Pd., M.Si.	 _____
<b>Anggota</b>	: Drs. H. Asrul, M.A.	 _____
<b>Anggota</b>	: Drs. Mahrizal, M.Si.	 _____
<b>Anggota</b>	: Drs. Akmam, M.Si.	 _____

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 18 Juli 2012

Yang menyatakan,

Dessupri Niarti

## ABSTRAK

**Dessupri Niarti : Penentuan Jenis Mineral Magnetik Guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction***

Pengukuran sifat magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai telah pernah dilakukan sebelumnya. Sifat magnetik yang diukur adalah suseptibilitas magnetik dan konsentrasi mineral magnetik dengan menggunakan metode suseptibilitas magnetik, sedangkan sifat magnetik yang lain seperti jenis mineral, ukuran bulir belum pernah dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran sifat magnetik, yaitu penentuan jenis mineral magnetik dari guano. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis mineral magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction*.

Jenis mineral magnetik guano ditentukan dengan menggunakan metode *x-ray diffraction*. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah *x ray diffractometer*. Ada 10 sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu 6 sampel dari Gua Solek dan 4 sampel dari Gua Rantai. Sampel guano yang digunakan adalah sampel yang diambil berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik yang telah diukur sebelumnya. Hasil difraksi sinar-x untuk setiap sampel yang diperoleh adalah sudut difraksi ( $2\theta$ ), jarak antar bidang ( $d_{hkl}$ ), intensitas difraksi ( $I$ ) dan intensitas relatif. Data Hasil pengukuran ini dibandingkan dengan *database* mineral magnetik sehingga dapat diketahui jenis mineral magnetik yang terkandung pada guano.

Analisis hasil pengukuran menggunakan *x-ray diffraction* menunjukkan bahwa sampel guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota didominasi oleh mineral yang berasal dari kelompok oksida besi. Jenis mineral yang dominan adalah *magnetite* ( $Fe_3O_4$ ) disamping itu ditemukan juga mineral magnetik lain seperti *hematite* ( $Fe_2O_3$ ) yang tidak begitu dominan.

## **KATA PENGANTAR**

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang maha memiliki ilmu dan maha luas ilmu-Nya berkat rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Penentuan Jenis Mineral Magnetik Guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction*.” Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian Hibah Bersaing tahun 2011 atas nama Dr. Hamdi, M.Si., Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si. dan Harman Amir, S.Si. M.Si. dengan judul Kajian Perubahan Iklim Menggunakan Sifat Magnetik Guano Sumatera Barat. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Kelancaran kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara moril maupun secara materil. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Hamdi, M.Si., sebagai pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Ibu Fatni Mufit, S.Pd., M.Si., sebagai pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan dan saran serta kesabarannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

3. Bapak Drs. H. Asrul, M.A., Bapak Drs. Mahrizal, M.Si., Bapak Drs. Akmam, M.Si., dan Bapak Harman Amir, S.Si. M.Si., selaku penguji pada skripsi ini.
4. Bapak Drs. H. Asrul, M.A., sebagai penasehat akademik yang telah banyak memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
5. Bapak Drs. Akmam, M.Si., sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.
6. Ibu Hidayati, M.Si., sebagai ketua Program Studi Fisika FMIPA UNP.
7. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
8. Ibu Erni Rahman sebagai kepala Laboran di Labor Geofisika UNSRI Palembang yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan pengukuran IRM dan ilmu serta diskusi yang telah diberikan.
9. Bapak Adel Fisli di PTBIN BATAN yang telah membantu penulis dalam pengambilan data pada penelitian ini.
10. Bapak Prof. Satria Bijaksana, Ph.D., Bapak Gerald Tamuntuan, Ibu Erni Rahman, Ibu Eleonora Agustine dan Ibu Dini Fitriani di Laboratorium Kemagnetan Batuan Fisika Sistem Kompleks Institut Teknologi Bandung (ITB) atas diskusi dan pengalaman serta dan ilmu yang sangat bermanfaat yang diajarkan kepada penulis.
11. Tiwi Olintika, S. Si. dan Mila Novrilita, S. Si. yang telah bersusah payah untuk mendapatkan sampel guano dari Gua Solek dan Gua Rantai sehingga penulis bisa menggunakan sampel yang telah diambil untuk dijadikan sebagai sampel penelitian.

12. Rekan-rekan satu tim, atas kerjasama, bantuan, motivasi dan semangatnya dalam menyelesaikan skripsi ini
13. Rekan-rekan mahasiswa jurusan Fisika FMIPA UNP yang selalu memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Kedua orang tua dan semua anggota keluarga atas pengertian yang besar, juga motivasi dan dorongan serta doa yang tulus yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis untuk mewujudkan dan menyelesaikan studi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam tulisan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kelemahan. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap mudah-mudahan skripsi ini berguna bagi pembaca semua. Semoga semua bantuan, kritik dan saran yang telah diberikan menjadikan masukan positif bagi kita.

Padang, Agustus 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Pertanyaan Penelitian .....	4
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II KERANGKA TEORI</b>	
<b>A. Kajian Teoritis</b> .....	<b>6</b>
1. Mineral Magnetik .....	6
2. Guano .....	11
3. Kelelawar .....	12
4. Sinar-X .....	13
5. <i>X-Ray Diffraction</i> .....	16
6. Kristalografi .....	21

<b>B. Penelitian Relevan</b> .....	24
<b>C. Kerangka Berfikir</b> .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian, Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
B. Desain Penelitian .....	28
C. Instrumen Penelitian .....	31
D. Teknik Pengumpulan dan Analisa Data .....	32
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	35
B. Pembahasan .....	75
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	83
B. Saran .....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman
1. Koordinat Pengambilan Sampel.....	28
2. Nilai Suseptibilitas Magnetik Guano dari Gua Solek dan gua Rantai Berdasarkan Kedalaman .....	30
3. Data Hasil Pengukuran XRD GS 144-146 cm .....	37
4. Perbandingan Hasil Pengukuran GS 144-146 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	37
5. Data Hasil Pengukuran XRD GS 158-160 cm .....	42
6. Perbandingan Hasil Pengukuran GS 158-160 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	43
7. Data Hasil Pengukuran XRD GS 180-182 cm .....	45
8. Perbandingan Hasil Pengukuran GS 180-182 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	47
9. Data Hasil Pengukuran XRD GS 102-104 cm .....	49
10. Perbandingan Hasil Pengukuran GS 102-104 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	49
11. Data Hasil Pengukuran XRD GS 100-102 cm .....	52
12. Perbandingan Hasil Pengukuran GS 100-102 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	55
13. Data Hasil Pengukuran XRD GS 126-128 cm .....	57
14. Perbandingan Hasil Pengukuran GS 126-128 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	59
15. Data Hasil Pengukuran XRD GR 85-90 cm.....	61
16. Perbandingan Hasil Pengukuran GR 85-90 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	63
17. Data Hasil Pengukuran XRD GR 95-100 cm.....	65
18. Perbandingan Hasil Pengukuran GR 95-100 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	67

19.Data Hasil Pengukuran XRD GR 160-165 cm.....	68
20.Perbandingan Hasil Pengukuran GR 160-165 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	69
21.Data Hasil Pengukuran XRD GR 0-5 cm.....	71
22.Perbandingan Hasil Pengukuran GR 0-5 cm dengan <i>Database</i> Mineral Magnetik .....	73
23.Perbandingan Hasil Pengukuran Gua Solek dan Gua Rantai .....	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman
1. Diagram Ternary $\text{TiO}_2$ - $\text{FeO}$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	7
2. Mineral Magnetik Magnetite.....	8
3. Mineral Magnetik Hematite .....	9
4. Mineral Magnetik Maghemite.....	10
5. Mineral Magnetik Ilmenite .....	10
6. Mineral Magnetik <i>Greigite</i> .....	11
7. Skema Tabung Sinar-X .....	14
8. Difraksi Bidang Kisi .....	18
9. Bentuk-Bentuk Sistem Kristal .....	23
10. Kerangka Berfikir Penelitian.....	26
11. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Guano .....	29
12. Geometri XRD .....	32
13. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GS 144-146 cm.....	36
14. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GS 144-146 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik .....	38
15. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GS 144-146 cm .....	39
16. Profil Hasil Pengukuran XRD Sampel Guano GS 158-160 cm .....	40
17. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GS 158-160 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik .....	42
18. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GS 158-160 cm .....	43
19. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GS 180-182 cm.....	44
20. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GS 180-182 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	46

21. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GS 180-182 cm .....	47
22. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GS 102-104 cm.....	48
23. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GS 102-104 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	50
24. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GS 102-104 cm .....	51
25. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GS 100-102 cm .....	52
26. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GS 100-102 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	54
27. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GS 100-102 cm .....	55
28. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GS 126-128 cm.....	56
29. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GS 126-128 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	58
30. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GS 126-128 cm .....	59
31. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GR 85-90 cm .....	60
32. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GR 85-90 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	62
33. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GR 85-90 cm .....	63
34. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GR 95-100 cm .....	64
35. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GR 95-100 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	66
36. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GR 95-100 cm.....	67
37. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GR 160-165 cm .....	69
38. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GR 160-165 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik.....	70
39. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GR 160-165 cm.....	71
40. Profil Hasil Pengukuran XRD Guano GR 0-5 cm .....	72

41. Perbandingan Hasil Pengukuran Guano GR 0-5 cm dengan Kurva Standar Mineral Magnetik .....	74
42. Profil Analisis Hasil Pengukuran XRD GR 0-5 cm .....	75

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran:	Halaman
1. Nilai Suseptibilitas Magnetik Guano Gua Solek dan Gua Rantai .....	86
2. Data Nilai Suseptibilitas Magnetik Guano Gua Solek dan Gua Rantai .....	88
3. <i>Database</i> untuk Mineral Magnetik.....	90
4. Kurva Hasil pengukuran IRM Gua Solek dan Gua Rantai.....	93
5. Dokumentasi Penelitian .....	97

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Masalah

Perubahan iklim dapat dilihat dari perubahan lingkungan yang terjadi di permukaan bumi. Pada pohon jati dan bakau perubahan iklim dapat dilihat dari lingkaran tahunan pohon, sedangkan pada gua perubahan iklim dapat dilihat dari sedimen gua. Sedimen gua terdiri atas dua kategori yaitu sedimen kimia dan sedimen klastik (White, 2007). Sedimen kimia adalah sedimen yang terbentuk di dalam gua seperti stalagtit dan stalagmit. 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 ( $CaCO_3$ ) (Zulaikah, 2005).

Sedimen klastik adalah sedimen yang terbawa dari lingkungan luar ke dalam gua. Salah satu contoh sedimen klastik adalah guano. 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. Tingkat pengendapan sedimen ini bertambah beberapa meter setelah ribuan tahun di lantai gua (Bird, 2007).

Penelitian endapan guano yang terdapat di dalam gua pernah dilakukan oleh Wurster, dkk (2008) yang meneliti isotop karbon ( $\delta C^{13}$ ) dan isotop hidrogen ( $\delta H$ ) guano yang terdapat pada gua di Grand Canyon Amerika Serikat yang

bertujuan untuk melihat perubahan lingkungan. Selain itu penelitian mengenai sifat kemagnetan dari guano juga pernah diteliti sebelumnya, seperti yang telah diteliti oleh Olintika (2009) dan Novrilita (2009) yang meneliti suseptibilitas magnetik terhadap guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota. Nilai suseptibilitas yang diperoleh bervariasi, di Gua Solek berkisar antara  $14.2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$  sampai  $687 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$  dengan rata-rata  $426 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$  dan di Gua Rantai berkisar antara  $11.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$  sampai dengan  $799.63 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$  dengan rata-rata  $430,09 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{kg}$ .

Berdasarkan variasi nilai suseptibilitas magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai maka dapat diketahui bahwa di dalam guano terdapat mineral magnetik. Keberadaan mineral magnetik walaupun sedikit sangat bermanfaat dalam kajian kemagnetan batuan dimana mineral magnetik merupakan komponen utama perekam arah dan intensitas medan magnetik bumi selama proses pembentukan endapan. Perubahan arah dan intensitas medan magnetik bumi terekam oleh mineral-mineral magnetik yang terkandung dalam material-material alam seperti lava, sedimen laut dan endapan gua. Keberadaan mineral ferromagnetik pada endapan gua dapat merekam arah medan magnetik bumi sampai sepanjang proses pembentukannya (Zulaikah, 2005). Untuk itu pada penelitian ini peneliti akan melanjutkan kajian sifat magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai. Penelitian sifat magnetik yang dilakukan adalah penentuan jenis mineral magnetik guano.

Penentuan jenis mineral magnetik guano dapat dilakukan dengan menggunakan metode IRM (*Isothermal Remanent Magnetization*) dan metode

*X-Ray Diffraction*. Pengukuran kurva saturasi IRM hanya digunakan untuk mengidentifikasi mineral-mineral magnetik dari jenis oksida besi seperti *magnetite* dan *hematite* (Hamdi, 2008). Untuk memperoleh informasi yang lebih jelas tentang jenis mineral magnetik lain yang terkandung dalam guano dapat dilakukan dengan nonmagnetik.

Metode *x-ray diffraction* atau difraksi sinar-x mampu menutupi kekurangan dari metode IRM yang tidak bisa mengidentifikasi jenis mineral magnetik selain *magnetite* dan *hematite*. *X-ray diffraction* menghasilkan pola-pola difraksi yang kemudian dimanfaatkan untuk menentukan struktur kristal dan mengidentifikasi jenis mineral magnetik pada guano. Dengan menggunakan metode ini diharapkan bisa diperoleh hasil yang lebih jelas mengenai jenis mineral magnetik yang terkandung di dalam guano. Oleh sebab itu, penelitian ini berjudul “Penentuan Jenis Mineral Magnetik Guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction*”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu apa jenis mineral magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction*.

### **C. Batasan Masalah**

Sampel penelitian diambil dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota. Karena sampel penelitian yang diambil cukup banyak maka peneliti membatasi sampel yang akan dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* yaitu berdasarkan nilai suseptibilitas magnetic dan kurva saturasi IRM. Dari 102 sampel guano yang ada dari kedua gua, maka diambil 10 sampel guano yang akan diukur dengan ketentuan 6 sampel dari Gua Solek dan 4 sampel dari Gua Rantai. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel yang mempunyai rentang nilai suseptibilitas magnetik yang rendah, menengah dan tinggi

### **D. Pertanyaan Penelitian**

Pertanyaan dari penelitian ini adalah apakah jenis mineral magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota menggunakan metode *X-Ray Diffraction*.

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis mineral magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

## **F. Manfaat Penelitian**

1. Bagi peneliti dan instansi lain sebagai kajian mineral magnetik guano yang akan dijadikan sebagai *proxy paleoclimate* yang bertujuan untuk melihat perubahan iklim pada masa lampau dan juga bisa memprediksikan iklim pada masa yang akan datang.
2. Pada bidang Geofisika merupakan aplikasi dari ilmu geofisika, sehingga menambah pengetahuan tentang kajian kemagnetan batuan dan magnetik lingkungan.
3. Bagi penulis merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata-1 (satu) Geofisika Program Studi Fisika di FMIPA, Universitas Negeri Padang serta menambah pemahaman dan wawasan penulis mengenai penggunaan metode nonmagnetik yaitu metode *X-Ray Diffraction*.

## BAB II

### KERANGKA TEORI

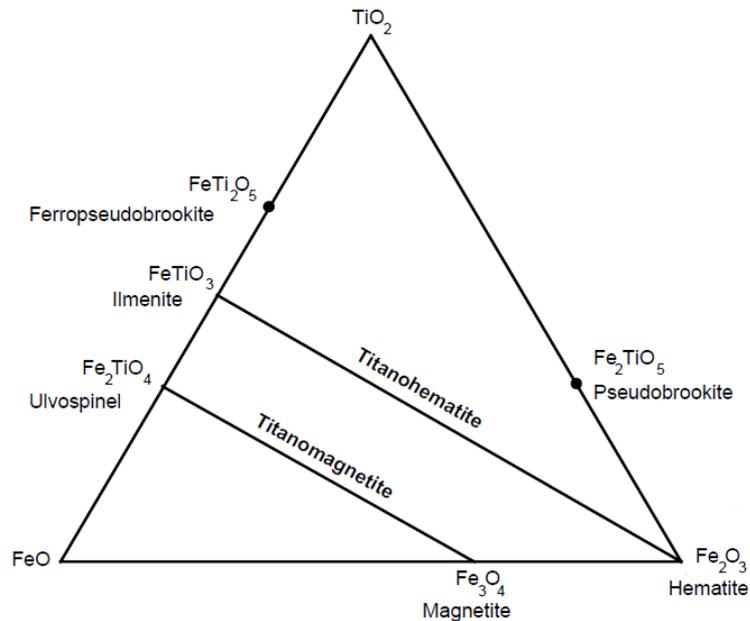
#### A. Kajian Teoritis

##### 1. Mineral Magnetik

Batuan terbuat dari campuran alami yang disebut dengan mineral, yang biasanya membentuk kristal. Menurut Graha (1987) mineral adalah suatu zat (fasa) padat dari unsur kimia atau persenyawaan kimia yang dibentuk oleh proses-proses anorganik, dan mempunyai susunan tertentu dan penempatan atom-atom secara beraturan di dalamnya atau dikenal sebagai struktur kristal. Kandungan mineral magnetik yang terdapat dalam suatu bahan mempengaruhi sifat magnetik bahan tersebut. Dilihat dari sifat magnetiknya, suatu bahan dapat digolongkan menjadi diamagnetik, paramagnetik dan ferromagnetik. Mineral yang tergolong ferromagnetik biasanya diidentikkan dengan istilah mineral magnetik. Mineral yang bersifat ferromagnetik umumnya tergolong dalam oksida titanium besi, sulfida besi dan hidroksida besi.

Beberapa mineral magnetik yang tergolong ke dalam keluarga oksida titanium besi yaitu *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *hematite* ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan *maghemite* ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Mineral-mineral magnetik dari keluarga sulfida besi adalah *Greigite* ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) dan *pyrrhotite* ( $\text{Fe}_7\text{S}_8$ ), sedangkan yang tergolong dalam hidroksida besi adalah *goethite* ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ). Keluarga oksida titanium besi merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral-mineral magnetik

yang paling dominan. Keluarga oksida ini bisa digambarkan melalui diagram segitiga (*ternary diagram*)  $\text{TiO}_2$ - $\text{FeO}$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram *ternary*  $\text{TiO}_2$ - $\text{FeO}$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Butler, 1998)

Posisi dari kiri ke kanan menandakan meningkatnya rasio  $\text{Fe}^{3+}$  terhadap  $\text{Fe}^{2+}$ , sementara dari bawah ke atas menandakan peningkatan  $\text{Ti}^{4+}$  terhadap besi. Pada puncak segitiga hanya ditemukan  $\text{Ti}^{4+}$  saja, pada ujung sebelah kiri terdapat *ferrous oxide* ( $\text{FeO}$ ) dengan bilangan oksidasi yaitu  $\text{Fe}^{2+}$ , sementara pada ujung sebelah kanan terdapat *ferric oxide* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dengan bilangan oksidasi  $\text{Fe}^{3+}$ . Pada diagram segitiga ini ada dua kelompok oksida titanium besi Mineral-mineral magnetik pada keluarga oksida titanium besi utama, yaitu kelompok *titanomagnetite* dan kelompok *titanohematite*. *Titanomagnetite* merupakan mineral kubus dengan struktur *inverse spinel* dan *titanohematite* dicirikan dengan simetri *rhombohedral* (Evan dan Heller, 2003). Kedua mineral ini mempunyai komposisi yang sama tapi berbeda struktur, sebagai contoh *maghemite* dan *hematite*, menempati posisi yang sama dalam diagram *ternary*.

### a. Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Mineral *magnetite* merupakan salah satu mineral magnetik yang penting di bumi, yang terdapat pada batuan beku, sedimen dan batuan metamorf. *Magnetite* juga merupakan mineral magnetik yang terkuat karena mineral ini merekam NRM (*Natural Remanent Magnetization*) yang stabil (Butler, 1998). *Magnetite* bersifat ferrimagnetik dengan Temperatur Curie  $580\text{ }^\circ\text{C}$  dan magnetisasi saturasi  $90\text{-}93\text{ Am}^2/\text{kg}$ . *Magnetite* ini merupakan deret *titanomagnetite* ( $\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$ ) (Evan dan Heller, 2003). *Magnetite* memiliki komposisi kimia  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , berwarna hitam mengkilat seperti pada Gambar 2. Batuannya keras dan sangat berat, tidak terbelah-belah, tidak tembus cahaya dan menunjukkan kilauan logam. *Magnetite* mempunyai sifat kemagnetan yang sangat kuat dan memiliki kandungan mineral Fe paling tinggi dimana strukturnya berbentuk oktahedral (Butler, 1998).



Gambar 2. Mineral magnetik *magnetite* (Maulana, 2011)

### b. Hematite ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )

*Hematite* kebanyakan terdapat di alam terutama pada tanah dan sedimen yang berhubungan dengan lingkungan. Mineral *hematite* bersifat antiferromagnetik dengan magnetisasi spontan sekitar  $2.5\text{ KA/m}$  dan Temperatur

Curie 680 °C. Besi bisa diganti dengan titanium sehingga *hematite* termasuk ke dalam deret *titanohematite* ( $\text{Fe}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ) (Evans dan Heller, 2003). *Hematite* merupakan mineral berwarna gelap yang membuatnya mudah dibedakan dengan *magnetite* dan mempunyai struktur heksagonal seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mineral magnetik *hematite* (Maulana, 2011)

### c. *Maghemite* ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )

Formula kimianya sering diidentikkan dengan *hematite*. Hal ini disebabkan karena kedua jenis mineral itu mirip dan terletak di posisi yang sama pada diagram *ternary*, akan tetapi mereka tidak memiliki bentuk magnetik atau susunan kristal yang sama. *Maghemite* merupakan mineral yang teroksidasi penuh dari *magnetite*, mempunyai struktur kristal kubus dan banyak terdapat di tanah seperti pada Gambar 4. Temperatur Curiennya sekitar 645 °C dan magnetisasi spontan berkurang dari 480 KA/m ke 380 KA/m yang merupakan mineral tak stabil (Evans dan Heller, 2003). Untuk membedakannya *hematite* ditulis dengan  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  sedangkan *maghemite*  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .



Gambar 4. Mineral magnetik *maghemite* (Maulana, 2011)

**d. *Ilmenite* ( $\text{FeTiO}_2$ )**

*Ilmenite* adalah mineral magnetik yang bersifat anisotrop yaitu mineral yang mempunyai sifat fisik yang berbeda-beda jika dilihat pada semua keadaan. *Ilmenite* tersebar dalam banyak batuan dan pasir, kristalnya mempunyai bentuk yang sama dengan *hematite* yaitu berbentuk heksagonal seperti pada Gambar 5.

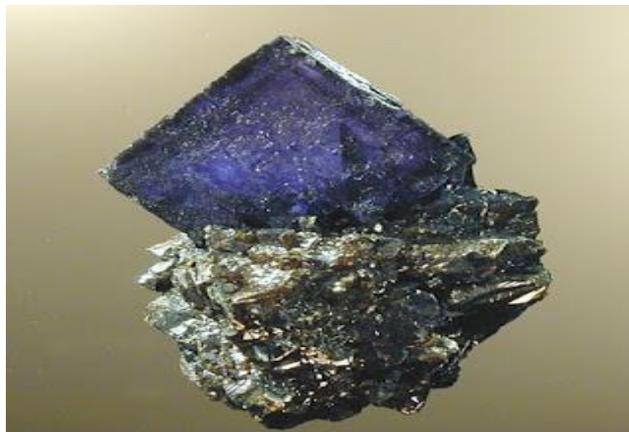


Gambar 5. Mineral magnetik *ilmenite* (Maulana, 2011)

**e. *Greigite* ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ )**

*Greigite* ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) adalah sulfida besi yang ekuivalen dengan *magnetite*, memiliki struktur mineral kubus (Gambar 6) bersifat ferrimagnetik kuat serta memiliki magnetisasi spontan  $\sim 125$  kA/m dan titik Curie sebesar  $\sim 330$   $^{\circ}\text{C}$ .

*Greigite* banyak terjadi dalam sedimen *lacustrine* dan *marine*. Titik Curie *greigite* ini sama dengan besi sulfida yang lain seperti *pyrrhotite*.



Gambar 6. mineral magnetik *greigite* (Maulana, 2011)

#### f. *Goethite* ( $\alpha$ -FeOOH)

Mineral magnetik yang signifikan dari *iron oxyhydroxide* adalah *goethite* ( $\alpha$ -FeOOH) dengan magnetisasi spontan jauh lebih kecil dari *magnetite* yaitu sekitar 2 kA/m dan temperatur Curie 120 °C. *Goethite* memiliki struktur mineral heksagonal dan bersifat antiferromagnetik serta banyak ditemukan pada tanah dan sedimen.

## 2. Guano

Guano berasal dari bahasa Spanyol yaitu *Quechua* yang berarti kotoran (*feses*) dari burung laut, kelelawar dan anjing laut. Guano merupakan sisa pencernaan kelelawar atau burung yang mengandung mineral karbon dan kaya nitrogen serta mengandung fosfat dan urea yang bukan merupakan mineral magnetik. Guano termasuk salah satu sedimen klastik gua, yaitu sedimen yang terbawa dari lingkungan luar ke dalam gua. Selama ribuan tahun guano menumpuk dan mengendap di lantai gua (Bird, 2007).

Keberadaan mineral magnetik pada guano juga berasal dari debu. Serangga yang berterbangan di alam bebas, rentan terkena debu. Secara tidak langsung kelelawar juga mengkonsumsi debu yang ada pada tubuh serangga yang dimakannya. Debu ini juga dapat berasal dari lingkungan luar gua seperti aktifitas vulkanik. Debu tersebut terdistribusi ke dalam gua melalui media angin sehingga akan berpengaruh pada kandungan mineral magnetik guano yang telah menumpuk di dalam gua. Analisis kimia dilakukan terhadap partikel debu memperlihatkan kandungan sebagai berikut,  $\text{SiO}_2 = 57.8\text{-}62.4 \%$  ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 18.10 - 19.01 \%$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.44 - 4.60 \%$ , sedang unsur lainnya relatif kecil (Marmer, 2003). Sehingga dapat disimpulkan debu juga mengandung mineral magnetik.

Keberadaan mineral magnetik walaupun sedikit sangat bermanfaat dalam kajian kemagnetan batuan dimana mineral magnetik merupakan komponen utama perekam arah dan intensitas medan magnetik bumi selama proses pembentukan endapan. Perubahan arah dan intensitas medan magnetik bumi terekam oleh mineral-mineral magnetik yang terkandung dalam material-material alam seperti lava, sedimen laut dan endapan gua. Keberadaan mineral ferromagnetik pada endapan gua dapat merekam arah medan magnetik bumi sampai sepanjang proses pembentukannya (Zulaikah, 2005).

### **3. Kelelawar**

Kelelawar merupakan salah satu anggota mamalia yang termasuk ke dalam *ordo chiroptera* yang bearti mempunyai 'sayap tangan' karena kaki depannya termodifikasi sebagai sayap yang berbeda dengan sayap burung (DeBlase, 1981). Makanan utama spesies ini adalah serangga (*insectivore*) seperti belalang atau

kupu-kupu. Secara tidak langsung kelelawar juga mengkonsumsi debu yang ada pada serangga yang dimakannya.

Kelelawar termasuk hewan *nocturnal* yaitu mencari makan pada malam hari. Kelelawar mempunyai kemampuan untuk menangkap pantulan getar gema dari suara yang ditimbulkannya atau dikenal dengan istilah *ekholokasi*. *Ekholokasi* adalah suatu fenomena malam hari, dimana kelelawar akan mengeluarkan suara dengan melalui mulut dan hidungnya ketika sedang terbang. Kebiasaan kelelawar yang hidup berkoloni pada tempatnya sepanjang hari memberikan manfaat positif, yaitu guano yang dihasilkan akan mengumpul pada suatu tempat dimana kelelawar tersebut tinggal. Tumpukan guano kelelawar yang merupakan sumber fosfat dapat dieksploitasi untuk pemenuhan kebutuhan pupuk secara benar yang tidak mengganggu atau merusak ekosistem di dalamnya.

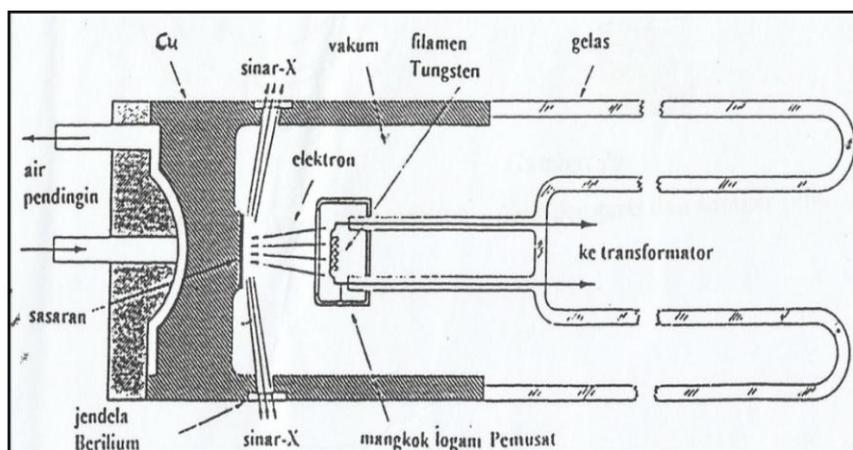
#### **4. Sinar-X**

Sinar-x ditemukan pada tahun 1895 oleh Wilhelm Conrad Rontgen di Universitas Wurtzburg Jerman, karena asalnya tidak diketahui waktu itu maka dinamakan sinar-x. Sinar-x adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 1 Angstrong ( $10^{-10}$  m). Panjang gelombang ini kira-kira sama dengan jarak antar atom dalam kristal. Oleh karena itu sinar-x dapat didifraksi oleh atom-atom dalam material berbentuk kristal. Dengan mengamati pola difraksi sinar-x yang dihasilkan suatu material maka struktur kristal material tersebut dapat diketahui (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

Ada dua cara utama untuk memproduksi sinar-x. Cara pertama adalah dengan memberikan percepatan kepada partikel bermuatan listrik. Partikel yang

bermuatan listrik yang dipercepat akan memancarkan gelombang elektromagnetik. Peristiwa ini disebut *bremmstrahlung*. Panjang gelombang yang dipancarkan dalam peristiwa ini bermacam-macam, tetapi ada panjang gelombang minimum (frekuensi maksimum) yang dapat dihasilkan. Nilai ini bergantung pada energi partikel yang dipercepat (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

Disamping melalui proses *bremmstrahlung* cara yang kedua untuk menghasilkan sinar-x adalah melalui transisi elektron antar kulit atom logam masa menengah. Atom-atom dengan nomor atom sekitar 28-30 seperti tembaga memiliki tingkat-tingkat energi elektron sedemikian sehingga beda energi antar tingkat berdekatan sama dengan energi foton sinar-x. Sifat tingkat energi yang demikian menjadikan material logam dari unsur tersebut dimanfaatkan untuk menghasilkan sinar-x (Abdullah dan Khairurrijal, 2010). Skema tabung sinar-x dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema tabung sinar-x (Amilius, dkk, 1999)

Tabung sinar-x terdiri dari sumber elektron, katoda, anoda (logam sasaran) dan tabung vakum. Sumber elektron yang biasanya dipakai adalah filamen logam yang dipanaskan, biasanya logam Tungsten. Filamen atau katoda yang berperan

sebagai sumber elektron memiliki tegangan biasanya 30-50 kV terhadap anoda (logam sasaran). Anoda atau logam sasaran merupakan sasaran yang akan ditembak oleh elektron yang dipercepat. Umumnya logam sasaran yang dipakai adalah Cu, Cr, Fe, Co, Mo dan Ag. Katoda dan anoda ini ditempatkan pada tabung yang vakum bertujuan untuk menghindari halangan pada gerakan elektron agar perjalanan katoda ke anoda tidak terganggu (Amilius, dkk, 1999).

Katoda dalam tabung sinar-x dihubungkan dengan kutub negatif suatu sumber listrik tegangan tinggi, kemudian dipanaskan pada suatu filamen agar lebih mudah memancarkan elektron. Sedangkan anoda yang terbuat dari logam berat dihubungkan dengan kutub positif sumber listrik tegangan tinggi. Anoda didinginkan dengan air untuk menyalurkan kelebihan kalor yang timbul karena benturan berkas elektron dengan permukaan anoda tersebut. Beda potensial yang tinggi berfungsi untuk mempercepat elektron-elektron disepanjang tabung yang dipancarkan dari katoda. Sehingga setelah sampai di anoda elektron-elektron tersebut memiliki energi kinetik yang sangat besar, dan apabila menumbuk logam target (kutub anoda) pada ujung tabung maka anoda akan memancarkan sinar. Sinar yang dipancarkan ini disebut sinar-x.

Peristiwa dalam tabung sinar-x dapat menghasilkan spektrum sinar-x. Dimana elektron yang terjadi oleh filamen ditolak oleh katoda dipercepat menuju anoda dengan kecepatan yang tinggi. Energi kinetik elektron ini sebagian besar diubah menjadi panas, sedangkan sebagian lagi menjadi sinar-x yang terpancar kesegala arah. Radiasi yang terjadi terdiri dari berbagai panjang gelombang dengan intensitas yang berbeda. Jadi terjadi spektrum yang disebut spektrum

kontinu sinar-x atau sinar-x putih. Variasi intensitas ini tergantung pada tegangan tinggi yang diterapkan pada katoda (Amilius, dkk, 1999).

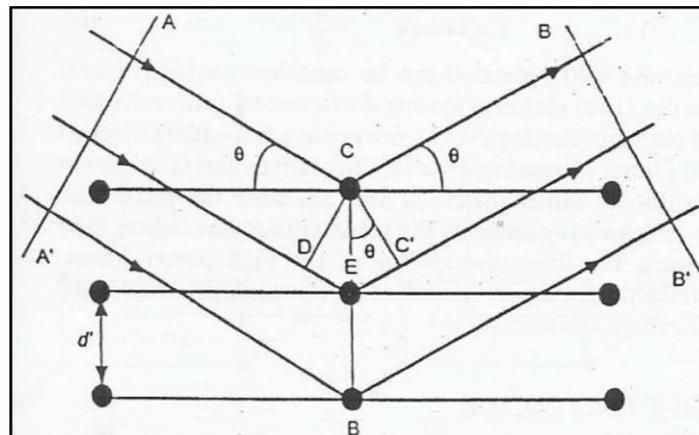
Jika tegangan tinggi dinaikkan, maka intensitas semua panjang gelombang naik dan batas panjang gelombang pendek bergeser ke nilai lebih rendah. Sampai suatu tegangan tinggi tertentu, yang karakteristik logam sasaran dan bentuk spektrumnya adalah kontinu. Spektrum ini disebabkan oleh perlambatan tiba-tiba elektron yang menumbuk logam sasaran. Sebagian elektron langsung melepaskan seluruh energinya menjadi foton sinar-x, sebagian lagi menyerahkan sebagian energinya dalam tumbukan dengan atom-atom di dalam logam sasaran, dengan jumlah tumbukan yang berbeda-beda, sehingga menyebabkan panjang gelombang yang berbeda-beda dengan intensitas yang berbeda juga. Makin tinggi tegangan tinggi katoda, makin tinggi energi kinetik elektron dan makin tinggi energi sinar-x atau jumlah foton per detik dan energi rata-rata per foton.

### **5. *X-Ray Diffraction (XRD)***

*X-Ray Diffraction* merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material-material benda dan serbuk untuk menganalisis sifat-sifat struktur kristal. Metode ini menggunakan sebuah sinar-x yang terdifraksi seperti sinar yang direfleksikan dari setiap bidang, berturut-turut dibentuk oleh atom-atom kristal dari material tersebut. Dengan berbagai sudut timbul, pola difraksi yang terbentuk menyatakan karakteristik dari sampel. Susunan ini diidentifikasi dengan membandingkannya dengan sebuah *database* internasional (Zakaria, 2003).

Struktur material baik kristal maupun nonkristal akan dapat diketahui dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* atau difraksi sinar-x. Difraksi sinar-x merupakan salah satu teknik yang biasa digunakan dalam mengkarakterisasi material dan penentuan jenis mineral pada material. Sebab difraksi adalah penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat gelombang ini melintas melalui bukaan atau mengelilingi ujung penghalang. Difraksi sinar-x merupakan ukuran panjang gelombang sinar-x yang tidak berbeda jauh dengan jarak antar atom di dalam sebagian kristal, dan pola berulang kisi kristal berfungsi seolah-olah seperti kisi difraksi untuk sinar-x dalam sebuah spektrometer.

Teknik difraksi sinar-x dapat digunakan pula untuk analisis kualitatif karena setiap unsur atau senyawa mempunyai pola difraksi tertentu, dengan demikian jika pola unsur atau senyawa tersebut diketahui, maka unsur atau senyawa tersebut dapat diidentifikasi. Hasil difraksi serbuk dengan difraktometer adalah berupa pola difraksi yang berisi data intensitas dan sudut difraksinya. Jarak antar bidang dapat dihitung dengan hukum Bragg. Karena sangat banyak sekali unsur atau senyawa organik dan senyawa anorganik material yang telah ditemukan, maka pola-pola difraksinya telah tersedia dan telah dikelompokkan. Skema proses difraksi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Difraksi bidang kisi (Suryanarayana, 1998)

Menurut Amilius, dkk (1999) menyatakan bahwa berkas sinar terdifraksi didefinisikan sebagai berkas sinar yang terdiri dari sejumlah besar berkas sinar terhambur yang saling memperkuat. Jika sinar-x didatangkan pada permukaan suatu kristal, maka sinar tersebut akan dipantulkan. Pemantulan ini terjadi apabila panjang gelombang sinar-x lebih kecil daripada 2 kali jarak antara bidang pemantulan dalam kisi kristal yang dimaksud. Hal ini disebabkan karena difraksi tergantung pada struktur dan panjang gelombangnya.

Gambar 8 menunjukkan bila seberkas sinar-x (dengan panjang gelombang adalah  $\lambda$ ) tiba pada sebuah permukaan kristal yang lapisan atom-atom atau ionnya terpisahkan sejauh  $d$ . Jarak tegak lurus untuk masing-masing bidang ( $d$ ) adalah sama, sebab bidang-bidang yang sejajar pada kristal memiliki *indeks miller* yang sama. Panjang jarak antar sektor  $AA'$  dan  $BB'$  untuk setiap sinar tampak dibedakan dengan nilai yang diketahui dan dijadikan sebagai kelipatan ( $n$ ) dari panjang gelombang ( $\lambda$ ), sehingga jarak tempuh dari sinar datang yang saling menguatkan yang karena fasanya sama adalah :

$$\delta = n\lambda \dots\dots\dots(1)$$

Atom  $C$  yang terdapat pada kristal akan menghamburkan seberkas sinar-x yang datang menumbuk suatu material kristal. Kemudian sinar datang berikutnya akan dihamburkan oleh atom  $E$ . Dalam proses penghamburan sinar ini harus menempuh jarak sepanjang  $DE + EC'$ , sehingga panjang jarak tempuh sinar datang ini dapat dirumuskan menjadi:

$$\delta = DE + EC' = 2 EC' \dots\dots\dots(2)$$

Dengan menggunakan perumusan trigonometri dasar didapatkan bahwa:

$$EC' = CE \sin \theta \dots\dots\dots(3)$$

Dimana  $CE = d$ , sehingga persamaan (2) menjadi

$$DE + EC' = 2 d \sin \theta \dots\dots\dots(4)$$

Dari persamaan (1) telah diketahui bahwa jarak tempuh sinar datang adalah  $\delta = n \lambda$ , maka persamaan (1) dapat dikonversikan dengan persamaan (5) sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \dots\dots\dots(5)$$

Atau didapatkan persamaan

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan ini yang dikenal sebagai Hukum Bragg, yaitu perumusan matematika tentang persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar-x yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi.

Berdasarkan persamaan Bragg jika seberkas sinar-x dijatuhkan pada sampel (kristal) maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-x yang memiliki

panjang gelombang sama dengan jarak antar atom dalam kristal tersebut. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkan. Tiap puncak yang muncul pada pola *x-ray diffraction* mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu.

Pada metode difraksi sinar-x, detektor dirotasi pada berbagai sudut. Intensitas sebagai fungsi sudut yang dibentuk oleh detektor dan sinar datang diukur. Sudut tersebut sama dengan  $2\theta$ . Ketika detektor berada pada posisi sudut yang tidak memenuhi hukum *Bragg* maka tidak ada cacahan yang diukur. Begitu detektor berada pada sudut yang memenuhi hukum *Bragg* maka cacahan tinggi dideteksi (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

Keluaran dari *diffractometer* itu bisa dalam bentuk data analog maupun data digital. Perekam data analog konvensional dapat berupa garis-garis grafik yang memiliki kecepatan dalam millimeter per menit yang disinkronisasikan dengan detektor dalam derajat  $2\theta$  per menit sehingga pada sumbu-x dikalibrasikan dalam  $2\theta$ . Pembelokan sinar-x yang direkam dengan mudah dikonfirmasi dalam jarak antar bidang ( $d$ ) dengan mengaplikasikan hukum Bragg's. Difraktometer juga memiliki perhitungan secara digital yang bisa merekam secara benar intensitas sinar-x dalam jumlah per detik (Hardy dan Tucker, 1991).

Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi

setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter dan panjang gelombang sinar-x yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda (Warren, 1969).

Berdasarkan metode ini makin kecil ukuran kristalin maka makin lebar puncak difraksi yang dihasilkan. Kristal yang berukuran besar dengan satu orientasi menghasilkan puncak difraksi yang mendekati sebuah garis vertikal. Kristalin yang sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar. Lebar puncak difraksi tersebut memberikan informasi tentang ukuran kristalin.

Kristalin yang kecil menghasilkan puncak yang lebar disebabkan karena kristalin yang kecil memiliki bidang pantul sinar-x yang terbatas. Puncak difraksi dihasilkan oleh interferensi secara konstruktif gelombang yang dipantulkan oleh bidang-bidang kristal. Pada proses interferensi makin banyak jumlah interferensi maka makin sempit ukuran garis frinji pada layar. Interferensi celah banyak dengan jumlah celah tak berhingga menghasilkan frinji yang sangat terang. Jumlah celah yang sangat banyak identik dengan kristalin yang berukuran besar. Karena difraksi sinar-x pada dasarnya adalah interferensi oleh sejumlah sumber maka kita dapat memprediksi hubungan antara lebar puncak difraksi dengan ukuran kristal berdasarkan perumusan interferensi celah banyak (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

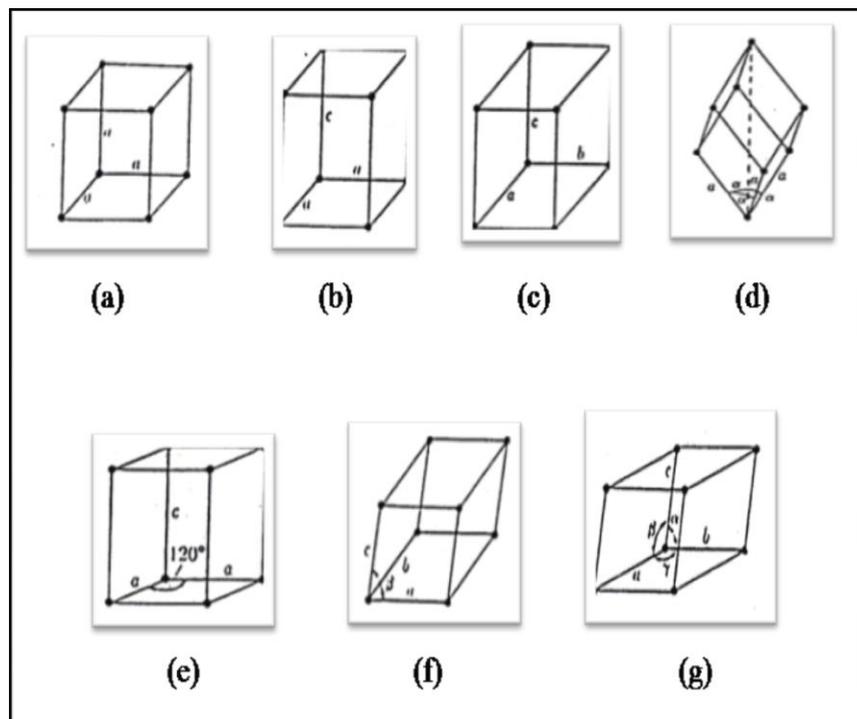
## **6. Kristalografi**

Batuan adalah kumpulan satu atau lebih mineral. Mineral itu sendiri adalah bahan anorganik yang terbentuk secara alamiah, seragam dengan komposisi kimia

yang tetap dan mempunyai karakteristik kristal yang tercermin dalam bentuk fisiknya. Kristal itu sendiri adalah atom-atom yang tersusun secara teratur. Ilmu yang mempelajari mengenai kristal ini disebut kristalografi. Kristalografi adalah ilmu pengetahuan yang dikembangkan untuk mempelajari perkembangan dan pertumbuhan kristal termasuk bentuk, struktur dan sifat-sifatnya.

Atom-atom yang tersusun secara periodik di dalam kristal mungkin terdiri dari atom-atom tunggal, tetapi mungkin juga gugusan atom-atom. Untuk menggambarkan kristal, dibuat suatu kerangka khayal dengan cara membagi ruang tiga dimensi dengan tiga kumpulan bidang, yang masing-masing kumpulan terdiri dari bidang-bidang sejajar dan berjarak sama. Dengan demikian terjadi sel-sel prisma jajaran genjang yang bentuk dan orientasinya sama. Sel-sel ini dinamakan sel satuan. Panjang sisi sel satuan dinamai konstanta kisi atau parameter kisi.

Menurut Graha (1987) semua mineral mempunyai susunan kimiawi tertentu dan penyusunan atom-atom yang beraturan maka setiap jenis mineral mempunyai sifat-sifat fisik dan kimia tersendiri. Dalam kristalografi bentuk kristal yang banyak jumlahnya dikelompokkan ke dalam tujuh sistem sumbu yaitu: kubik, tetragonal, ortorombik, rombohedral, heksagonal, monoklin dan triklin. Bentuk-bentuk seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk-bentuk sistem kristal; (a) sistem kubik, (b) sistem tetragonal, (c) sistem ortorombik, (d) sistem rombohedral, (e) sistem heksagonal, (f) sistem monoklin, (g) sistem triklin (Amilius, dkk, 1999).

Orientasi suatu bidang di dalam kisi dapat juga dinyatakan secara simbolik, sesuai dengan system notasi yang diperkenalkan oleh Miller. Orientasi bidang kisi dinyatakan dengan bilangan-bilangan bulat terkecil dari kebalikan fraksi jarak-jarak perpotongan bidang itu pada sumbu-sumbu koordinat kisi, diukur dari titik awal. Bidang kisi itu dinyatakan dengan indek Miller (hkl). Indek Miller (hkl) menunjukkan bahwa perpotongan bidang tersebut dengan sumbu-x kisi adalah  $1/h$  x (panjang sisi-x sel satuan), dengan sumbu-y kisi  $1/k$  x (panjang sisi-y sel satuan) dan dengan sumbu-z kisi adalah  $1/l$  x (panjang sisi-z sel satuan). Jika tidak memotong sisi sel tertentu, indek Miller untuk sisi itu menjadi nol. Sejalan dengan bidang yang manapun di dalam kisi, terdapat sekumpulan bidang-

bidang sejajar yang berjarak antara yang sama. Kumpulan bidang-bidang sejajar (hkl) di dalam kisi mempunyai jarak (antara) bidang  $d_{hkl}$  yang berbeda-beda.

Secara kualitatif tentang gaya-gaya yang bekerja antar kristal dapat disimpulkan ada dua macam gaya yang harus ada untuk kristal. Gaya-gaya tersebut adalah gaya tarik menarik dan gaya tolak menolak. Gaya tarik menarik berfungsi menjaga supaya atom-atom itu terikat bersama, sehingga tidak lepas satu sama lain. Sedangkan gaya tolak menolak bekerja sedemikian rupa sehingga atom-atom dalam kristal membentuk pola-pola bangunan tertentu yang nantinya akan membentuk unit-unit tertentu. Dari unit-unit ini membentuk struktur kristal. Dengan kata lain gaya tolak berfungsi sebagai penjaga supaya struktur kristal tidak rubuh atau hancur (Suud dan Hufri, 1998).

## **B. Penelitian Relevan**

Penelitian tentang guano juga telah dilakukan oleh Rifai,dkk (2010) yang meneliti kekonsistenan sifat magnetik guano dari dua gua yang berdekatan, yaitu gua kelelawar di Kabupaten 50 Kota, Sumatera Barat. Dimana kedua gua memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa terdapat mineral magnetik dalam gua dengan konsentrasi yang tinggi juga. Sedangkan kedua gua menunjukkan variasi sifat magnetik yang berbeda, hal ini disebabkan karena perubahan lingkungan yang memicu terjadinya mekanisme transportasi mineral magnetik dari lingkungan luar ke dalam gua.

Identifikasi jenis mineral magnetik menggunakan metode *x-ray diffraction* juga pernah dilakukan oleh Palendra (2009) pada pasir besi, berdasarkan analisis *x-ray diffraction* menunjukkan bahwa mineral-mineral magnetik yang terkandung

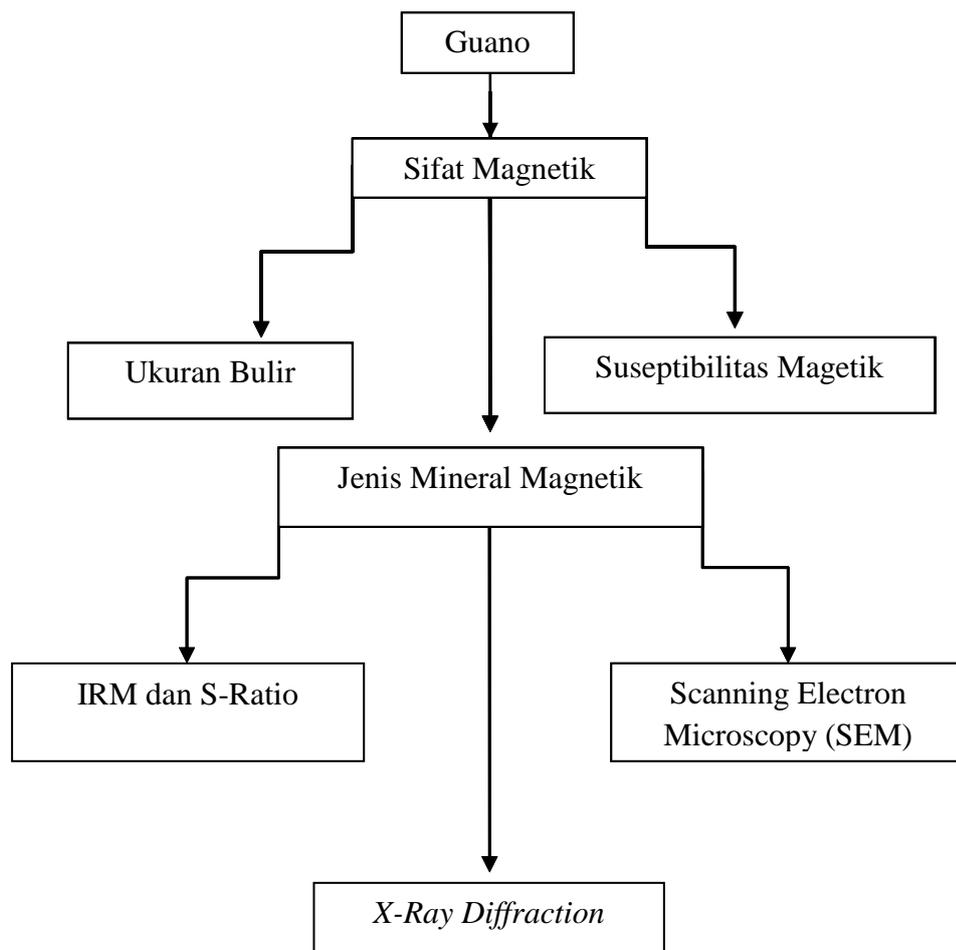
dalam bijih besi alami di daerah Surian berasal dari kelompok oksida besi. Jenis mineral magnetik dari kelompok oksida besi yang dominan sebagai mineral penyusun bijih besi di daerah Surian adalah *magnetite*. Penyelidikan jenis mineral magnetik menggunakan metode *x ray diffractometer* juga pernah dilakukan oleh Zaiturahmi (2010) pada tanah subur dan tanah kurang subur di perkebunan karet dan sawit Rimbo Bujang Kabupaten Jambi. Hasil analisis menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terkandung dalam tanah perkebunan karet subur didominasi oleh mineral *magnetite*, disamping itu ditemukan ukuran mineral *hematite* yang tidak begitu dominan.

### **C. Kerangka Berfikir**

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat bahwa penelitian ini bertujuan untuk melihat sifat magnetik guano yaitu suseptibilitas magnetik, ukuran bulir dan jenis mineral magnetiknya. Pengukuran suseptibilitas magnetik guano untuk mengindikasikan ada tidaknya mineral magnetik yang terkandung di dalam guano. Dari pengukuran suseptibilitas magnetik ini dapat diketahui konsentrasi mineral magnetik pada guano. Sedangkan untuk menentukan jenis mineral magnetik belum pernah dilakukan. Berdasarkan hasil pengukuran suseptibilitas magnetik maka dilakukan pengukuran lanjutan untuk menentukan jenis mineral magnetik yang terkandung pada guano. Metode yang digunakan adalah metode nonmagnetik yaitu metode *x-ray diffraction*. Dari pengukuran *x-ray diffraction* maka dapat diidentifikasi jenis mineral magnetik yang terkandung pada guano

dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota.

Kerangka berfikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kerangka berfikir penelitian

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan metode difraksi sinar-x (*X-Ray Diffraction*) maka dapat diketahui jenis mineral magnetik yang terkandung pada guano dari Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota. Mineral magnetik yang terkandung dari kedua gua ini berasal dari kelompok oksida besi yaitu *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan *hematite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Mineral magnetik yang dominan dari kedua gua ini adalah *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Sedangkan mineral magnetik *hematite* ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) banyak ditemukan pada guano dari Gua Rantai.

#### B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, metode *x-ray diffraction* tidak bisa mendeskripsikan komposisi kristal dan struktur morfologi dengan baik maka dapat disarankan untuk melakukan penelitian mengenai komposisi dan struktur morfologi dari sampel guano menggunakan metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan *Photomicrograf*. Hasil karekterisasi dari SEM dianalisis lebih lanjut dengan *energy dispersive x-ray analyzer* untuk menganalisis komposisi mineral guano.

### Daftar Pustaka

- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori Penerapan dan Pengolahan Data*. CV Rezki Putra: Bandung.
- Amilius, Z, Sudjono, H. K, Rusnaeni, N. 1999. *Aplikasi X-Ray Diffraction dan Scanning Electron Microscope untuk Analisis Bahan*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia PUSLITBANG Fisika Terapan: Bandung.
- Bird, M, I. Boobyer, EM. Bryant, C. Lewis, AH. Paz, V dan Stephenus, WE. 2007. *A Long Record Of Environmental Change From Bat Guano Deposits In Makangit Cave, Palawan, Philippines*: Earth and Environmental Science transactions of the Royal of Edinburgh, 98, 59-69, 2007.
- Bur, Natl. 1967. *Stand Mineralogy*. U.S
- Butler, R. F. 1998. *Paleomagnetism Magnetic Domains to Geologic Times*. Boston: Blackwell Scientific Publication.
- DeBlase, A. F. dan Martin . 1981. *A manual of mammalogy: with keys to families of the world*. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque. Iowa.
- Evans, M. dan F. Heller. 2003. *Environment Magnetism Principles and Application of Environmagnetics*. Academic Press: California.
- Graha Dody, S. 1987. *Batuan dan Mineral*. Nova: Bandung.
- Hamdi. 2008. *Kajian Sifat Magnetik Lumpur Sidoarjo (LUSI) Jawa Timur, Indonesia*, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
- Hardy. R dan Tucker, M. 1991. *Techniques in Sedimentology*. Oxford Blackwell Scientific Publication: London Edinburgh Boston.
- Hirano, S. 1976. *Chitin and Chitosan*. Germany: Ulmann's Encyclopedia of Industry Chemistry: Republic of Germany. 5<sup>th</sup> .ed. A 6: 231-232.
- Marmer. 2003. *Pengaruh Debu Terhadap kesehatan Kerja*. Bandung: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Maulana, T. 2011. Mineral Data. [www.galleries.com](http://www.galleries.com). (didownload tanggal 31 Mei 2012).
- Mufit, F. 2006. *Kajian tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat*. Journal geofisika. Vol 1 : 1-5.

- Novrilita, M. 2008. *Kajian Superparamagnetik Guano berdasarkan Suseptibilitas Bergantung Frekuensi di Gua Batu Payung dan Gua Solek Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota*. Padang:UNP. (Tidak Dipublikasikan).
- Olintika, T. 2010. *Kajian Suseptibilitas Guano di Gua Solek dan Gua Batu Payung Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota*. Padang:UNP. (Tidak Dipublikasikan).
- Palendra, N.2009. *Identifikasi Jenis Mineral Magnetik Bijih Besi Daerah Surian dan Sungai Lasi, Kabupaten Solok dengan Menggunakan X-Ray Diffractometer*.Padang.UNP. (Tidak Dipublikasikan).
- Rifai, H., dkk. 2010. *Konsistensi Sifat Magnetik Guano Dari Dua Goa Kelelawar Di Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat*. Prossiding Seminar dan Rapat Tahunan BKS-PTN.
- Suryanarayana, C and Norton, M. G. 1998. *X-Ray Diffraction A Practical Approach*.Plenum Press: New York and London.
- Warren dalam Jamaluddin, K. 2010. *Makalah Fisika Material XRD (X-Ray Diffractions)*. Kendari: Universitas Halueleo (didownload pada tanggal 24 februari 2012).
- White,W.B. 2007. *Cave Sediment and Paleoclimate*. Journal of Cave and Karst Studies, v.69, no.1,p.76-93.
- Wurster, C, M. McFarlane., L.I. Wassenaar.,K.A. Hobson., N.B. Athfield.,M.I. Bird. 2008. *Stable carbon and hydrogen from bat guano in the Grand Canyon, USA, reveal Younger Dryas and 8.2 ka event*. Scotland : University of St. Andrews.
- Zakaria. 2003. *Analisis Kandungan Mineral Magnetik pada Batuan Beku dari Daerah Istimewe Yogyakarta dengan Metode X-Ray Diffiaction*, skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Haluoleo : Kendari.
- Zaiturahmi. 2010. *Penyelidikan Jenis Mineral Magnetik Tanah Subur dan Kurang Subur di Perkebunan Karet dan Sawit Rimbo Bujang Kabupaten Tebo Jambi Menggunakan X-Ray Diffractometer*. Padang: UNP.
- 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).