



## PENGUKURAN KADAR LOGAM DAN MINERAL AIR SUNGAI PUCUNG, SITUS PURBAKALA SANGIRAN, JAWA TENGAH

### *The Determination of Metals and Minerals Contains in The Water of Pucung River, Prehistoric Site Sangiran, Central of Java*

**Agung Rimayanto Gintu<sup>\*1</sup>, Cucun Alep Riyanto<sup>1</sup>, Stefanus Agung Wicaksono<sup>1</sup>,  
Widhi Handayani<sup>2</sup> dan Andri Purnomo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro No. 52-60 Salatiga, Jawa Tengah 50711, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro No. 52-60 Salatiga, Jawa Tengah 50711, Indonesia

\*Untuk korespondensi: e-mail: 422017002@student.uksw.edu

Received: November 12, 2018

Accepted: January 15, 2019

Online Published: April 30, 2019

DOI : 10.20961/jkpk.v4i1.25250

### ABSTRAK

Sangiran merupakan situs peninggalan zaman prasejarah penting bagi Indonesia. Keseluruhan wilayah situs merupakan bekas lingkungan hunian purba yang dilewati oleh beberapa sungai salah satunya sungai pucung. Penelitian ini merupakan penelitian pendekatan dari lingkungan air dengan mengukur kandungan logam dan mineral dalam air sungai Pucung dan diperoleh kandungan logam besi (Fe) 0,01mg/L; Seng (Zn) 0,02mg/L; Nikel (Ni) 0,00mg/L; Mangan (Mn) 0,00mg/L; Krom (VI) ( $Cr^{6+}$ ) 0,009mg/L; Aluminium (III) ( $Al^{3+}$ ) 0,00mg/L dan Tembaga (Cu) 0,01mg/L. Dari pengukuran kadar mineral diperoleh kandungan mineral Fosfat ( $PO_4^{2-}$ ) 0,37mg/L; Nitrat ( $NO_3^-$ ) 0,8mg/L; Nitrit ( $NO_2^-$ ) 0,001mg/L; Klorida (Cl) 0,01mg/L; Fluorida ( $F^-$ ) 0,00 mg/L; Sulfida ( $S^{2-}$ ) 0,0 $\mu$ g/L; Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) 6,00mg/L; dan N sebagai N-NH<sub>3</sub> (Amonia) 0,05mg/L. Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya yang baru sebatas mempelajari stratigrafi sungai.

**Kata Kunci:** kadar logam dan mineral , situs purbakala Sangiran, sungai Pucung

### ABSTRACT

Sangiran was an important prehistoric site heritage for Indonesia. Entire site area was living environment once pass by several rivers, one of them was Pucung river. This study was approaching study from water environment by measuring metals and minerals contained in the water from Pucung river and measured that Iron (Fe) containend was 0,01mg/L; Zink (Zn) 0,02mg/L; Nickel (Ni) 0,00mg/L; Mangan (Mn) 0,00mg/L; Chrom (VI) ( $Cr^{6+}$ ) 0,009mg/L; Aluminium (III) ( $Al^{3+}$ ) 0,00mg/L and Copper (Cu) 0,01mg/L. From the minerals containing measured that Phosphate ( $PO_4$ ) 0,37mg/L; Nitrate ( $NO_3^-$ ) 0,8mg/L; Nitrite ( $NO_2^-$ ) 0,001mg/L; Chloride (Cl) 0,01mg/L; Fluoride ( $F^-$ ) 0,00mg/L; Sulphide ( $S^{2-}$ ) 0,0 $\mu$ g/L; Sulphate ( $SO_4^{2-}$ ) 6,00mg/L; and N as N-NH<sub>3</sub> (Ammonia) 0,05mg/L. This studi continuing the study before wich are just limiting to studying the river stratigraphy..

**Keywords:** metals and minerals, the ancient site of Sangiran, Pucung river

## PENDAHULUAN

Sangiran diperkirakan sudah dihuni oleh manusia purba sejak 150.000 tahun silam. Situs Sangiran ditemukan pertama kali oleh P.E.C Schemulling pada tahun 1883 [1]. Jika dilihat dari fosil–fosil yang ditemukan di wilayah Sangiran dapat disimpulkan bahwa bentang alam Sangiran telah mengalami beberapa kali perubahan. Dimulai dari periode ketika sangiran masih tertutup laut [1], terbukti dari penemuan fosil ekosistem laut pada lapisan tanah paling bawah seperti fosil Hiu, *Mollusca*, Ikan, Kepiting dan Kura-kura [2]. Selang beberapa periode kemudian, bumi memasuki zaman es dimana permukaan laut surut sedalam 100 meter dan Sangiran berubah menjadi rawa–rawa [4-5]. Periode dimana Sangiran menjadi rawa dapat teramati dari penemuan fosil ekosistem rawa seperti Buaya, Kura-kura, *Mollusca*, Ikan, Kuda Nil, dan Kerbau [2]. Selang beberapa periode kemudian, bentang alam Sangiran mengalami perubahan lagi menjadi daratan kering, wilayah rawa yang tersisa hanya di daerah “Kubah Sangiran”. Wilayah ini dijadikan daerah pertanian oleh masyarakat sekarang. Keadaan alam yang berubah-ubah sangan memungkinkan menyebabkan perubahan keadaan lingkungan [3-5].

Sungai Pucung merupakan salah satu sungai yang melintasi “*Landscape*” Sangiran dan mengalir di atas lapisan Kabuh. Sungai menjadi bagian landscape sangat penting untuk diteliti karena sungai mentransferkan materi-materi yang mengandung informasi ilmiah tentang evolusi di Sangiran . Karena air sungai mentransferkan dan mengikis material batuan dari berbagai formasi geologis tanah,

sehingga kandungan kimiawi material batuan sebagian akan terkandung di dalam air sungai (misalnya Ca, Cu, Fe dan  $PO_4$ ) baik dalam skala ionik, atomik (tunggal) maupun dalam bentuk garam mineral atau oksida mineral [2].

Keberadaan kandungan kimiawi material batuan dalam air pucung dapat menjadi “Landasan Prediksi” bagi penelitian arkeologis terkait lapisan spesifik apa saja yang di iris (atau dikikis) oleh sungai pucung. Penelitian tentang kandungan mineral dan logam dalam air Sungai Pucung tergolong masih sangat baru dan dibutuhkan oleh peneliti terutama penelitian di bidang geologis untuk menghubungkan antara kandungan mineral yang ada pada sungai Pucung dengan stratigrafi dan formasi geologis yang terkikis dan tersingkap. Oleh karena itu pengukuran kandungan logam dan mineral dalam air sungai Pucung menjadi penting dilakukan sebagai tambahan informasi bagi arkeolog, dalam hal menganalisa kondisi air sungai Pucung terutama aktivitas–aktivitas arkeologis yang terkonsentrasi di sekitar sungai.

## METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi Sampling

Air pada penelitian ini diambil di aliran sungai Pucung pada jarak  $800 \pm 5$  meter dari situs galian pucung (PCTS-Pucung) dan  $\pm 1000$  meter dari museum kartel Dayu. Air sungai pucung ditinjau karena 2 alasan yaitu: (1) air sungai pucung digunakan dan terkena pengaruh aktivitas sehari-hari masyarakat setempat dan aktivitas arkeologis di sekitar situs galian pucung, dan (2) air sungai pucung digunakan untuk mencuci fosil hasil galian. Lokasi pengambilan sampel

ditentukan berdasarkan pertimbangan yaitu (1) dekat dengan area pertanian, (2) dekat dengan lokasi galian dan di pinggir sungai lokasi pengambilan fosil–fosil mollusca dapat

teramati dengan jelas, (3) batas aktivitas domestik penduduk. Lokasi pengambilan Sampel ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Pucung

## 2. Pengukuran Kadar Logam

Pengukuran kadar logam meliputi Besi, Mangan, Tembaga, Krom (VI), Nikel dan Seng secara spektrofotometri mengacu pada PERMENPERIN No. 78 tahun 2016 [5] dan Adams [6-9].

## 3. Pengukuran Kadar Mineral

Pengukuran kadar logam meliputi Fosfat, Nitrat, Nitrit, Sulfat, Sulfida, Klorida dan Amonia dilakukan secara spektrofotometri mengacu pada PERMENPERIN No. 78 tahun 2016 [5] dan Adams [6-12].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kadar mineral dan logam dalam air sungai Pucung ditampilkan pada Tabel 1.

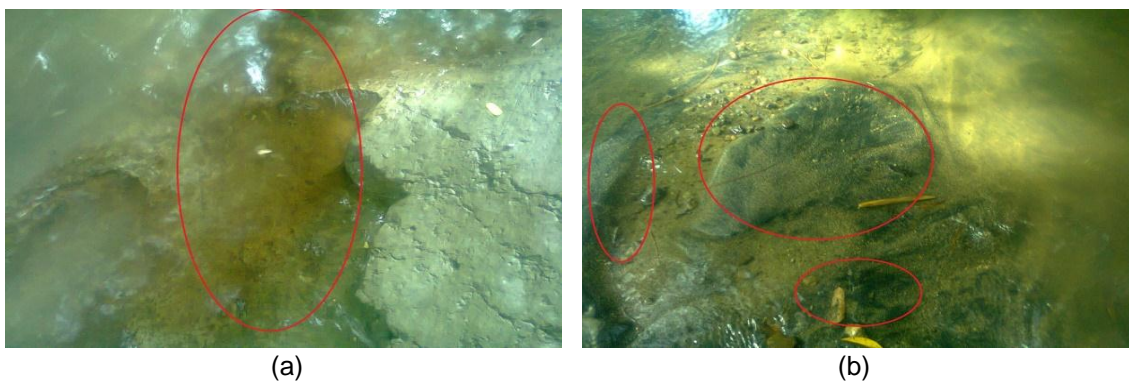
Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Logam dan Mineral dalam Air Sungai Pucung

Logam		Mineral	
Parameter	Kadar (mg/L)	Parameter	Kadar (mg/L)
Besi (Fe)	0,01	Fosfat ( $\text{PO}_4^{2-}$ )	0,37
Tembaga (Cu)	0,01	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	0,80
Krom (VI) ( $\text{Cr}^{6+}$ )	0,009	Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ )	0,001
Mangan (Mn)	0,00	Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	6,00
Nikel (Ni)	0,00	Sulfida ( $\text{S}^{2-}$ )	0,00
Seng (Zn)	0,02	Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	0,01
Aluminium (III) ( $\text{Al}^{3+}$ )	0,00	Amonia ( $\text{NH}_3$ )	0,05
		Fluorida (F)	0,00

Bentang alam Sangiran pernah tertutup erupsi gunung api [4,13-15] yang membawa material–material dari dalam bumi menuju permukaan [19]. Bumi memiliki inti luar berupa besi padat yang melapisi bagian inti dalam berupa besi cair [16-20]. Ketika terjadi letusan gunung

berapi, material inti bumi berupa besi cair ikut mengalir bersama lelehan lahar menuju permukaan kemudian membeku menjadi batuan [17-21]. Selain besi, aliran lahar juga membawa bagian dalam mantel bumi seperti logam tembaga, garam-garam belerang dan senyawa turunan fosfat [16-18] Keberadaan fosfat juga dapat teramati secara langsung melalui banyaknya batuan beku di seluruh

permukaan Sangiran terutama di wilayah Kubah Sangiran, batuan beku tersebut berwarna putih dan menunjukkan khas padatan apatit (padatan yang kisi kristalnya tersusun oleh fosfat). Batuan-batuan tersebut mengalami pengikisan dan pelapukan dalam rentang waktu lama menghasilkan ion-ion logam dan mineral kemudian terakumulasi di lingkungan sungai.



Gambar 2. Endapan Oksida Logam Pada Sedimen Sungai Pucung (a) Endapan Oksida Besi (Merah) Pada Batuan di Tepi Sungai (b) Endapan Oksida Tembaga (Biru) Pada Pasir di Tengah Sungai

Logam lain yang terdeteksi dalam air sungai pucung adalah Krom dan Seng. Kedua logam ini berasal dari periode yang lebih tua yaitu ketika seluruh permukaan sangiran masih tertutup laut [14,16,17] karena Seng dan Krom umumnya ditemukan dalam air laut. Pada periode ini juga terjadi reaksi kimiawi air laut berupa reaksi anion-kation spontan menghasilkan garam-garam nitrogen berupa nitrit dan nitrat, senyawa turunan nitrogen (ammonia), dan garam-garam klorida. Garam-garam dari mineral-mineral tersebut mengendap di dasar laut yang nantinya akan menjadi permukaan Sangiran.

Selang beberapa periode, terjadi penurunan permukaan air laut di seluruh permukaan bumi dan Sangiran menjadi

rawa-rawa [3]. Pada periode ini terjadi reaksi biologis oleh mikroba menghasilkan senyawa-senyawa turunan Nitrogen dan turunan Sulfat, karena mikroba air dalam ekosistem rawa umumnya dapat melakukan nitrifikasi. Mineral-mineral hasil reaksi anion-kation spontan dan hasil aktivitas bakteri kemudian mengendap di dasar hingga rawa tersebut kering menghasilkan hamparan daratan kering. Ketika berada di permukaan (tanah) yang kering mineral-mineral tersebut mengalami peluruhan, pelarutan, pelapukan dan penguraian oleh berbagai faktor kemudian terbawah oleh air dan hujan ke badan sungai [22].

Kandungan logam Besi dan mineral Fosfat dalam air secara alami juga berasal dari



pelapukan fosil–fosil kemudian material hasil pelapukan tersebut terbawa ke air dan terlarut. Pendapat ini diperkuat oleh Penelitian sebelumnya [23] yang mengatakan bahwa fosil–fosil di Sangiran kaya akan Besi dan Fosfor. Besi pada fosil yang meluruh selain

berasal dari Heme, kemungkinan juga berasal dari periode ketika fosil tertutup erupsi gunung api. Lapisan sedimen berpotensi menghasilkan Kalsium dan Fosfat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sedimen yang Berpotensi Menghasilkan Kalsium (Ca) dan Fosfar ( $PO_4$ ) (a). Sedimen Pasir/Tanah Putih Apatit, Berpotensi Menghasilkan Fosfor dan Fosfat, (b) Fosil (Cangkang) Mollusca yang Mengalami Pelapukan di dalam Sedimen, Berpotensi menghasilkan Kalsium dan Fosfor

Dalam kehidupan sehari–hari, masyarakat Sangiran memanfaatkan air sungai Pucung tetapi tidak untuk dikonsumsi sebagai air minum. Aktivitas masyarakat yang memanfaatkan air sungai Pucung antara lain

mandi, mencuci, irigasi dan pertanian. Jika dibandingkan dengan baku mutu dan klasifikasi mutu air maka dihasilkan perbandingan yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Mutu Air Serta Klasifikasi Air Sungai Pucung, Sangiran

Logam		Syarat Mutu Air Bersih [28]	Standar Air Bersih [9]	Klasifikasi Air (Air Kelas II) [14]
Parameter	Kadar	Kadar	Kadar	Kadar
Besi (mg/L)	0,01	Maks 0,1	1,00	0,30
Krom (mg/L)	0,009	Maks 0,05	0,05	0,05
Tembaga (mg/L)	0,01	Maks 0,5	-	0,02
Mangan (Mn)	0,00	Maks 0,05	0,5	0,1
Seng (Zn)	0,02	15	15	0,05
Nikel (Ni)	0,00	-	-	-
Aluminium (Al)	0,00	-	-	-
Mineral		Syarat Mutu Air Bersih [28]	Standar Air Bersih [9]	Klasifikasi Air (Air Kelas II) [14]
Parameter	Kadar	Kadar	Kadar	Kadar
Fosfat (mg/L)	0,37	-	-	0,2
Nitrat (mg/L)	0,8	Maks 44	10	10
Nitrit (mg/L)	0,001	Maks 0,1	1,0	0,06
Amonia (mg/L)	0,05	Maks 0,15	-	0,5
Sulfat (mg/L)	6,00	Maks 200	400	400
Sulfida (mg/L)	0	-	-	0,002
Klorida (mg/L)	0,01	Maks 0,1	600	0,03
Fluorida (mg/L)	0,00	Maks 0,5	-	1,5

Pemanfaatan air sungai Pucung oleh masyarakat sangiran ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pipa Irigasi di Tepi Sungai Pucung

Kandungan mineral juga dapat disebabkan oleh faktor tidak alami misalnya Fosfat, Selain pelapukan fosil mineral ini juga berasal dari pupuk kimiawi yang terbawa bersama air sawah yang. Fosfat yang berasal dari pupuk ini memiliki manfaat yang baik bagi fosil karena dapat memperkeras fosil. Fosfat yang berasal dari pupuk ini juga memiliki pengaruh negatif karena kadar fosfat yang tinggi (dalam air) akan memicu *booming* mikroorganism air [24]. Ketika mikroorganism

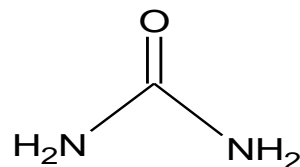
tersebut mati karena kekurangan nutrient maka akan terjadi penumpukan biomasa yang antara lain komponennya adalah atom Nitrogen (N) dan Sulfat (S) [25]. Nitrogen dan Sulfat tersebut berasal dari penguraian struktur protein dan asam amino yang menyusun membrane sel mikroorganism, jika protein yang bergugus Azo (N) maka penguraian struktur makro akan menghasilkan Nitrat dan Nitrit jika N teroksidasi dan akan membentuk Amonia jika N terhidrasi [24]. Sementara protein yang bergugus Thio (S) ketika struktur makronya terurai maka akan menghasilkan Sulfat dan Sulfid jika S teroksidasi [25]. Pupuk kimiawi yang terlarut dalam air pertanian di sekitar sungai Pucung seperti pupuk Urea juga juga ikut menyumbang kandungan Nitrat, Nitrit dan Amonia [25]. Senyawa Urea jika terurai akan melepas 2 atom N yang sangat potensial untuk membentuk Nitrat, Nitrit dan Amonia [25]. Pengaruh aktivitas pertanian dan struktur kimiawi Urea ditunjukkan pada Gambar 5.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Aktivitas Pertanian Di Sepanjang Aliran Sungai Pucung Penyimpanan Pupuk Dipinggiran Sungai Pucung, (b) Tanda Merah Menunjukkan Jalur Aliran Air dari Sawah ke Sungai Pucung (c) Struktur Kimia Urea [22]

Kemungkinan lain penyebab kandungan Nitrat, Nitrit dan Sulfat diperkirakan berasal dari faktor tidak alami seperti hujan asam yang sangat rentan terjadi di sekitar daerah perindustrian [17,18]. Hujan asam disebabkan karena asap pembakaran oleh industri menghasilkan sulfat atau nitrat yang kemudian berikatan dengan uap air di udara membentuk asam nitrat atau asam sulfat [11,12,26]. Ketika terjadi hujan, asam-asam tersebut ikut terlarut dan mengalir bersama hujan ke perairan [17].

Kandungan Klorida dalam air juga disebabkan oleh faktor tidak alami seperti penggunaan pemutih pakaian. Pemutih pakaian umumnya menggunakan Klorin (Cl) sebagai bahan aktif. Sungai Pucung digunakan oleh warga sebagai tempat mencuci pakaian sehingga jika menggunakan detergen yang mengandung klorin akan sangat memungkinkan memicu terjadinya peningkatan kadar Klorin. Beberapa pemutih yang berbahan aktif Klorin dapat melunturkan pewarna pakaian, sementara pewarna pakaian umumnya merupakan *Azo dye* (pewarna bergugus Azo) [27] yang jika terurai atau rusak oleh pemutih akan melepas atom N.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran kadar logam dalam air sungai Pucung diperoleh kandungan besi (Fe) 0,01mg/L; Seng (Zn) 0,02mg/L; Nikel (Ni) 0,00mg/L; Mangan (Mn) 0,00mg/L; Krom (Cr) 0,009mg/L; dan Tembaga (Cu) 0,01mg/L. Dari pengukuran kadar mineral diperoleh kandungan mineral Fosfat ( $PO_4$ ) 0,37mg/L; Nitrat ( $NO_3$ ) 0,8mg/L; Nitrit ( $NO_2$ ) 0,001mg/L; Klorida ( $Cl^{2-}$ ) 0,01mg/L; Sulfida ( $S^{2-}$ ) 0,0 $\mu$ g/L; Sulfat ( $SO_4$ ) 6,00mg/L; dan N sebagai N-NH<sub>3</sub>

(Amonia) 0,05mg/L. Jika dibandingkan dengan baku mutu air bersih sesuai SNI, maka air sungai Pucung berkategori aman dan termasuk dalam air kelas II yang dianjurkan untuk digunakan sebagai air pertanian dan irigasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wulandari, Topografi Situs Sangiran. *Jurnal Sangiran*. No 1 Tahun 2012. 2012
- [2] A. Surono, *Menyusuri Jejak Manusia Purba di Sangiran, Jawa Tengah*. Jakarta: National Geographic Indonesia. 2013.
- [3] B. Sulistyanto, Warisan Dunia Situs Sangiran. Persepsi Menurut Penduduk Sangiran. *Wacana*, vol. 11, no.1, pp. 57-80. 2009.
- [4] B. Sulistyanto, Manajemen Pengelolaan Warisan Budaya: Evaluasi Hasil Penelitian Pusat Arkeologi Nasional (2005-2014). *AMERTA, Jurnal Penelitian dan Pengembangan Arkeologi*, vol. 32, no.2, pp. 77-154. 2014.
- [5] Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 78/M-Ind/Per/11/2016 Tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia Air Mineral, Air Demineral, Air Mineral Alami, dan Air Minum Embun Secara Wajib. 2016
- [6] V. D. Adams, *Water and Wastewater Examination Manual*. Michigan: Lewis Publisher. ISBN: 0-8737-199-8. 1991.
- [7] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2014 Tentang Higiene Sanitasi Depot Air Minum. 2014.
- [8] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. 2014.
- [9] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: .68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. 2016

- [10] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. 2001.
- [11] N. Kusminingrum dan G. Gunawan. "Polusi Udara Akibat Kendaraan Bermotor Di Jalan Perkotaan Pulau Jawa Dan Bali". Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. 2008.
- [12] M. Masykuri dan Mudjijono. "Aplikasi Metode Gries-Saltzman Dengan Teknik Impiger Tunggal Sebagai Alternatif Pengukuran Polutan NO<sub>2</sub> Di Udara". *Jurnal EKOSAINS*, vol. 3, no.1 Maret 2011.
- [13] I. Abdulah, "Penyelamatan Data di Area Calon Lahan Parkir Museum Klaster Dayu", *Jurnal SANGIRAN*, nol. 06, pp. 1-14, 2017.
- [14] F. Budiantoro, Partaya, dan D. Sari,. Keanekaragaman Fossil Mikroforaminifera pada Singkapan Formasi Kalibeng dan Pucangan di Sangiran", *Unnes Journal of Life Science*, vol. 1, no. 1, pp. 1-7. 2012.
- [15] J. Harianja dan T. J. Waluyo, "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, pp. 1-10, April 2018.
- [16] D. Burnie, *Jendela dan Iptek Astronomi*. Jakarta: Balai Pustaka. IISBN: 979-666-107-9. 2000.
- [17] D. Kindersley, *Encyclopedia SAINS*. Jakarta. Erlangga. 2009.
- [18] I. D. Pramudita dan B. Prawoto, *Buku Pintar Tingkat Dasar Bersahabat dengan Cuaca*. Yogyakarta: Empat Pilar Pendidikan. ISBN: 979-3960-23-X. 2007.
- [19] I. D. Pramudita dan B. Prawoto, *Buku Pintar Tingkat Dasar Bumi Tamanku*. Yogyakarta: Empat Pilar Pendidikan. ISBN: 979-3960-20-5. 2007
- [20] I. D. Pramudita dan B. Prawoto, *Buku Pintar Tingkat Dasar Menjelajah Ruang Angkasa*. Yogyakarta: Empat Pilar Pendidikan. ISBN: 979-3960-21-3. 2007.
- [21] I. A. Nugroho, *Bumi dan Tata Surya 1*. Yogyakarta: Empat Pilar Pendidikan. ISBN: 979145135-4. 2007.
- [22] R. J. Fessenden and J. S. Fessenden. *Kimia Organik Jilid I*. Jakarta: Erlangga.1990.
- [23] R. Wulandari, "Analisis Unsur pada Pelapukan Fosil di Lapisan Kabuh dengan Menggunakan Instrumen XRF". *Jurnal SANGIRAN*, no.6 , 2017.
- [24] Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3553-2015. *Baku Mutu Air Bersih*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional 2015.
- [25] U. Suriawiria, "Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis". Bandung: ITB. ISBN: 979-414-003-1. 1993.
- [26] J. P. Susanto, "Kualitas Udara Beberapa Kota Di Asia (Monitoring Kandungan SO<sub>2</sub> Udara Ambien dengan Passive Sampler)". *Jurnal Teknologi Lingkungan, P3TL-BPPT*, vol. 6, no. 1, pp. 324-329. 2005.
- [27] W. Handayani, A. I. Kristijanto, and A. I. R. Hunga, "Are Natural Dyes Eco-Friendly? A Case Study on Water Usage and Wastewater Characteristics of Batik Production by Natural Dyes". *Sustainable Water Resources Management*, vol. 4, no. 4, pp. 1011-1021. 2018