

PENKAJIAN FOSIL CANGKANG SIPUT DARI LEMPUNG HITAM FORMASI PUCANGAN, SITUS PURBAKALA SANGIRAN, JAWA TENGAH

¹Agung R. Gintu, ²Marchelia Welma Salenussa, ¹Andrea Amanda*, ³Rejo Wagiman,
⁴Dwi Pramono

¹Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

^{1*}Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

²Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

³Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana

⁴Anggota Kelompok Sadar Wisata (PokDarWis) Sangiran

Universitas Kristen Satya Wacana, Jln Diponegoro No. 52-60 Salatiga (50711) Jawa Tengah

*E-Mail: agunggintu911@gmail.com

Abstract

*The Black Clay area was a part of Pucangan formation and containing the Molluscan shells fossils. In this study treated the characterization of 2 species of snails fossils *T. tatebra* and *F. javanica* from black clay area. Physicochemical characterization showed that *T.tatebra* shells has Water contains $0,48 \pm 0,0037\%$; ash $0,9885 \pm 0,0039\%$; Carbon $0,0064 \pm 0,0023\%$; Silicon $0,0922 \pm 0,0002\%$; Calcium $0,4181 \pm 0,0395\%$; Potassium $0,0005 \pm 0,000\%$; Phosphorus $0,5710 \pm 0,0671\%$; and Porosity $33,9874 \pm 0,0013\%$. *F.javanica* shells has Water contains $0,50 \pm 0,00\%$; ash $0,9748 \pm 0,0048\%$; Carbon $0,0146 \pm 0,0028$; Silicon $0,0836 \pm 0,0009\%$; Calcium $0,2693 \pm 0,0145\%$; $0,00047 \pm 0,000\%$; Phosphorus $0,6589 \pm 0,1272\%$; and Porosity $33,9684 \pm 0,000\%$. The result of physicochemical characterization necessary need to input as database to describe or approach about the chemical process during fossilization.*

Key Words: Fossils, Snails, Shells

Abstrak

Daerah Lempung Hitam merupakan bagian dari formasi Pucangan dan menyimpan banyak fosil cangkang Mollusca. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi terhadap 2 species fosil siput *T. tatebra* dan *F. javanica* dari Lempung Hitam. Hasil karakterisasi fisikokimia menunjukkan cangkang *T. tatebra* mengandung kadar Air $0,48 \pm 0,0037\%$; Abu $0,9885 \pm 0,0039\%$; Karbon $0,0064 \pm 0,0023\%$; Silikon $0,0922 \pm 0,0002\%$; Kalsium $0,4181 \pm 0,0395\%$; Potasium $0,0005 \pm 0,000\%$; Fosfor $0,5710 \pm 0,0671\%$; dan Porositas $33,9874 \pm 0,0013\%$. Cangkang *F.javanica* menunjukkan kadar Air $0,50 \pm 0,00\%$; Abu $0,9748 \pm 0,0048\%$; Karbon $0,0146 \pm 0,0028$; Silikon $0,0836 \pm 0,0009\%$; Kalsium $0,2693 \pm 0,0145\%$; $0,00047 \pm 0,000\%$; Fosfor $0,6589 \pm 0,1272\%$; dan Porositas $33,9684 \pm 0,000\%$. Hasil karakterisasi sangat dibutuhkan untuk diinput sebagai database untuk menjelaskan atau untuk pendekatan mekanisme kimiawi selama proses fosilisasi.

Kata Kunci: Cangkang, Fosil, Siput

1. PENDAHULUAN

Situs Purbakala Sangiran adalah situs purbakala yang merupakan salah satu lokasi wisata (terutama studi wisata) yang menjadi tonggak pariwisata Provinsi Jawa Tengah^[1-4]. Terletak di wilayah seluas 56km² yang terpisah di 2 wilayah administrative yaitu sebagian termasuk Kabupaten Sragen dan sebagiannya lagi di wilayah Kabupaten Karanganyar^[1-6], situs ini termasuk kategori situs purbakala yang sangat unik karena ditempati / dihuni juga oleh penduduk^[1-6]. Situs purbakala Sangiran sangat kaya akan fosil dan artefak dari zaman purbakala dan karena dihuni juga oleh manusia, keberadaan fosil-fosil dan artefak ini terkadang dapat dengan mudah ditemukan secara bebas dan tidak sengaja oleh masyarakat^[1-6], pengunjung ataupun peneliti yang sedang mengunjungi situs^[1-6]. Karena kaya akan temuan sehingga penyimpanan fosil-fosil dan artefak ini terbagi di beberapa museum yakni museum pusat di Desa Krikilan dan 4 museum Klaster yaitu museum Ngebung di desa Ngebung (Sragen), museum Bukuran di desa Bukuran (Sragen), museum Manjarejo di desa Manjarejo (Sragen) dan museum Dayu di desa Dayu (Karanganyar)^[1-5]. Dan karena kekayaan temuannya tersebut, Situs Purbakala Sangiran umumnya dijadikan tujuan untuk wisata edukasi tingkat pelajar dari Jawa Tengah, juga sebagai lokasi penelitian bagi Mahasiswa hampir dari seluruh

Indonesia^[5,6], selain di museum, pengunjung umumnya diarahkan ke lokasi-lokasi kajian yang menyumbang banyak temuan bagi museum dan salah satu lokasi yang paling ramai dikunjungi oleh wisatawan adalah “Area Lempung Hitam” formasi Pucangan, di desa Pablengan, Sangiran. Area ini ramai dikunjungi karena disana dapat teramati jelas (dengan mata telanjang) jejak-jejak perubahan lingkungan dari lingkungan dasar laut hingga hamparan kering terbuka yang ada sekarang ini, bahkan di setiap bagian daerah ini dapat ditemukan tumpukan-tumpukan fosil-fosil biota air (laut dan air tawar) terutama cangkang *Mollusca* (siput dan kerang), cangkang-cangkang *Mollusca* ini berserakan bebas dan banyak sehingga terkadang ada pengunjung yang mengambil sebagai cenderamata, bukti bahwa pernah mengunjungi Situs Sangiran. Fosil-fosil ini dibiarkan di lokasinya karena tidak mungkin diangkut semuanya ke museum, yang diambil dan dibawa ke museum hanya yang memenuhi ukuran untuk pajangan museum, sisanya tersebar bebas di area lempung hitam.

Karena banyaknya fosil-fosil *Mollusca* yang terdapat di area lempung hitam, sehingga informasi saintifik yang disajikan bagi pengunjung masih belum lengkap sehingga terkadang pemaparan “*Historical*” nya seperti terputus-putus sementara pengunjung yang diarahkan ke lokasi ini umumnya adalah siswa (SMP dan SMA) dan/atau Akademisi sehingga akan lebih baik jika informasi bagi pengunjung terutama untuk tujuan penelitian dan studi wisata disampaikan secara utuh terutama proses Fosilisasi. Salah satu species fosil *Mollusca* yang berhasil diungkap secara rinci adalah fosil Kerang Darah (*Anadara granosa*)^[7], namun di lokasi ini fosil *Mollusca* nya bukan hanya *A. granosa*^[7] tetapi masih banyak juga fosil yang lain termasuk siput. Karena berperan penting bagi pemaparan informasi bagi pengunjung yang berlatar belakang studi wisata, beberapa aspek perlu dilengkapi seperti informasi (klasifikasi) taksonomis, dan profil fisikokimia fosil untuk menjelaskan proses fosilisasi. Profil fisikokimia juga dibutuhkan bagi para peneliti di Sangiran jika ada yang membutuhkan laporan kondisi awal fosil (A₀) untuk keperluan pengukuran umur, misalnya kandungan mineral Potasium (K). Berdasarkan latar belakang tersebut sehingga pada penelitian ini dilakukan karakterisasi fisikokimia 2 species fosil siput yang banyak ditemukan di daerah Lempung Hitam, Situs Purbakala Sangiran.

2. METODE

2.1. Waktu dan Tempat

Sampling fosil cangkang siput dilakukan di wilayah Lempung Hitam formasi Pucangan pada Juni-Juli 2018 pada proyek HOH (Human Origin Heritage) yang pertama. Sampel dibawa ke Laboratorium CARC Magister Biologi UKSW lalu dikarakterisasi secara fisikokimiadari September 2018-Juni 2019.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrofotometer UV-Vis, HACH Photometer, Flame Photometer, AAS, Moisture analyzer, dan Tanur. Bahan kimiawi yang digunakan pada penelitian ini adalah Aquades, Aquabides, HCl, Asam Askorbat, Ammonium Vanadat, Ammonium Molybdat, Murexide, EDTA, Indikator EBT, buffer PO₄, dan etanol. Semua bahan yang digunakan terstandarisasi Pro Analysis (PA).

2.3. Preparasi

Sampel fosil dicuci dengan air mengalir yang bersih dari tanah yang menempel lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Setelah pengeringan, sampel cangkang dihaluskan hingga berbentuk bubuk^[8,9].

Diambil sebanyak 1,0055g bubuk sampel lalu dilarutkan dalam 100ml HCl pekat hingga terlarut sempurna. Larutan ini disebut sebagai Larutan Induk^[8,9].

2.4. Pengukuran Kadar Air, Abu, Silikon, dan Karbon

Pengukuran kadar air pada fosil dilakukan menggunakan *Automatic Moisture Analyzer* dengan jumlah sampel 1,005g dan jeda pengamatan 15menit selama 1 jam. Kadar abu diukur dengan memijarkan sebanyak 1,0055g sampel pada suhu 650°C selama 6 jam. Kadar bahan organik yang terpijarkan diperoleh dari selisih antara massa awal sampel dan massa abunya, sedangkan kadar Karbon (C) diperoleh dari perkalian 0,58 terhadap kandungan organik^[8,9]. Kandungan karbon kemudian dikonfirmasi secara titrimetric menggunakan FeSO₄ dan KMnO₄.

Kadar Silikon Oksida diperoleh dengan mencuci abu sampel (sisa pemijaran) menggunakan HCl 1% (v/v dalam aquades), sisa padatan yang tersisa dicatat sebagai kandungan SiO₂, pencucian padatan dilanjutkan menggunakan aquades panas dan HCl 0,5% (v/v) secara berurutan, sisa padatan yang diperoleh dicatat sebagai kadar Silikon (Si)^[8,9].

2.5. Pengukuran Kadar Kalsium

Diambil 10mL larutan induk sampel lalu diencerkan hingga genap tepat 100mL menggunakan aquades, lalu sampel dibagi kedalam 3 wadah masing masing berisi 25mL larutan kemudian ditetesi indikator EBT lalu dititrasi dengan larutan EDTA 1M hingga terjadi perubahan warna dan diukur kandungan Ca sebagai Sadah^[8-10].

Hasil pengukuran kadar Ca dikonfirmasi secara spektrofotometrik menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan pereaksi Murexide 1% (w/v dalam aquades) pada 515nm. Konfirmasi juga dilakukan menggunakan Flame Photometer, dan AAS^[8-10].

2.6. Pengukuran Kadar Fosfor sebagai Fosfat (PO₄)

Diambil 10mL larutan induk sampel lalu diencerkan hingga genap tepat 100mL menggunakan aquades, lalu sampel dibagi kedalam 3 wadah masing masing berisi 10mL larutan kemudian ditetesi 1mL Asam Askorbat 1% (w/v dalam aquades) dan 5mL pereaksi Ammonium Molybdat Vanadat, diinkubasi hingga larutan berwarna biru lalu diukur serapannya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada λ 860nm^[8,9,11].

Hasil pengukuran kadar PO₄ dikonfirmasi menggunakan HACH Photometer pada λ 880nm dengan pereaksi Blue Molybdate (1 sachet per 25mL). konfirmasi juga dilakukan menggunakan Flame photometer pada kisaran panjang gelombang yang sama^[8,9,11].

2.7. Pengukuran Kadar K-K₂O

Diambil 10mL larutan induk sampel lalu diencerkan hingga genap tepat 100mL menggunakan aquades, lalu sampel dibagi kedalam 3 wadah (sel) masing masing berisi 25mL larutan kemudian ditambahkan masing-masing 1 sachet pereaksi K₂O lalu diukur serapannya menggunakan HACH Photometer. Pengukuran juga dikonfirmasi menggunakan Flame Photometer dan AAS^[8,9].

2.8. Pengukuran Porositas Fosil Cangkang

Ditimbang sebanyak 1,0055g bubuk cangkang lalu dimaserasi kedalam 50mL larutan Buffer PO₄ selama 24 jam di suhu 35°C, setelah 24 jam di catat selisih massa sebelum dan setelah maserasi^[8,9,12,13].

2.9. Pemetaan Sebaran menggunakan Indeks Morisita

Samplel cangkang dikumpulkan dari 5 spot yang masing-masing berukuran 2x1m di sekitar area Lempung Hitam lalu diukur rapat populasi masing-masing species cangkang^[14,15].

3. HASIL

Kawasan Sangiran yang di huni dan dikelola sekarang adalah hasil dari evolusi lingkungan yang terjadi dengan rentang waktu yang panjang sejak dari saat Sangiran masih dasar laut hingga Sangiran yang ada sekarang^[16-19]. Proses evolusi bertahap lingkungan ini dipaparkan sebagai berikut:

Lapisan tanah Sangiran pada bagian bawah adalah endapan dari lingkungan laut berupa lempung biru merupakan Formasi Kalibeng dengan usia kepurbaan sekitar 2,4 juta tahun^[16-18]. Pada Kala Plestosen Bawah (sekitar 1,8 juta tahun silam) diendapkan lahar vulkanik dan lempung hitam yang merupakan Formasi Pucangan^[16-18]. Endapan lahar ini telah mengubah lingkungan laut menjadi lingkungan darat dengan mundurnya laut dari Sangiran dan terbentuk rawa-rawa yang mendominasi kawasan Sangiran hingga periode 0,9 juta tahun silam^[16-18]. Pada sekitar 0,9 juta tahun yang lalu terjadi erosi di Pegunungan Selatan, material erosi tersebut berupa pecahan gamping dan kerikil vulkanik terbawa ke Sangiran dan membentuk suatu lapisan keras yang disebut *Grenzbank*^[16-18]. Pada periode berikutnya terjadi letusan gunung disekitar Sangiran, yang memuntahkan jutaan kubik endapan pasir vulkanik yang kemudian diendapkan oleh aliran sungai yang akhirnya menutup lapisan *Grenzbank* dalam periode lebih dari 500.000 tahun dan meninggalkan endapan pasir fluvio-vulkanik setebal $\pm 40\text{m}$ dan disebut endapan Formasi Kabuh^[16-18]. Pada sekitar 250.000 tahun yang lalu, lahar vulkanik yang juga mengangkut kerikil dan hingga boulder batuan andesit diendapkan kembali di daerah Sangiran. Pengendapan ini berlangsung cukup singkat hingga sekitar 70.000 tahun silam, kemudian di atasnya diendapkan pasir vulkanik. Lapisan ini merupakan bagian dari Formasi Notopuro^[16-18].

Wilayah Lempung Hitam sendiri merupakan jejak perubahan lingkungan dari laut menjadi rawa-rawa, kemungkinan rawa bakau sehingga ciri khas lingkungan dan ekosistemnya sudah tidak sepenuhnya lautan, ditandai dengan keberadaan fosil-fosil *Mollusca* air tawar (Lacustrine)^[16-18,20] seperti siput *Filopaulidina javanica*. Lokasi sampling sendiri di Sangiran sangat umum dikenal dengan nama: “Area Lapisan Corbiculla” Lempung Hitam Pucangan, meskipun fosil-fosil *Mollusca* nya tidak hanya *Corbiculla* sp tapi pemberian nama ‘Lapisan Corbiculla’ kemungkinan besar diberikan untuk menggambarkan juga bahwa di lokasi itu sudah ada lingkungan air tawar karena *Corbiculla* umumnya menghuni air tawar, juga diperkuat bukti penemuan cangkang *Corbiculla javanica*. Karena merupakan lokasi jejak peralihan dari lingkungan laut ke rawa, sehingga pada penelitian ini dilakukan karakterisasi 2 species fosil *Mollusca* siput yang mewakili air tawar dan laut yaitu *Turitela tarebra* mewakili lingkungan laut dan *Filopaulidina javanica* mewakili lingkungan air tawar.

Selain untuk mewakili lingkungan masing-masing, kedua species fosil siput ini menjadi “primadona” di daerah Lempung Hitam karena banyak ditemukan siput-siput yang terfosilisasi dan terkristalisasi didalam cangkangnya menghasilkan Kristal fosil siput yang indah dengan warna beragam seperti merah bening, jingga bening, hijau kekuningan bening, kuning bening, dan bening, sehingga menimbulkan rasa penasaran bagi pengunjung terutama siswa studi wisata namun fenomena ini umumnya sangat minim penjelasan saintifiknya sehingga perlu diperdalam, namun sebelum memperdalam sisi fisikokimianya, perlu diungkapkan terlebih dahulu tentang penggolongannya dalam taksonomi. Penggolongan Taksonomi kedua siput ditampilkan sebagai berikut:



Dokumentasi oleh: Dwi Pramana (Dokumen Pribadi)



Dokumentasi oleh: Dwi Pramana (Dokumen Pribadi)

Kingdom	<i>Animalia</i>	<i>Animalia</i>
Phylum	<i>Mollusca</i>	<i>Mollusca</i>
Class	<i>Gastropoda</i>	<i>Gastropoda</i>
Order	<i>Sorbeoconcha</i>	<i>Vivipariodea</i>
Family	<i>Thiaridae</i>	<i>Viviparidae</i>
Genus	<i>Tarebia</i>	<i>Filopaulidina</i>
Species	<i>Turitela tarebra</i> (Lamarck, 1822) ^[21,22]	<i>Filopaulidina javanica</i> ^[22,23]

Selanjutnya, untuk membuktikan bahwa lingkungan Lempung Hitam adalah area perubahan lingkungan^[20], sehingga perlu dipetakan ketersebaran *Mollusca* nya melalui pendekatan indeks sebaran Morisita^[14,15], berdasarkan indeks Morisita dapat dilihat populasi mana yang lebih dominan^[14,15], apakah populasi *Mollusca* laut atau air tawar, sebaran *Mollusca* dominan menandakan lingkungan yang dominan. Hasil pengamatan sebaran Morisita ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Populasi (Fosil) Siput di Lempung Hitam Sangiran

Siput	Area Sampling			Rapat Populasi		Sebaran Morisita			
	Spot	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)	Individu	Populasi (Ind/m ²)	Indeks	Persen (%)	Rerata ($\bar{X} \pm SE$)
<i>T. tarebra</i>	1	2	1	2	19	9,5	0,1216	12,16	18,20 ± 1,7886%
	2				21	10,5	0,2062	20,62	
	3				19	9,5	0,1688	16,88	
	4				20	10	0,1870	18,70	
	5				22	11	0,2263	22,63	
<i>F. javanica</i>	1	2	1	2	23	11,5	0,2001	20,01	18,33 ± 1,3895%
	2				21	10,5	0,2062	20,62	
	3				19	9,5	0,1688	16,88	
	4				17	8,5	0,1351	13,51	
	5				21	10,5	0,2062	20,62	

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa siput laut *T. tarebra* menunjukkan indeks sebaran rata-rata 18,20% dan siput air tawar *F. javanica* menunjukkan indeks 18,33%, kedua angka indeks ini tidak terpaut terlalu jauh dan tidak ada yang terlalu mendominasi^[14,15] sehingga dapat diperkirakan berdasarkan sebaran *Mollusca*-nya bahwa lingkungan ini dahulunya sudah tidak sepenuhnya laut^[20], karena populasi *Mollusca* air tawar juga terbilang besar, prediksi ini menguatkan laporan sebelumnya bahwa lingkungan Lempung Hitam merupakan rawa-rawa, dan rawa yang sesuai dengan keberadaan kedua siput ini adalah rawa-rawa bakau yang berbentuk laguna-laguna yang juga merupakan hilir sungai yang bermuara di laut (karena adanya species siput *F. javanica*).

Karena fosil-fosil siput ini memiliki keunikan tersendiri, sehingga perlu juga dijelaskan profil fisikokimianya untuk menjelaskan proses fosilisasi, kristalisasi^[24-26] juga pengukuran umur jika diperlukan^[27]. Ketiga proses tersebut membutuhkan informasi yang didasarkan pada kandungan mineral, dan kandungan mineral dapat diukur secara fisikokimia^[25,26]. Cangkang

Mollusca umumnya memiliki kandungan Kalsium (Ca) pada kisaran 45-98% dan Fosfor (P) 15-60% dari massa keringnya dan tergantung species^[8,9,28], namun cangkang-cangkang *Mollusca* di lempung hitam sudah tergolong fosil bukan lagi cangkang biasa^[20,24], sehingga kemungkinan mineralnya sudah berubah selama proses fosilisasi^[29,30]. Dan untuk menjelaskan perubahan mineralnya dibutuhkan karakterisasi fisikokimia yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Profil Fisikokimia Fosil Cangkang Siput

Methods	Parameters	Fosil Cangkang Siput		
		<i>T. tarebra</i>	<i>F. javanica</i>	
Graphimetric	Water (%)	0,478 ± 0,004	0,50 ± 0,000	
	Ash (g/g)	0,9885 ± 0,0039	0,9748 ± 0,0048	
	Organic (g/g)	0,0111 ± 0,0039	0,0252 ± 0,0048	
	Carbon (g/g)	0,0064 ± 0,0023	0,0146 ± 0,0028	
	SiO (g/g)	0,0922 ± 0,0002	0,0887 ± 0,0034	
	Si (g/g)	0,0874 ± 0,0037	0,0836 ± 0,0001	
	Porosity (%)	33,9874 ± 0,0013	33,9684 ± 0,0000	
Titrimetric	Ca (g/g)	0,4181 ± 0,0395	0,2973 ± 0,0002	
	C (g/g) FeSO ₄	0,0026 ± 0,0001	0,0026 ± 0,0001	
	C (g/g) KMnO ₄	0,0038 ± 0,0068	0,0038 ± 0,0074	
Spectrophotometric	Ca-CaCO ₃ (g/g)	0,3506 ± 0,0003	0,2693 ± 0,0145	
	PO ₄ (g/g) (Bray)	0,0569 ± 0,0061	0,0656 ± 0,0127	
	P ₂ O ₅	Available (g/g)	0,0022 ± 0,0002	0,0027 ± 0,0005
		Dissolved (g/g)	0,0011 ± 0,0001	0,0012 ± 0,0002
		Total (g/g)	0,0032 ± 0,0004	0,0037 ± 0,0007
	P	Dissolved (g/g)	0,0286 ± 0,0031	0,0329 ± 0,0064
		Total (g/g)	0,5710 ± 0,0617	0,6589 ± 0,1273
	Ratio Ca/P (%)	0,7383 ± 0,0344	0,4586 ± 0,0655	
	Hach Photometer	Ca-CaO (g/g)	0,2493 ± 0,0331	0,1190 ± 0,0197
		PO ₄ (g/g) (Olsen)	0,0101 ± 0,0003	0,0073 ± 0,0004
P ₂ O ₅ (g/g)		0,0076 ± 0,0002	0,0055 ± 0,0003	
P		490 (g/g)	0,0034 ± 0,0001	0,0024 ± 0,0001
		496 (g/g)	0,0060 ± 0,0002	0,0036 ± 0,0004
Ratio Ca/P (%)		0,7062 ± 0,7910	0,7643 ± 0,0430	
K (g/g)		0,00049 ± 0,0000	0,000478 ± 0,0000	
Flame Photometer	Ca-CaO (g/g)	0,3215 ± 0,0014	0,2657 ± 0,0029	
	PO ₄ (g/g)	0,1253 ± 0,0083	0,0914 ± 0,0003	
	K-K ₂ O (g/g)	0,0046 ± 0,0003	0,0055 ± 0,0015	
AAS	Ca-CaO (g/g)	0,0855 ± 0,0202	0,1135 ± 0,0035	
	K-K ₂ O (g/g)	0,0057 ± 0,0032	0,0062 ± 0,0002	

Suatu bagian jaringan keras tubuh makhluk hidup misalnya tulang dan cangkang akan dinyatakan sebagai fosil jika kandungan Kalsium (Ca) didalamnya tersubstitusi oleh Silikon (Si-SiO)^[20,24,29,30]. Umumnya kandungan Ca pada cangkang *Mollusca* minimal 45% dari massa keringnya^[8,9,28] namun pada penelitian ini kadar Ca berada pada kisaran 25-30% dari massa keringnya menunjukkan bahwa substitusi oleh Silikon telah terjadi dan memicu penurunan kadar Ca^[29,30]. Substitusi Ca oleh Si juga menurunkan porositas fosil, berarti tingkat kepadatannya meningkat, umumnya cangkang *Mollusca* memiliki porositas pada kisaran 35-69% tergantung species^[8,9,28], namun pada penelitian ini, fosil cangkang *T. tarebra* dan *F. javanica* memiliki porositas (yang hampir setara) yaitu pada kisaran 33-34% dari massa keringnya dan angka ini menunjukkan porositas yang kurang dari kondisi ideal yang artinya bahwa cangkang-cangkang siput tersebut sudah menjadi fosil karena lebih padas dari cangkang pada umumnya^[31,32]. Pengukuran kadar Ca pada penelitian ini dilakukan lebih dari sekali karena pengukuran pertama Ca secara titrimetric menunjukkan hasil Ca sebagai sadah yang secara kimiawi adalah campuran CaO-MgO sehingga perlu dilakukan pengukuran ulang kadar

Ca secara spektrofotometrik yang dapat mengukur kadar Ca lebih spesifik yakni CaCO_3 (Spektro UV-Vis) dan CaO (HACH dan Flame Photometer)^[8,9].

Selain substitusi Ca oleh Si, proses fosilisasi juga dapat ditentukan dari perubahan mineral lain seperti Fosfor sebagai Fosfat (PO_4). Cangkang *Mollusca* dapat dinyatakan sebagai fosil jika kandungan Fosfatnya bertransformasi menjadi bentuk batunya yaitu P_2O_5 ^[33-35]. Cangkang *Mollusca* idealnya memiliki kandungan Fosfor sebagai fosfat minimal 12-15% dari massa keringnya tergantung speciesnya^[8,9,28], namun pada cangkang *T. tarebra* dan *F. javanica* kandungan Fosfatnya hanya 1-6% dari massa kering, angka ini berbeda jauh dari kondisi ideal kemungkinan karena P- PO_4 telah bertransformasi menjadi P_2O_5 juga karena tersubstitusi oleh Silikon (Si)^[20,24]. Dalam proses fosilisasi, substitusi Si terhadap Ca dan transformasi PO_4 menjadi P_2O_5 dapat memicu peningkatan massa dan berat hingga 2-5 kali dari kondisi awal^[33-35]. Kandungan kadar P- PO_4 juga dapat digunakan untuk menjelaskan kristalisasi fosil yang menghasilkan warna-warna berbeda. Kadar P- PO_4 pada material batu dan fosil dapat menyebabkan warna pada kiraran hijau kekuningan hingga jingga tergantung tingkatan Oksidasinya, secara ideal Fosfor dapat menghasilkan warna hijau kekuningan, semakin teroksidasi warnanya akan semakin cenderung jingga, dan karena fosil-fosil ini tersubstitusi oleh Silicon sehingga menjadi bening. Ketampakan bening yang dipadu dengan keberadaan kandungan P dan Oksida P menyebabkan ketampakan Kristal fosil siput menjadi lebih indah seperti kuning bening, jingga bening dan warna lain.

Kandungan mineral lain yang diukur dari cangkang fosil *T. tarebra* dan *F. javanica* adalah kandungan Potasium (K) dan Karbon (C). Kedua mineral ini penting dikaji karena berperan dalam pelacakan radioisotope dan pengukuran usia fosil (pertanggalan)^[27,33]. Meskipun pertanggalan Karbon tidak dapat dilakukan terhadap kedua fosil ini karena stabilitas waktu paruhnya paling optimal 5.000 tahun dan maksimal 10.000 tahun^[27] namun kadar Karbon (C) perlu juga dilaporkan pada karakterisasi fisikokimia karena dibutuhkan dalam pelacakan isotope Karbon (C^{12} - C^{14})^[27]. Meskipun tidak umum dilakukan, tapi isotope karbon dapat digunakan untuk pertanggalan Karbon karena stabilitas waktu paruh nya lebih panjang. Pengukuran kadar K dibutuhkan sebelum pengukuran usia fosil, karena Karbon tidak dapat digunakan secara langsung karena fosil umumnya berusia lebih dari 100.000 tahun^[20,24] sehingga dibutuhkan metode pengukuran usia dengan pertanggalan Argon (Ar), yang mana pertanggalan Argon dapat diukur dari peluruhan Potasium/ ^{19}K menjadi ^{40}Ar ^[33]. Sehingga sebelum usianya diukur, kadar Potasium (K) perlu diukur dan dilaporkan dalam profil fisikokimia fosil.

4. KESIMPULAN

Siput *Turitela tarebra* dan *Filopaulida javanica* merupakan 2 species fosil siput yang ditemukan di daerah Lempung Hitam, Situs Purbakala Sangiran. Daerah Lempung Hitam ini merupakan lokasi wisata pendukung Museum Pusat di Sangiran, juga berfungsi sebagai salah satu lokasi kajian para peneliti. Karena merupakan objek kajian, daerah Lempung Hitam ini umumnya dikunjungi oleh siswa studi wisata (SMP-SMA) maupun oleh Mahasiswa, meskipun diperuntukkan untuk wisata edukasi, Fosil-fosil di area ini belum dikarakterisasi secara menyeluruh sehingga informasi yang sampai ke pengunjung atau peneliti umumnya belum utuh, dan terkesan tanggung sehingga menimbulkan pertanyaan baru. Untuk mengatasi masalah kelengkapan informasi bagi pengunjung ini dibutuhkan penelitian yang meninjau Fosil-fosil tersebut secara lebih mendalam untuk menggambarkan proses alam pembentukan fosil di alam (lingkungan Lempung Hitam). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara fisikokimia dan ekologis terhadap 2 species fosil siput dari lingkungan berbeda yang ditemukan di Lempung Hitam Situs Sangiran. Kedua siput adalah *T. tarebra* mewakili lingkungan laut dan *F. javanica* mewakili lingkungan air tawar. Hasil karakterisasi fisikokimia dapat digunakan

untuk menggambarkan proses-proses alam seperti fosilisasi dan kristalisasi agar informasi yang sampai ke pengunjung berlatarbelakang siswa atau akademisi menjadi lebih utuh dan memuaskan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdulah, I. 2017. Penyelamatan Data di Area Calon Lahan Parkir Museum Klaster Dayu. Jurnal SANGIRAN No.6 Tahun 2017.
- [2] Harianja, J. 2018. Upaya *United Nation Education, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) dalam Menjaga Keberadaan Museum Sangiran Sebagai Warisan Budaya Dunia Tahun 2011-2016. JOM FISIP Vol.5 No.1, April 2018.
- [3] Sulistyanto, B. 2009. Warisan Dunia Situs Sangiran. Persepsi Menurut Penduduk Sangiran. Wacana Vol.11 No.1 (April 2009): 57-80.
- [4] Sulistyanto, B. 2014. Manajemen Pengelolaan Warisan Budaya: Evaluasi Hasil Penelitian Pusat Arkeologi Nasional (2005-2014). AMERTA, Jurnal Penelitian dan Pengembangan Arkeologi Vol.32 No.2 Desember 2014: 77-154.
- [5] Bios “Majalah Biologi Populer” Volume III Nomor 2, 2009. Program Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana.
- [6] Surono, A. 2013. Menyusuri Jejak Manusia Purba di Sangiran, Jawa Tengah. National Geographic Indonesia, Desember 2013. <http://nationalgeographic.co.id/berita/2013/12/menyusuri-jejak-manusia-purba-di-sangiran-jawa-tengah>
- [7] Rahmayani, Dian N A dan Donan, Y S. 2017. Keanekaragaman Fosil Kerang (Bivalvia dan Gastropoda) di Situs Banjarejo, Kecamatan Gabus, Kabupaten Grobogan. Jurnal Sangiran No.6 Tahun 2017.
- [8] Gintu, A R; Elizabeth, B E Kristiani; & Y, Martono. 2020. Biokeramik Hidroksiapatit (HAp) Berbahan Dasar Cangkang Tiram *Anodonta nuttaliana* dari Danau Poso. Eksergi Vol.17, No.2, 2020. ISSN: 1410-394X. PP: 86-92. DOI: <https://doi.org/10.31315/e.v17i2.3758>.
- [9] Gintu, A R; Elizabeth, B E Kristiani; & Y, Martono. 2020. Hydroxyapatite (HAp) Bioceramics from The *Celeteiya presclupta* Snails Shells from Poso Lake. JKPK Vol.5, No.3, 2020. ISSN: 2503-4146 (print); 2503-4154 (Online). PP: 254-263. DOI: 10.20961/jkpk.v5i3.45983.
- [10] Rahayu, W S; Pri, I U; dan Anis, K. 2011. Validitas Penetapan Kadar Kalsium dalam Sediaan Tablet Multivitamin Secara Spektrofotometri Ultraviolet – Visible. ISSN 1693-3591.
- [11] Berenblum, I & E, Chain. 1938. An Improved Method for the Colorimetric Determination of Phosphate. Biochem.J. 1938 Feb: 32(2): 295-298. DOI: <https://doi.org/10.1042%2Fbj0320295>.
- [12] Wahl DA and Czernuszka JT. 2006. “Collagen-Hydroxyapatite Composites For Hard Tissues Repair “. European Cells and Materials.
- [13] Wattanuchariya W and Whattanapong C. 2014. Characterization of Porous Scaffold from Chitosan-Gelatin/Hidroksiapatite for Bone Grafting. IMECS. Hongkong.
- [14] Lindawaty; Irma, D; dan Sofyatuddin, K. 2016. Distribusi dan Kerapatan Kerang Darah (*Anadara sp*) Berdasarkan Tekstur Substrat di Perairan Ulee Lheue Banda Aceh. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan UNSYAH Vol.1, No.1: 114-123, Januari-April 2016.
- [15] Astari, FD; A, Solichin; & N, Widyorini. 2018. Analisis Kelimpahan, Pola Distribusi, dan Nisbah Kelamin Kerang Kijing (*Anodonta woodiana*) di Inlet dan Outlet Danau

- Rawapening Jawa Tengah. Journal of MAQUARES Vol.7 No.2 2018 (227-236). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares>.
- [16] Bemmelen, R. W. V. 1949. *The Geology of Indonesia* Vol. 1A. The Hague : Government Printing Office.
- [17] Sēmah, F. 2017. Climats, Paysages, et Premiers Peuplements des Îles: Le Patrimoine de L'histoire de L'humanite en Asie du Sud-Est Insulaire. *L'antropologie* 121 (2017) 163-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anthro.2017.03.020>
- [18] Wulandari, 2012. Topografi Situs Sangiran. *Jurnal Sangiran* No 1 Tahun 2012.
- [19] Istadi, B. P. 2009. Modeling Study of growth and potential geohazard for LUSI mud Volcano: East Java, Indonesia. *Marine and Petroleum Geology* 26 (1724 – 1739).
- [20] Budiantoro, F.P.M.H., Partaya, Diah, P.M. 2012. Keanekaragaman Fossil Mikroforaminifera pada Singkapan Formasi Kalibeng dan Pucangan di Sangiran, *Unnes Journal of Life Science*. Vol 1 (hal1-7).
- [21] Lachner, E. A., C. R. Robins, and W. R. Courtenay, Jr. 1970. Exotic fishes and other aquatic organisms introduced into North America. *Smithsonian Contributions to Zoology* 59:1-29.
- [22] U.S Fish and Wildlife Service. 2016. Quilted Melania (*Tarebia granivora*) Ecological Risk Screening Summary. Juli 2016.
- [23] Ting, H N; Siong, K T; Wing, H W; Rudolf, M; Sow-Yan, C; Heok, H T; and Darren, C J Y. 2016. Molluscs for Sale: Assessment of Freshwater Gastropods and Bivalves in the Ornamental Pet Trade. *Plos One* August 15, 2016. DOI: 10.1371/journal.phone.0161130.
- [24] Wulandari, R. 2017. Analisis Unsur pada Pelapukan Fosil di Lapisan Kabuh dengan Menggunakan Instrumen XRF. *Jurnal SANGIRAN* No.6 (2017).
- [25] Rintelen, T V; and Matthias, G B. 2003. New Discoveries in Old Lakes: Three New Species of *Tylomelania* Sarasin & Sarasin, 1897 (Gastropoda: Cerithioidea: Pachichilidae) from the Malili Lake System on Sulawesi, Indonesia. *J.Moll.Stud.* (2003) 69: 3-17.
- [26] Glaubrecht, M and Thomas von Rintelen. 2008. The Species Flocks of Lacustrine Gastropods: *Tylomelania* on Sulawesi as Models in Speciation and Adaptive Radiation. *Hydrobiologia* (2008) 615:181-199. DOI: 10.1007/s10750-008-9568-9.
- [27] Siregar, D A; & K, T Dewi. 2014. Analisis Pentarikhan Radiokarbon untuk Penentuan Fluktuasi Muka Laut di Sebelah Utara Pulau Bangka. *Jurnal Geologi Kelautan* Vol.12 No.3 Desember 2014.
- [28] Affandi, Amri, & Zultiniar. 2015. Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Proses Hidrotermal Variasi Rasio Mol Ca/P dan Suhu Sintesis. *Jom FTEKNIK* Vol. 2, No. 1, Februari 2015.
- [29] Arif, J; & D, Siregar. 2014. Analisis Kandungan Fluorine (F) di dalam Fosil Tulang dan Gigi: Kasus dari Gua Pawon, Sangiran, dan Katitidu. *Forum Arkeologi* Vol.27 No.3, November 2014: 187-196.
- [30] Erlangga, B D; D, Mulyadi; & S, Y Cahyarini. 2016. Analisis Pertografi dan *X-Ray Diffraction* untuk Deteksi Kalsit Non Destruktif dari Fosil Karang *Porites* Endapan Terumbu Kuarter Kendari, Sulawesi Tenggara. *Riset Geologi dan Pertambangan* Vol.26 No.1 Juni 2016: 15-21. ISSN: 0125-9849; e-ISSN: 2354-6638. DOI: 10.14203/risetgeotam2016.v26.263.
- [31] Permana, A P. 2019. Kualitas Fosil Kayu Tohupo berdasarkan Perbandingan Analisis Petrografi, XRD dan XRD. *Jurnal GEOSAPTA* Vol.5 No.2, Juli 2019.
- [32] Syarthibi, A; Sutrisno; & H, Syarifuddin. 2018. Karakteristik Geokimia Komposisi Mineral Fosil Kayu: Isolasi dan Identifikasi Kandungan Lignin dalam Kayu Petrisian

- dan *In-Situ* *raucarioxylon* di Geopark Merangin. Vol.1 No.1, 2018. ISSN: 2622-2310 (p); 2622-2302 (e).
- [33] Permana, A A; & S, S Eraku. 2020. Analisis Kedalaman Laut Purba Batugamping Gorontalo Berdasarkan Kandungan Fosil Foraminifera Bentonik. *Bioeksperimen* Vol.6 No.1, Maret 2020: 17-23. ISSN: 2460-1365. DOI: 10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795.
- [34] Choerunnisa, T; A, D Haryanto; K, Arfiansyah F; J, Hutabarat; & Z, Handietri. 2019. Karakteristik Kimia Batugamping Kompleks Kromong Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal* Vol.3 No.6, Desember 2019: 449-458. i-ISSN: 2597-4033.
- [35] Setiady, D; & A, Sianipar. 2009. Jenis dan Kandungan Mineral dalam Sedimen Lepas Pantai di Perairan Kabupaten Aceh Utara Propinsi Nangroe Aceh Darusalam. *Jurnal Geologi Kelautan* Vol.7 No.3 Desember 2009.