

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>Halaman Judul.....</b>	<b>i</b>
<b>Lembar Pengesahan.....</b>	<b>ii</b>
<b>Lembar Pernyataan.....</b>	<b>iii</b>
<b>Sari .....</b>	<b>iv</b>
<b>Abstrak .....</b>	<b>v</b>
<b>Kata Pengantar .....</b>	<b>vi</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>viii</b>
<b>Daftar Gambar.....</b>	<b>xi</b>
<b>Daftar Tabel .....</b>	<b>xviii</b>
<b>Daftar Lampiran.....</b>	<b>xix</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Keaslian Penelitian.....	4
1.7 Lokasi Penelitian .....	4
1.8 Jadwal Penelitian.....	6
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	 <b>7</b>
2.1 Fisiografi Pulau Jawa .....	7
2.2 Geomorfologi Regional .....	9
2.3 Stratigrafi Regional.....	10
2.4 Struktur Geologi.....	13

2.5	Sebaran Potensi Fosfat .....	13
2.6	Hipotesis .....	14
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI.....</b>	<b>15</b>
3.1	Geomorfologi Kars .....	15
3.2	Tinjauan Tentang Fosfat .....	24
3.3	Proses Biomineralisasi .....	31
3.4	Analisis Conto Fosfat.....	38
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
4.1	Alat dan Bahan.....	41
4.2	Prosedur Penelitian .....	41
4.3	Analisis dan Interpretasi Data .....	44
<b>BAB V</b>	<b>PENGUTARAAN DATA .....</b>	<b>46</b>
5.1	Geologi Daerah Penelitian .....	46
5.1.1	Morfologi Daerah Penelitian .....	46
5.1.2	Litologi Daerah Penelitian.....	45
5.2	Deskripsi Gua Daerah Penelitian .....	48
5.2.1	Gua Giriharjo.....	48
5.2.2	Gua Ngrandu .....	52
5.3	Petrologi Daerah Penelitian .....	57
5.4	Analisis Difraksi Sinar X .....	61
5.5	Geokimia Endapan Fosfat Daerah Penelitian .....	62
<b>BAB VI</b>	<b>DISKUSI DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
6.1	Karakteristik Mineralogi .....	67
6.2	Karakteristik Geokimia .....	70
6.3	Karakteristik mineralisasi fosfat pada Gua Giriharjo dan Gua Ngrandu.....	73

6.4 Hal yang pembengaruhi pembentukan mineral fosfat .....	74
6.5 Proses Pembentukan Mineral Fosfat.....	75
<b>BAB VII PENUTUP .....</b>	<b>78</b>
7.1 Kesimpulan .....	78
7.2 Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	
.....	83

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1.1 Peta lokasi penelitian Gua Giriharjo dan Gua Ngrandu Kabupaten Gunungkidul.....	5
Gambar 2.1 Fisiografi Jawa Tengah - Jawa Timur (Van Bemmelen, 1949 dengan modifikasi).....	8
Gambar 2.2 Peta geologi daerah Gunungkidul dan sekitarnya (Surono, dkk, 1992 Peta lembar Surakarta-Giritontro dan Rahardjo, dkk, Peta lembar Yogyakarta dengan modifikasi) ....	13
Gambar 3.1 Kenampakan topografi kars dimana air tanah mengerosi batuan yang mudah larut menghasilkan topografi kars. Kenampakan biasanya terdapat <i>solution valey</i> , mata air, <i>sinkholes</i> dan sungai yang menghilang (Wicandar dan Monroe, 2009).....	15
Gambar 3.2 Sistem kars komprehensif gabungan diagram yang mengilustrasikan fenomena utama yang ditemui dalam kars aktif. Diambil dari Ford dan Williams (1989) dalam Ford dan Williams .....	17
Gambar 3.3 Model yang menggambarkan kategori utama dari pengendapan klastik dan persipitasi endapan di gua-gua hidrologi aktif (dalam Ford dan Williams, 2007).....	20
Gambar 3.4 Mineral fosfat yang berasal dari reaksi guano, tulang, dan lain-lain, produk dari proses peluruhan dengan dinding batuan, lempung pengisi gua atau bijih sulfida didalam gua (Ford dan Williams, 2007 dengan modifikasi).....	23
Gambar 3.5 Perbandingan kristal tunggal kalsit (kiri) stereom dari echinoderm dan (kanan) produksi sintesis bentuk rombohedral.....	32

Gambar 3.6	Skema profil yang menunjukkan terra rossa lempung yang berhubungan dengan dasar dari batugamping kars. Terra rossa terikat oleh reaksi tipis dengan alas dan permukaan erosi berada dibagian atas. Reaksi tersebut terdiri dari oksida besi pisolit dan batugamping insitu yang mengambang sebagai indikator sempurna asal dari autigenik terra rossa. Al, Si dan Fe yang mengandung air sebagai hasil dari pelarutan debu lempung eolian di permukaan dan meresap kebawah menggantikan bidang yang mengontrol pertumbuhan autegenik terra rossa. Posisi daerah reaksi ditunjukkan pada gambar berbentuk persegi panjang.....	40
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 5.1	Morfologi Pegunungan Selatan dengan ciri khas bentang alam karsnya. Satuan ini terletak di bagian selatan satuan Plato Wonosari, dengan kenampakan khusus berupa topografi kars yang merupakan bagian dari atap gua pada bukit gamping.....	46
Gambar 5.2	Kenampakan litologi batugamping terumbu disekitar Gua Giriharjo. Batugamping tersebut merupakan batuan pada bagian atas bukit gamping sebagai atap pada Gua Giriharjo terletak pada lahan perkebunan penduduk setempat.....	47
Gambar 5.3	Kenampakan batugamping terumbu disekitar Gua Ngrandu. Batugampintg tersebut terletak pada salah satu bagian bukit gamping di bagian gua Ngrandu sebelum memasuki pintu gua. Lokasi ini merupakan lahan perkebunan penduduk setempat .....	47
Gambar 5.4	Kenampakan bekas aktifitas penambangan batang-batang bambu sebagai penghubung dan penyangga (A) dan	

	karung-karung berisi fosfat guano (B). Pada bagian C adanya perubahan ornamen/ <i>speleothems</i> gua akibat adanya reaksi dengan CO <sub>2</sub> dari aktifitas manusia didalam gua tersebut.....	48
Gambar 5.5	Kenampakan Gua Giriharjo yang merupakan retakan perbukitan sebelum memasuki pintu masuk gua (mulut gua). Retakan bukit karena adanya peristiwa pelarutan dan erosi intensif dari air yang mengakibatkan kondisi tersebut berlangsung .....	49
Gambar 5.6	Ornamen-ornamen/ <i>spleleothems</i> yang ditemui pada saat memasuki mulut gua. Ornamen-ornamen tersebut merupakan hasil dari pelarutan batugamping yang berada diatap dan dinding gua. Terdapat kenampakan stalaktit dari atap gua yang merupakan salah satu bentuk ornamen/ <i>spleleothems</i> pada gua serta kenampakan ornamen yang lainnya .....	49
Gambar 5.7	Kenampakan guano segar pada mulut Gua Giriharjo yang terdapat di dinding dan dasar pada mulut gua. Pada mulut gua juga ditemui ornamen yang merupakan batugamping terumbu. Mulut gua ini merupakan tempat keluar masuknya koloni kelelawar yang ada didalam gua tersebut	50
Gambar 5.8	Bilik / <i>Chamber</i> gua yang didalamnya terdapat koloni kelelawar yang berada diatap dan dinding gua. Pada lantai gua terdapat lapisan guano yang merupakan hasil reaksi antara kotoran kelelawar dan batugamping yang ada pada atap dan dinding gua. Kenampakan ornamen-ornamen yang ada di dinding dan lantai gua akibat aktifitas penambangan guano dan fosfat pada gua tersebut .....	51
Gambar 5.9	Sketsa Gua Giriharjo dan lokasi pengambilan conto. Ada 3(tiga) bilik pada Gua Giriharjo yang berisi koloni	

kelelawar, akan tetapi pada bilik ketiga pada saat penelitian lebih banyak ditempati oleh koloni tersebut. Contoh yang diambil untuk dianalisis sebagian besar berasal dari dinding dan lantai gua yang diindikasikan sebagai hasil reaksi antara kotoran kelelawar dan batugamping yang ada diatap dan dinding gua ..... 52

Gambar 5.10 Mulut gua /pintu masuk Gua Ngrandu yang didalamnya terdapat koloni kelelawar yang berada diatap dan dinding gua (A). Adanya pelarutan dan erosi intensif pada batugamping pada bagian atap dan dinding gua dengan terdapatnya ornamen-ornamen yang ada seperti stalaktit yang telah mengalami perubahan (B). Pada lantai gua terdapat lapisan guano yang merupakan hasil reaksi antara kotoran kelelawar dan batugamping yang ada pada atap dan dinding gua (C). Kenampakan rusaknya ornamen-ornamen yang ada di dinding dan lantai gua akibat aktifitas penambangan guano dan fosfat pada gua tersebut ..... 53

Gambar 5.11 Proses penambangan endapan fosfat yang dilakukan pada Gua Ngrandu terlihat adanya bekas penyangga berupa batang bambu yang sudah lapuk (A) dan karung-karung bekas penampung tanah fosfat (B) serta kenampakan adanya kerusakan ornamen gua hasil aktifitas tersebut dan adanya reaksi CO<sub>2</sub> dari aktifitas para penambang didalam gua. Bentuk bahan galian fosfat yang ditambang yang dipisahkan dari guano (C) dan tebalnya lapisan fosfat guano yang telah ditambang pada Gua Ngrandu (D) ..... 53

Gambar 5.12 Kenampakan kondisi dalam gua akibat adanya penambangan yaitu terdapat lapisan guano fosfat yang tebal terdapat dari mulut gua sampai bagian dalam gua

- (A), adanya runtuhan blok ornamen stalaktit dari atap gua dan dinding gua akibat penambangan (B). Sedangkan pada gambar C dan D adalah terdapatnya jendela kars atau *aven* sebagai tempat masuknya sedimen dan membantu dalam pelapukan dari luar gua serta kenampakan adanya ornamen yang mengalami perubahan akibat adanya jendela kars tersebut ..... 54
- Gambar 5.13 Kondisi endapan dan tanah yang ada didalam Gua Ngrandu berupa 3 (tiga) kenampakan lapisan guano yang berbeda pada saat pengendapannya (A), dan adanya lapisan fosfat guano pada lantai gua yang merupakan hasil pencampuran antara batugamping terumbu yang ada di atap dan dinding gua dengan kotoran kelelawar (B). Keseluruhan endapan dalam gua terdiri dari kotoran kelelawar seperti serbuk kopi (C), tanah yang bercampur dengan kalsit hasil runtuhan atap dan dinding gua (D) dan campuran lapisan tanah lantai gua dengan kotoran kelelawar yang menghasilkan endapan fosfat guano ..... 55
- Gambar 5.14 Sketsa Gua Ngrandu dan lokasi pengambilan conto. Mulut gua lebih lebar dan besar, terdapat banyak runtuhan blok dari atap dan dinding gua. Hampir semua bilik gua dihuni oleh koloni kelelawar karena ada aktifitas penambangan koloni kelelawar berpindah. Endapan yang ada hasil dari aktifitas koloni kelelawar terdahulu. Conto yang diambil untuk dianalisis sebagian besar berasal dari dinding dan lantai gua ..... 56
- Gambar 5.15 Kenampakan conto lempengan ornamen yang diambil untuk sayatan petrografi yang menunjukkan batugamping terumbu penyusun batuan pada mulut gua, dinding dan atap gua pada sayatan conto P24D ..... 57



- Gambar 5.16 Sayatan petrografi batugamping P24D berupa sparit (kalsit)( Spr) : pada kenampakan nikol sejajar (/), mineral ini tidak berwarna, dan kenampakan nikol bersilang (X), mineral ini memiliki warna putih abu – abu hingga pelangi dan mineral opak (Opq): Pada kenampakan nikol sejajar (/), mineral ini memiliki warna hitam dan pada nikol bersilang (X), mineral ini memiliki warna hitam..... 58
- Gambar 5.17 Kenampakan conto lempengan ornamen yang diambil untuk sayatan petrografi yang menunjukkan adanya endapan fosfat berupa fosforit pada sayatan conto P14A merupakan hasil reaksi antara batugamping dari atap dan dinding gua dengan kotoran kelelawar..... 59
- Gambar 5.18 Sayatan petrografi yang menunjukkan endapan fosfat berupa fosforit pada sayatan conto P14A dengan mineral kolofan (Col) yang berbentuk ooid (X) dan bentuk inti yang menempel dan menyebar (Y) berwarna coklat sampai tidak berwarna pada nikol sejajar dan pada nikol bersilang berwarna hitam berbentuk seperti inti yang menempel, menghablur dan menyebar..... 60
- Gambar 5.19 Kenampakan conto lempengan ornamen dinding Gua Giriharjo untuk analisis XRF dan ICP. Conto P11C pada lempengan bagian luar atau permukaan *speleothems*, conto P11B pada bagian tengah lapisan *speleothems* dan conto P11A pada bagian dalam *speleothems* yang mendekati lapisan batuan dinding gua ..... 63
- Gambar 5.20 Kenampakan conto lempengan ornamen dinding Gua Ngrandu untuk analisis XRF dan ICP. Conto P21C pada lempengan bagian luar atau permukaan *speleothems*, conto P21B pada bagian tengah lapisan *speleothems* dan

conto P21A pada bagian dalam <i>speleothems</i> yang mendekati lapisan batuan dinding gua .....	65
Gambar 6.1 Model pembentukkan endapan fosfat yang ditunjukkan dengan urutan pembentukkan berdasarkan urutan angka yang ada. Diawali dengan dihuninya gua oleh koloni kelelawar(1), selanjutnya adanya reaksi antara kotoran kelelawar dengan batuan samping yaitu batugamping kristalin yang ada di atap dan dinding gua(2), selanjutnya dihasilkannya endapan fosfat yang kemudian setelah mengalami erosi dan gaya gravitasi akan jatuh ke lantai gua membentuk endapan fosfat dan guano(3). Endapan fosfat yang masih menempel di dinding dan atap gua akan membentuk endapan fosfat di ornamen gua, sedangkan kotoran kelelawar segar akan membentuk guano segar, selain itu adanya reaksi antara guano dan batuan pada dasar gua juga akan membentuk endapan fosfat yang selanjutnya akan membentuk lapisan-lapisan yang ada pada daerah penelitian(4). .....	73

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Jadwal Penelitian .....	6
Tabel 3.1 Deposit dalam gua ( Ford dan Williams, 2007 dengan modifikasi).....	21
Tabel 3.2 Mineral yang terendapkan dalam gua (Ford dan Williams, 2007 dengan modifikasi) .....	22
Tabel 3.3 Nama dan komposisi mineral yang dihasilkan oleh proses <i>Biologically Induced</i> dan <i>controlled mineralization</i> (Weiner dan Dove, 2003 dengan modifikasi).....	34
Tabel 5.1 Hasil pengamatan petrografi pada conto batuan .....	60
Tabel 5.2 Kehadiran mineral dalam analisa XRD .....	62
Tabel 5.3 Hasil analisis XRF pada lempeng ornamen Gua Giriharjo untuk conto P11A, P11B dan P11C .....	64
Tabel 5.4 Hasil analisis ICP pada lempeng ornamen Gua Giriharjo untuk conto P11A, P11B dan P11C .....	64
Tabel 5.5 Hasil analisis XRF pada lempeng ornamen Gua Ngarandu untuk conto P21A, P21B dan P21C .....	65
Tabel 5.6 Hasil analisis ICP pada lempeng ornamen Gua Ngarandu untuk conto P21A, P21B dan P21C .....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1    Data Petrografi .....	78
Lampiran 2    Data Hasil Analisis <i>X Ray Difraksi</i> (XRD).....	88
Lampiran 3    Data Hasil Analisis <i>X Ray Flourence</i> (XRF) .....	96
Lampiran 4    Data Hasil Analisis <i>Inductively Coupled Plasma</i> (ICP) .....	97