

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

Dessupri Niarti^{*)}, Hamdi Rifai^{*)}, Fatni Mufit^{*)}

Jurusan Fisika FMIPA UNP, email: jdessupri@yahoo.com, hamdi_unp@yahoo.com, Fatni.mufit@gmail.com

ABSTRACT

From the result measurement of guano susceptibility magnetic, was found in Solek and Rantai cave indicate magnetic mineral. But the kinds of magnetic mineral it's don't know. The kinds of magnetic mineral consist of iron oxide and sulfide oxide. In this research will be determinate the kinds of magnetic mineral which from iron oxide use x-ray diffraction method. The guano which determinated from the kinds of magnetic mineral before extraction use strong magnet. Extraction process have function for desepared magnetic mineral and nonmagnetic mineral. The result from the extraction like smooth magnetic mineral and then will be measure use x-ray diffractometer. Based on the measure process with x-ray diffraction, know the kinds of magnetic mineral which indicate in guano of Solek and Rantai Cave at Lareh Sago Halaban District Lima Puluh Kota Regency, West Sumatera the most kind of mineral was magnetite (Fe_3O_4). Then we also found another magnetic minerals such as hematite (Fe_2O_3).

Keywords: *Guano, mineral magnetic properties, x-ray diffraction (XRD), iron oxide, sulfide oxide*

PENDAHULUAN

Guano merupakan kotoran kelalawar atau burung yang mengandung mineral karbon (C) dan kaya Nitrogen (N) serta mengandung fosfat (PO_4) dan urea ($CO(NH_2)_2$) dari sisa pencernaan yang menumpuk dan mengendap di lantai gua. Tingkat pengendapan guano ini bertambah beberapa meter setelah ribuan tahun. Berdasarkan komposisi kimianya guano bukan mineral magnetik, akan tetapi Olintika (2009) dan Novrilita (2009) telah melakukan pengukuran suseptibilitas magnetik dan mendapatkan konsentrasi mineral magnetik guano dari Gua Solek dan Gua Rantai cukup tinggi. Hal ini menunjukkan 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).

Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran sifat magnetik guano yaitu jenis mineral magnetiknya. Penentuan jenis mineral magnetik guano dapat dilakukan dengan menggunakan metode IRM (*Isothermal Remanent Magnetization*). Metode ini hanya digunakan untuk menentukan jenis mineral magnetik dari oksida besi saja seperti *magnetite* dan *hematite*. Untuk memperoleh informasi mengenai jenis

mineral magnetik yang lain maka digunakan metode nonmagnetik yaitu metode *x-ray diffraction*.

X-Ray Diffraction atau difraksi sinar-X merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur kristal maupun nonkristal dari suatu material. 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. Difraksi sinar-X merupakan ukuran panjang gelombang sinar-X yang tidak berbeda jauh dengan jarak antar atom dalam kristal.

Syarat terjadinya difraksi sinar-x adalah hukum Bragg.

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \dots \dots \dots (1)$$

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 (Suryanarayan, 1998).

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 2θ . 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).

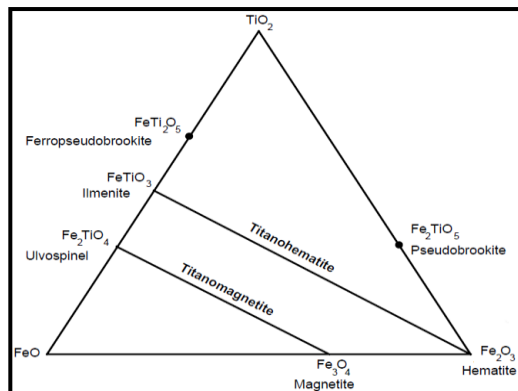
Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut.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

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). Berdasarkan ukuran kristalin dan lebar puncak yang dihasilkan maka dapat

diketahui jenis mineral magnetik pada guano.

Mineral magnetik biasanya diistilahkan untuk mineral yang tergolong dalam feromagnetik. Mineral yang bersifat feromagnetik umumnya tergolong dalam oksida titanium besi, sulfida besi dan hidroksida besi. Keluarga oksida titanium besi dapat dilihat pada diagram *ternary*.



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

Mineral magnetik pada keluarga oksida titanium besi utama yaitu kelompok *titanomagnetite* dan *titanohematite*. Titanomagnetite merupakan mineral kubus yaitu *magnetite*, dan *titanohematite* dicirikan dengan simetri *rhombohedral* (Evan dan Heller, 2003). Kedua mineral ini mempunyai komposisi yang sama tetapi berbeda struktur seperti *hematite* dan *maghemite*.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan sampel guano dilakukan di Gua Solek dan Gua Rantai Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat oleh peneliti sebelumnya pada Bulan Februari 2009. Proses pengambilan guano yaitu berdasarkan kedalaman yang diambil secara vertikal dari permukaan sampai pada kedalaman tertentu. Antara kedalaman pertama dengan kedalaman selanjutnya berjarak 2 cm untuk Gua Solek dan 5 cm untuk Gua Rantai.

Jumlah sampel guano yang diambil adalah sebanyak 106 sampel di Gua Solek dan 44 sampel di Gua Rantai. Namun sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 10 sampel dengan memilih nilai suseptibilitas magnetik yang tergolong rendah, menengah dan tinggi. Sampel yang dipilih yaitu 6 sampel dari Gua Solek diantaranya GS 100-102 cm, GS 102-104 cm, GS 126-128, GS 144-146 cm, GS 158-160 cm dan GS 180-182 cm dan 4 sampel dari Gua Rantai diantaranya GR 0-5 cm, GR 85-90 cm, GR 95-100 cm dan GR 160-165 cm.

Sampel yang telah dipilih selanjutnya diekstraksi di Laboratorium Fisika Bumi FMIPA Universitas Negeri Padang pada Bulan November 2011. Proses ekstraksi adalah proses pemisahan mineral magnetik dengan mineral nonmagnetiknya. Proses ekstraksi dilakukan dengan cara menarik mineral magnetik yang terkandung di dalam guano menggunakan magnet kuat. Hasil ekstraksi berupa serbuk mineral magnetik ini selanjutnya dilakukan pengukuran *x-ray diffraction* di Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong pada Bulan November 2011 dengan tipe alat XRD XD-610 *Phillips*.

Pada proses pengukuran, sampel guano diletakkan ke dalam spesimen *x-ray diffractometer*. Proses difraksi sinar-x dimulai dengan menyalakan *diffractometer*. Berkas sinar-x yang sejajar terpancar dari tabung sinar-x. Sinar ini ditangkap oleh *detector sintillator* dan diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal tersebut, setelah dieliminasi komponen noisnya, dihitung sebagai analisa pulsa tinggi berupa garis-garis difraksi. Profil garis difraksi sinar-x dialurkan pada kertas grafik sehingga diperoleh hasil difraksi berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi 2θ dengan intensitas sinar-x yang dipantulkan.

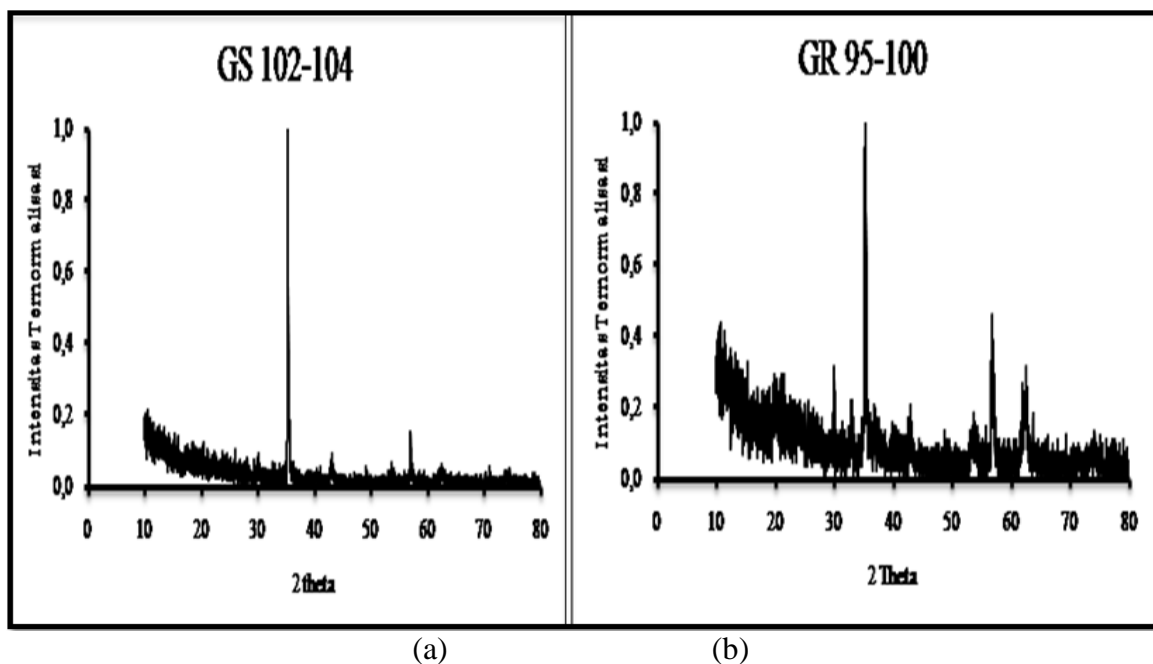
Data yang diperoleh dari hasil pengukuran ini yaitu nilai intensitas, sudut difraksi dan jarak antar bidang. Data ini

diolah menggunakan Ms. Excel sehingga diperoleh grafik berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi dengan nilai intensitas difraksi. Sedangkan jarak antar bidang dihitung dengan menggunakan persamaan Bragg (Persamaan 1). Data hasil pengukuran dibandingkan dengan *database* mineral magnetik, sehingga mineral magnetik yang terkandung di dalam guano dapat diidentifikasi dari perbandingan ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil pengukuran guano dari Gua Solek

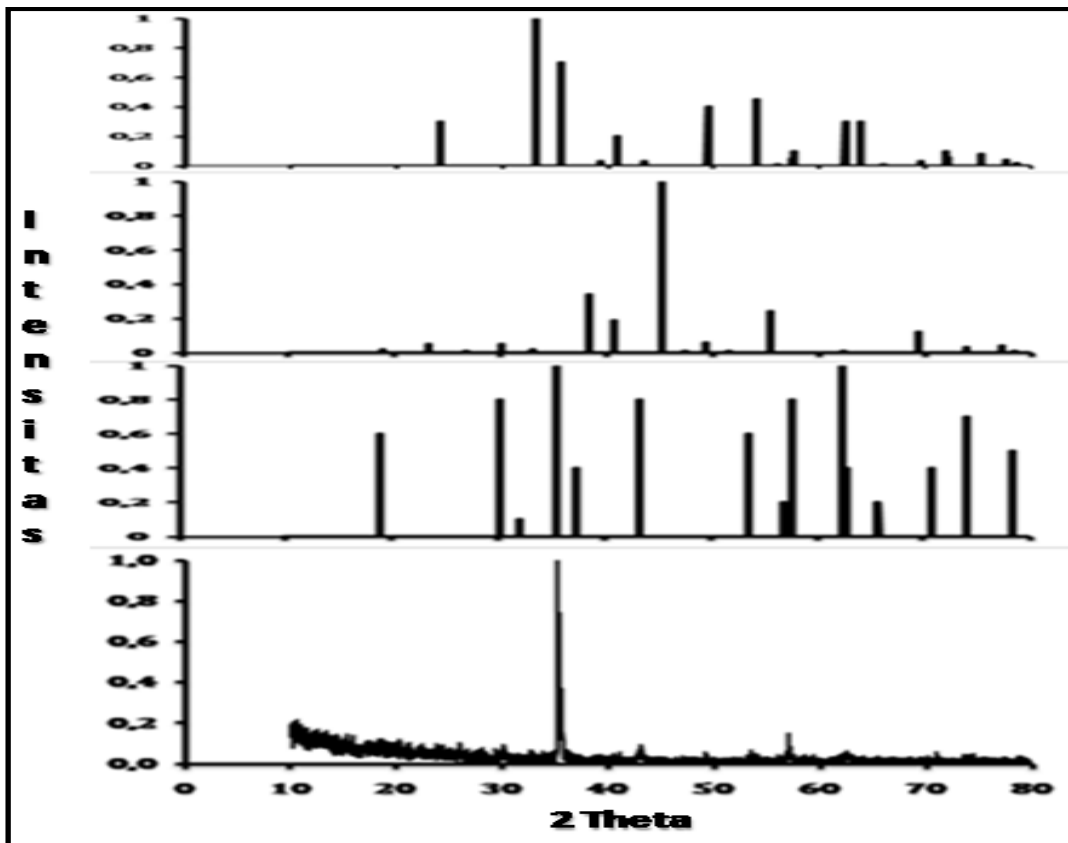
Hasil pengukuran menggunakan *x-ray diffractometer* berupa intensitas, sudut 2θ dan jarak antar bidang (d_{hkl}). Data yang diperoleh diplot menggunakan Ms.Excel sehingga menghasilkan grafik berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi 2θ dengan intensitas difraksi yang dicontohkan pada guano dari Gua Solek dan Gua Rantai yaitu GS 102-104 cm dan GR 95-100 cm seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a).Hasil pengukuran Gua Solek; (b). Gua Rantai menggunakan metode *X-Ray Diffractometer*

Data hasil pengukuran yang diperoleh dibandingkan dengan *database* mineral magnetik sehingga jenis mineral yang terkandung di dalam guano dapat diketahui. Perbandingan hasil pengukuran dengan *database* menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terkandung di

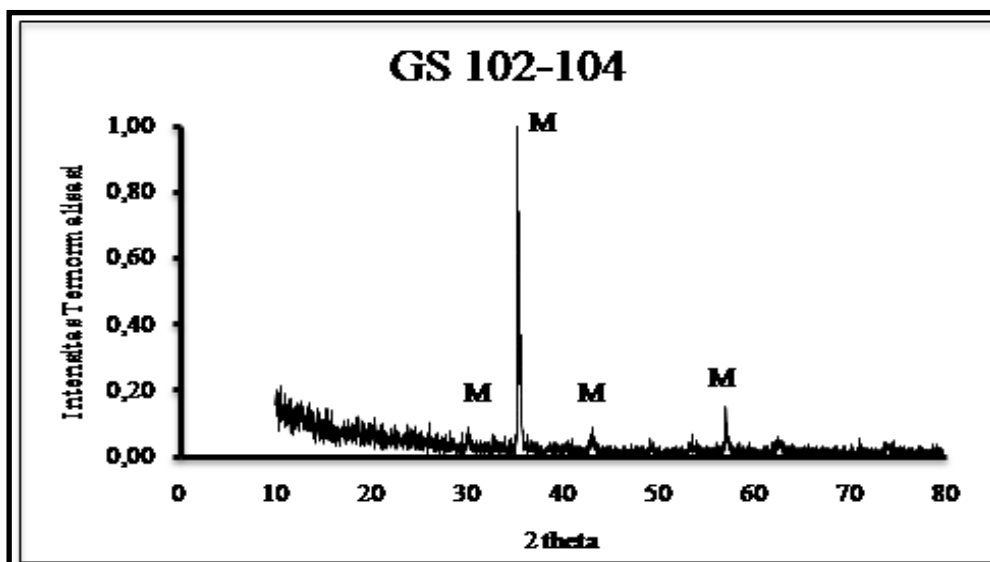
dalam guano dari Gua Solek adalah *magnetite* (Fe_3O_4). Hal ini terlihat dari puncak-puncak intensitas yang sesuai dengan kurva standar mineral magnetik. Hasil perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar3.



Gambar 3. Perbandingan data hasil pengukuran dengan *database* mineral magnetik dari Gua Solek dengan kedalaman 102-104 cm.

Berdasarkan perbandingan hasil pengukuran dengan *database* maka dapat diplot kembali cacahan

mineral magnetik guano dari Gua Solek dengan kedalaman 102-104 cm untuk melihat cacahan mineral magnetik yang terkandung pada guano.

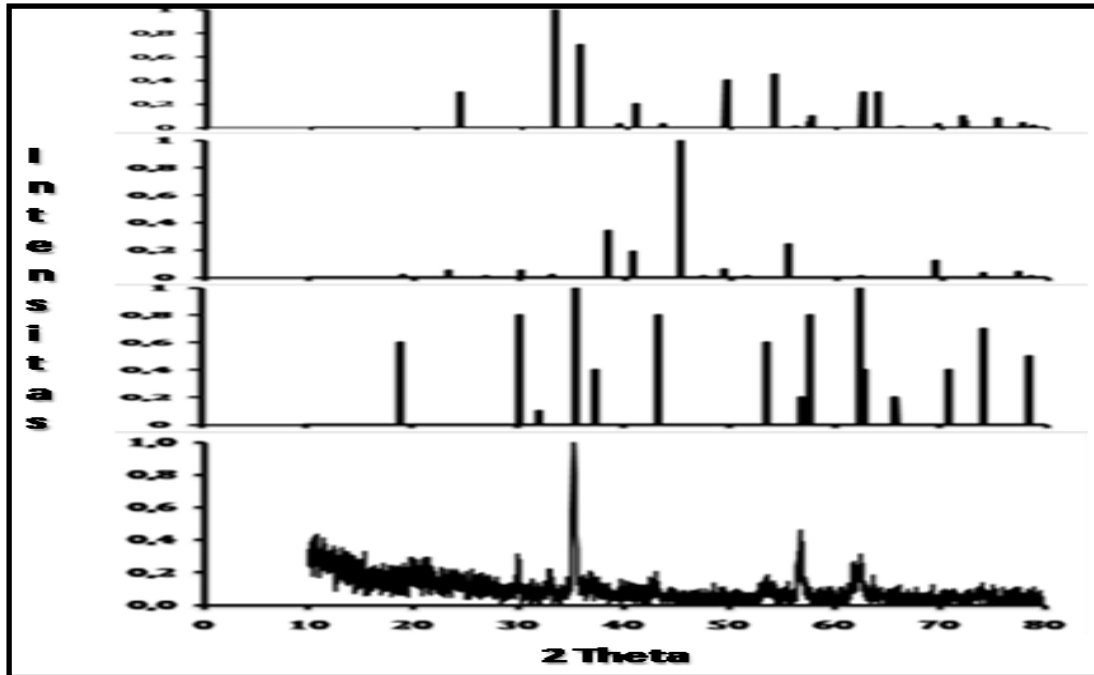


Gambar 4. Analisa hasil pengukuran menggunakan *x-ray diffraction*.

b. Hasil pengukuran guano dari Gua Rantai

Hasil pengukuran dengan menggunakan *x-ray diffraction* pada Gua Rantai menunjukkan bahwa jenis mineral magnetik penyusun guano adalah mineral *magnetite* dan *hematite*. Hal ini dicontoh

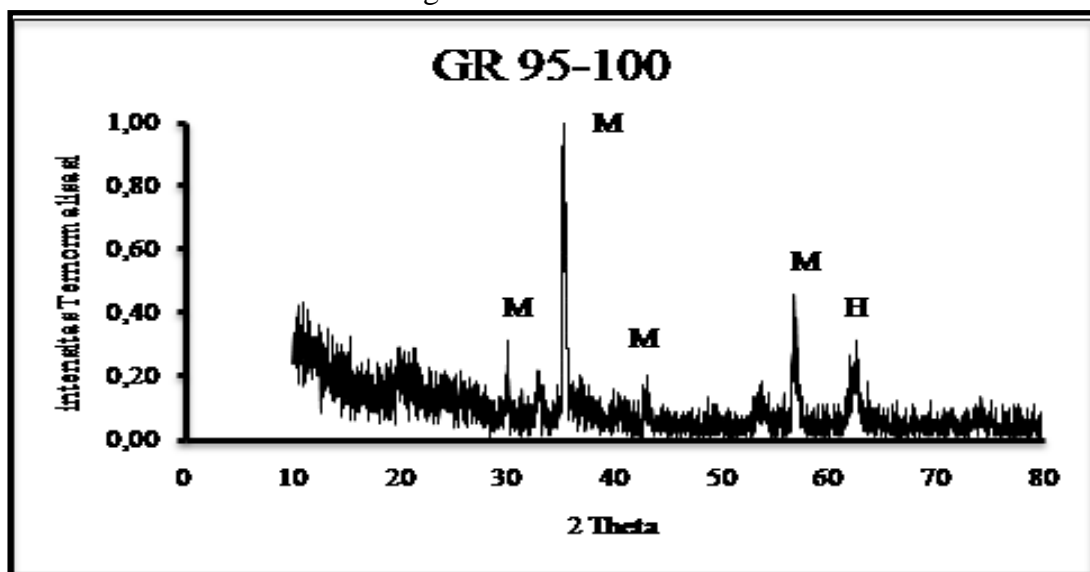
pada guano dengan kedalaman 95-100 cm. Perbandingan hasil pengukuran dengan *database* berupa kurva standar mineral magnetik memperlihatkan kesesuaian puncak-puncak intensitas pada masing-masing difraktogram hasil pengukuran GR dengan kurva standar *magnetite*.



Gambar 5. Perbandingan data hasil pengukuran dengan *database* mineral magnetik Gua Rantai.

Jenis mineral magnetik yang teridentifikasi dapat diplot kembali seperti pada Gambar 6 untuk melihat cacahan mineral magnetik

yang terkandung di dalam guano dari Gua Rantai pada kedalaman 95-100 cm.



Gambar 6. Analisa hasil pengukuran menggunakan *x-ray diffraction*.

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis difraktogram dari hasil penelitian pada sampel guano Gua Solek dengan kedalaman 102-104 cm diperoleh informasi mengenai jenis mineral magnetik guano yaitu *magnetite*. Intensitas relatif yang dihasilkan terdapat pada sudut difraksi 35.32° dan nilai d_{hkl} yang diperoleh yaitu 2.52 Amstrong. Mineral magnetik yang diperoleh dari pengukuran *x-ray diffraction* sejenis dengan mineral magnetik yang diperoleh melalui analisis hasil pengukuran IRM. Hal ini membuktikan bahwa mineral magnetik yang terkandung pada guano ini adalah mineral magnetik dari kelompok oksida besi yaitu *magnetite*. Pada umumnya jenis mineral magnetik yang terkandung pada guano dari 6 sampel dengan kedalaman yang berbeda untuk Gua Solek menunjukkan bahwa mineral penyusunnya adalah mineral *magnetite*, yang membedakannya adalah konsentrasi mineral magnetik untuk masing-masing kedalaman. Hal ini menjelaskan bahwa transportasi mineral magnetik ke dalam gua adalah sama meskipun pada waktu yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengukuran guano dari Gua Rantai pada kedalaman 95-100 cm maka dapat diketahui bahwa mineral magnetik yang terkandung pada guano ini adalah *magnetite* pada sudut difraksi 35.32° . mineral magnetik yang diperoleh dari pengukuran *x-ray diffraction* sejenis dengan hasil analisis dari pengukuran IRM. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa guano tersaturasi pada medan <300 mT, hal ini membuktikan bahwa mineral yang terkandung pada guano adalah *magnetite*. Begitu juga dengan guano pada kedalaman yang lain. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap 4 guano menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terkandung pada Gua Rantai ini adalah mineral *magnetite* dan *hematite*.

Jenis mineral magnetik yang terkandung di dalam guano dari kedua gua ini adalah sama, yaitu sama-sama didominasi oleh mineral *magnetite*. Selain itu pada Gua Rantai terdapat mineral magnetik lain yaitu mineral *hematite*. Hal ini menunjukkan proses pendistribusian mineral magnetik dari kedua gua berbeda dan konsentrasi mineral magnetiknya juga berbeda-beda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan metode *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 berasal dari kelompok oksida besi yaitu *magnetite* (Fe_3O_4) dan *hematite* (Fe_2O_3). Mineral yang paling dominan dari kedua ini adalah mineral *magnetite* (Fe_3O_4).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Mila Novrilita, S.Si., dan Tiwi Olintika, S. Si., yang telah mengambil sampel guano pada penelitian ini. Terima kasih juga kepada DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui dana Hibah Bersaing sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori Penerapan dan Pengolahan Data*. CV Rezki Putra : Bandung.
- Butler, R. F. 1998. *Paleomagnetism Magnetic Domains to Geologic Teranes*. Boston: Blackwell Scientific Publication.
- Evans, M. dan F. Heller. 2003. *Environment Magnetism Prinsiples and Application of Environmagnetics*. Academic Press: California.

- 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.
- Suryanarayana, C and Norton, M. G. 1998. *X-Ray Diffraction A Practical Approach*. Plenum Press: New York and London.
- 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).