

ANALISIS UNSUR PADA PELAPUKAN FOSIL DI LAPISAN KABUH DENGAN MENGGUNAKAN INSTRUMEN XRF

Rizki Wulandari

(Seksi Pelindungan, BPSMP Sangiran)

Abstrak

Fosil merupakan salah satu benda cagar budaya yang perlu dijaga kelestariannya karena memiliki nilai penting bagi ilmu pengetahuan, sejarah, serta kebudayaan. Salah satu lapisan tanah yang banyak mengandung temuan fosil adalah lapisan kabuh. Temuan fosil yang biasanya ditemukan pada lapisan kabuh adalah Bovidae, Suidae, Cervidae, Crocodylidae, dll. Kegiatan pelestarian cagar budaya sangat penting dilakukan khususnya melalui kegiatan konservasi. Metode konservasi dipilih berdasarkan jenis dan karakteristik fosil atau cagar budaya yang dihasilkan dari metode analisis yang bersifat non destruktif. Penggunaan XRF adalah salah satu metode yang dapat menganalisis unsur – unsur yang membangun material yang bersifat non destruktif dan kualitatif. Hasil pengujian sampel dari lapisan Kabuh menunjukkan beberapa kandungan unsur seperti Al, SiO₂, Ca, V, Mn, Fe. Kandungan Silika pada setiap unsur memiliki nilai rata- rata 20.96 % dan kandungan besi kandungan yang rendah berkisar 7,09 % - 18,53%. Kandungan silica yang menyebabkan munculnya endapan garam pada fosil, sedangkan kandungan besi yang rendah menyebabkan tidak sempurnanya proses fosilisasi pada fosil. Kedua hal tersebut menyebabkan tingkatnya pelapukan yang tinggi pada fosil.

Kata kunci: Lapisan Kabuh, Sangiran, XRF

Elemental Analysis on Fossil Weathering in Kabuh Layer by The XRF Instrument

Abstract

Fossil is one of cultural heritage object that needs to be preserved because of its value for science, history, and cultural heritage preservation. The most quantity of fossil remains in Sangiran Site are found in Kabuh Formation. Its consists of Bovidae, Suidae, Cervidae, Crocodylidae, etc. Conservation is an important activity to preserve the fossil. There are a lot of methods to conservation the fossil, one of them is non destruktif, it's based on type and characteristics of the fossil. XRF method is tool that can analyze the elements - elements that build material that is non destruktif and qualitative. The samples result from layers Kabuh are Al, SiO₂, Ca, V, Mn, Fe. It also showed low composition of silica has an average value of 20.96% and iron has ranged 7.09% - 18.53%. The low composition of silica cause the appearance of salt deposition in the fossil, whereas the low composition of iron causes in the complete of fossilization process. There thing will be causing weathering to the fossil.

Keywords: Kabuh Layer, Sangiran, XRF

I. Pendahuluan

Situs Sangiran mengandung kisah panjang mengenai evolusi lingkungan, budaya, fauna, dan manusia. Di lokasi ini merupakan salah satu pusat evolusi manusia purba, yang menorehkan cerita panjang tentang kehidupan manusia purba lebih dari 1 juta tahun yang lalu. Topografi Situs Sangiran berupa perbukitan yang terbentuk dari kubah raksasa yang tererosi puncaknya yang membentuk cekungan di bagian pusat kubahnya. Pada kenyataannya, Situs Sangiran tidak hanya menggambarkan tentang evolusi fisik manusia, tetapi juga memberikan gambaran tentang evolusi budaya, evolusi fauna, serta evolusi lingkungan selama lebih dari 1 juta tahun. Sehingga Situs Sangiran dianggap memberi aspek penting sebagai salah satu pusat informasi evolusi manusia purba di dunia.

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. Pada Kala Pleosen Bawah sekitar 1,8 juta tahun yang lalu diendapkan lahar vulkanik dan kemudian lempung hitam yang merupakan Formasi Pucangan. Endapan lahar ini telah mengubah lingkungan laut dalam menjadi lingkungan darat dengan mundurnya laut dari Sangiran dan terbentuknya rawa-rawa yang mendominasi kawasan Sangiran hingga periode 0,9 juta tahun yang lalu. Pada sekitar 0,9 juta tahun yang lalu terjadi erosi di Pegunungan

Selatan, material erosi tersebut berupa pecahan gamping dan krikil vulkanik terbawa ke Sangiran dan membentuk suatu lapisan yang keras yang di sebut *Grenzbank*. Pada periode berikutnya terjadilah letusan gunung di daerah sekitar Sangiran, yang memuntahkan jutaan kubik endapan pasir vulkanik kemudian diendapkan oleh aliran sungai yang akhirnya menutup lapisan *Grenzbank*. Dalam periode lebih dari 500.000 tahun dan meninggalkan endapan pasir fluvio-vulkanik setebal kurang lebih 40 m dan endapan tersebut disebut sebagai endapan Formasi Kabuh. Pada sekitar 250.000 tahun yang lalu, lahar vulkanik di endapkan kembali di daerah Sangiran yang juga mengangkut krikil hingga boulder batuan andesit. Pengendapan ini berlangsung cukup singkat sekitar 70.000 tahun, kemudian di atasnya diendapkan pasir vulkanik. Lapisan ini merupakan bagian dari Formasi Notopuro (Widianto. H, Simanjuntak. T, 2009).

II. Formasi Kabuh Sangiran

Formasi Kabuh dari Sangiran berupa persilangan konglomerat, batu pasir tuffan dan *tuff* bagian atas, dan lensa kalsirudit dibagian bawah. Formasi Notopuro (Qpn) berupa breksi lahar dibagian bawah, persilangan *tuff* dengan batu pasir tuffan dan dibagian atas berupa aluvium (Qa) berupa kerakal, kerikil, pasir dan lempung (Sukardi dan Budhitrisna, 1992). Dibawah Formasi Kabuh ditemukan lapisan batu pasir, konglomerat “calcareous” dengan ketebalan lebih dari 2 meter yang merupakan ciri lingkungan transisi antara lautan dan daratan (Devi Lestari. R, dkk,2012).

Kandungan fosil di Formasi Kabuh meliputi hewan vertebrata dan moluska air payau. Fosil vertebrata yang ditemukan antara lain :*Bovidae, Suidae, Cervidae, Crocodylidae*. Sedang fosil moluska air payau yang ditemukan meliputi *astartea, melania, dan corbicula*. Selain itu ditemukan pula fosil cetakan daun (Widiasmoro, 1982).

Fosil merupakan salah satu benda cagar budaya yang perlu dijaga kelestariannya karena memiliki nilai penting bagi ilmu pengetahuan, sejarah, serta kebudayaan. Untuk keperluan tindakan konservasi fosil atau cagar budaya dapat dilakukan dengan analisis non destruktif. Analisis ini dapat menghasilkan data yang akurat untuk keperluan tersebut (Cahyandaru,2014).

III. Penggunaan Metode Non Destruktif untuk Analisis Fosil di Situs Sangiran

Kegiatan pelestarian cagar budaya sangat penting dilakukan, salah satunya melalui kegiatan konservasi, metode konservasi dipilih berdasarkan jenis dan karakteristik cagar budaya. Perlu disadari bahwa pelaksanaan konservasi cagar budaya menjadi penting dalam

proses manajemen Sumber Daya Arkeologi. Dalam melaksanakan kegiatan konservasi cagar budaya perlu memahami permasalahan dari cagar budaya itu sendiri, sehingga dapat dirumuskan rencana kegiatan konservasi yang dilaksanakan. Permasalahan dalam konservasi antara lain cagar budaya mengalami pelapukan, patah, retak dan berlubang.

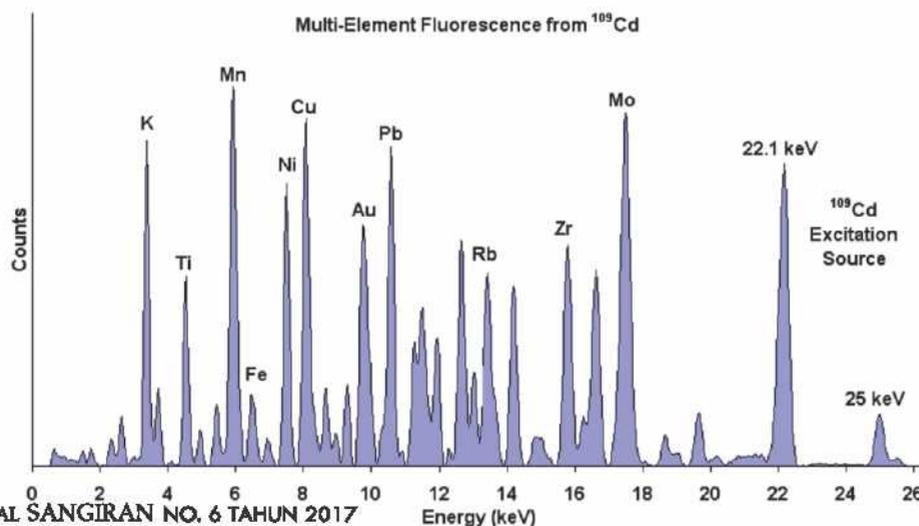
Menurut Aris Munandar “Konservasi adalah suatu tindakan pelestarian yang dilakukan dengan cara memelihara, mengawetkan benda cagar budaya dengan teknologi modern sebagai upaya untuk menghambat proses kerusakan dan pelapukan lebih lanjut.”

Pelapukan yang terjadi pada benda cagar budaya khususnya fosil dari Formasi Kabuh di Situs Sangiran menjadi salah satu permasalahan yang perlu ditangani dengan menggunakan metode konservasi yang tepat. Penanganan sampel ini dapat dilakukan dengan metode analisis yang bersifat non destruktif. Metode penanganan konservasi temuan fosil dari Formasi Kabuh diperoleh dari hasil analisis fisika, kimia serta sifat geologisnya. Proses deformasi disetiap lapisan tanah dan batuan tergantung pada besarnya gaya yang bekerja, seperti adanya perubahan fisis, komposisi batuan serta lingkungan tektonik dan waktu.

Penggunaan metode non destruktif yang tepat untuk menganalisis fosil salah satunya adalah dengan menggunakan metode XRF. XRF adalah salah satu metode yang dapat menganalisis unsur – unsur yang membangun material dengan dasar panjang gelombang dan jumlah interaksi sinar X-Ray yang di pancarkan dengan energi tinggi pada suatu material.

Analisis unsur dengan menggunakan XRF pada cagar budaya sebelumnya pernah dilakukan di Candi Mendut. Analisa yang dilakukan tersebut ternyata tidak merusak batuan. Dari hasil analisis yang dihasilkan berupa komposisi unsur dengan data yang bersifat kuantitatif. Hasil tersebut dapat menjadi landasan dalam mengkonservasi benda cagar budaya (Cahyandaru.N, 2014).

Berikut merupakan contoh hasil data analisis dengan pengujian sampel menggunakan XRF:

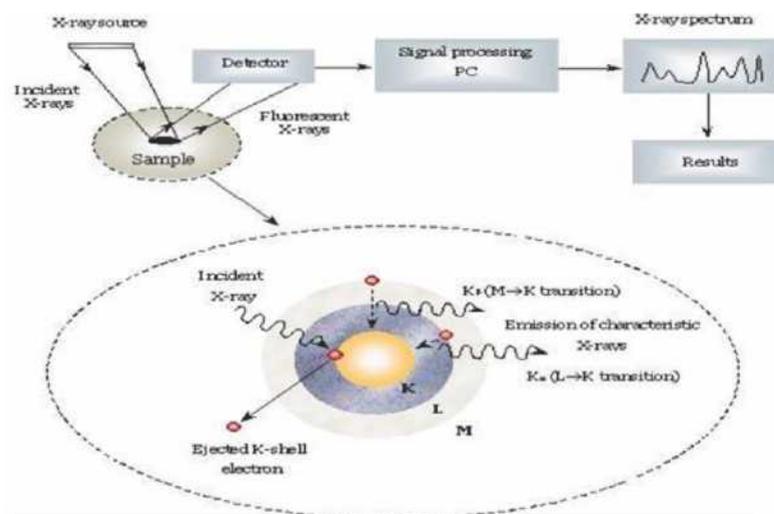


Gambar 1.
Contoh hasil
analisis XRF
(R. Crain, 2016)

Konservasi yang dilakukan Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran selama ini masih banyak kendala karena belum adanya pegangan yang baku dalam mengkonservasi fosil (Sukronedi, 2012). Untuk itu perlu dilakukan analisis unsur sebagai bahan kajian awal untuk menentukan bahan dan metode yang tepat dalam melakukan kegiatan konservasi yang berhubungan dengan pelapukan fosil pada setiap lapisan, khususnya pada Formasi Kabuh.

IV. XRF (X-Ray Fluorescence Spectrometry)

XRF (X-ray fluorescence spectrometry) merupakan teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi serta penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk, ataupun sample cair. X-Ray Fluoresensi (XRF) merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk analisis unsur dalam bahan secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, sedang analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standart karakteristik sampel (Kriswarini dkk, 2010).

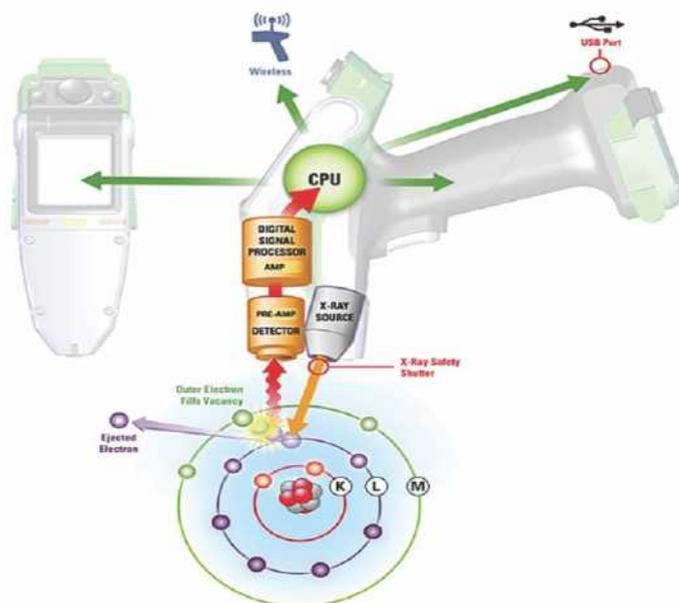


Gambar 2. Prinsip Kerja XRF (Kriswarini dkk, 2010).

V. Prinsip Kerja XRF

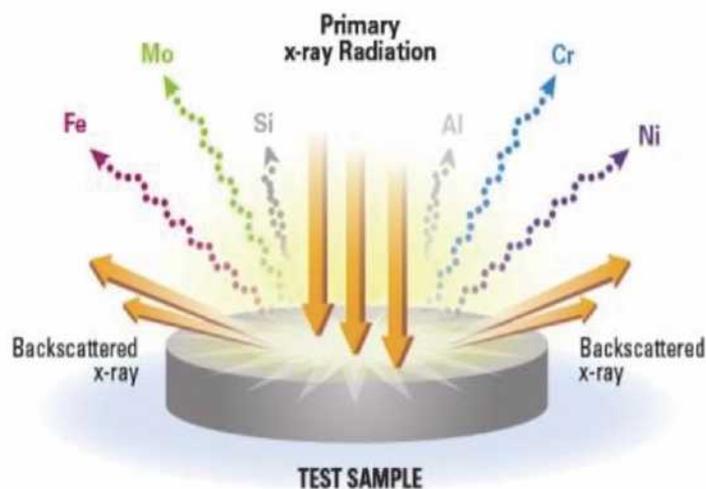
Apabila terjadi eksitasi sinar-X primer yang berasal dari tabung X ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar-X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material. Proses dimana sinar-X diabsorpsi oleh atom dengan mentransfer energinya pada elektron yang terdapat pada kulit yang lebih dalam disebut efek fotolistrik. Selama proses ini, bila sinar-X primer memiliki cukup energi, elektron pindah dari kulit yang di dalam menimbulkan kekosongan (Baiser, 1999).

Kekosongan ini menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil. Kebanyakan atom memiliki beberapa orbital elektron (K shell, L shell, M shell, misalnya). Sehingga sering terdapat istilah $K\alpha$ dan $K\beta$ serta $L\alpha$ dan $L\beta$ pada XRF. Jenis spektrum X ray dari sampel yang diradiasi akan menggambarkan puncak-puncak pada intensitas yang berbeda. Ketika energi X-Ray menyebabkan elektron untuk mentransfer masuk dan keluar dari inti atom, maka puncak dengan berbagai intensitas diciptakan dalam spektrum X-Ray, representasi grafis dari puncak intensitas sinar-X sebagai fungsi dari energi puncak. Energi puncak mengidentifikasi elemen, dan puncak intensitas yang tinggi pada umumnya menunjukkan konsentrasi emisi sinar-X. Emisi sinar-X dihasilkan dari proses yang disebut X Ray Fluorescence (XRF) (www.thermofisher.com, 2016).



Gambar 3. Prinsip Kerja XRF (www.thermofisher.com, 2016)

Analisis menggunakan XRF dapat dilakukan dengan metode kualitatif maupun kuantitatif. Analisis unsur secara kualitatif hanya memberikan informasi kandungan unsur suatu bahan yang dinyatakan dalam intensitas dengan satuan cps (*count per second*). Semakin besar intensitas yang muncul, maka semakin banyak kandungan unsur tersebut dalam suatu bahan.



Gambar 4. Analisa Unsur dengan XRF. (www.thermofisher.com, 2016)

Persyaratan bahan standar yang digunakan adalah bentuk, matrik dan kondisi pengukuran harus sama dengan bahan yang dianalisis. Analisis

secara kuantitatif dilakukan dengan cara mengkonversi hasil yang diperoleh dalam analisis kualitatif yang berupa intensitas dalam satuan cps menjadi satuan persentase berat atau ppm (*part per million*). Konversi satuan intensitas cpn menjadi persentase berat dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan yaitu :

$$C_{\text{sampel}}/C_{\text{standar}} = I_{\text{sampel}}/I_{\text{standar}}$$

$$C_{\text{sampel}} = I_{\text{sampel}}/I_{\text{standar}} \times C_{\text{standar}} \quad (1)$$

di mana:

C_{sampel} = konsentrasi bahan yang dianalisis/sampel (% berat, ppm)

C_{standar} = konsentrasi standar (% berat, ppm)

I_{sampel} = intensitas sampel (cps)

I_{standar} = intensitas standar (cps)

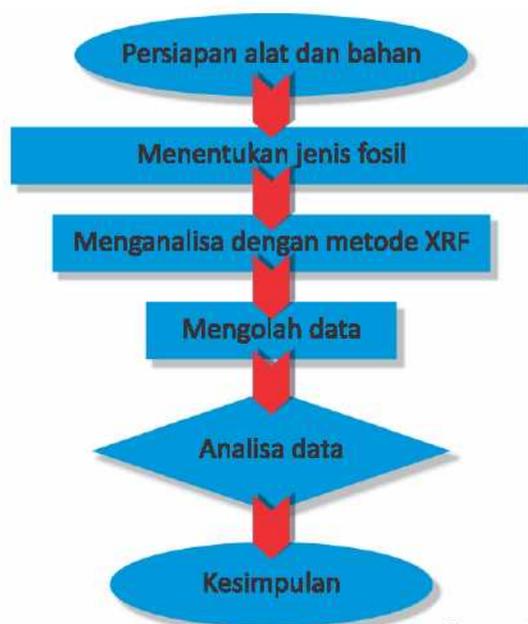
Intensitas sampel dan intensitas standar diperoleh dari hasil pengukuran, sedangkan konsentrasi standar diperoleh dari sertifikat. Dari korelasi persamaan di atas maka diketahui besar konsentrasi sampel yang dianalisis. (Smallman dan Bishop, 1999).

VI. Metode Penelitian

A. Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah cuplikan fragmen fosil dari lapisan Kabuh yang mengalami pelapukan.

B. Prosedur Kerja



Analisis Kandungan Fosil di Lapisan Kabuh dengan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) sesuai dengan ketentuan yang berlaku menurut SNI 13-3608-94. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kriswarini, dkk (2010) disebutkan bahwa dalam menganalisis suatu sampel, sebelumnya dilakukan preparasi, dimana permukaan bahan atau sampel yang akan dianalisis harus rata, halus, dan bersih.

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Persiapan alat dan bahan

Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian.

2. Menentukan jenis fosil

Menentukan jenis fosil yang akan digunakan untuk dianalisa sesuai dengan lapisannya.

3. Menganalisis Dengan metode XRF

Pemasangan Spesimen. Memasang spesimen uji pada spesimen holder agar diperoleh posisi yang tetap sehingga pengujian dapat dilakukan dengan mudah. Karakterisasi yang dilakukan yaitu XRF untuk menganalisa kandungan unsur pada material pembentuk Fosil.

4. Mengolah Data

Pencacahan Sinar-X pada Spesimen. Setiap unsur akan memancarkan sinar-X dengan energi karakteristik. Sifat karakteristik tersebut digunakan untuk analisis kualitatif. Energi sinar-X yang dipancarkan dideteksi dengan detektor penangkap sinar-X Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara menginterpolasi intensitas sinar-X suatu unsur pada kurva 39 kalibrasi standar.

5. Menganalisa Data

Menganalisa data dengan menggunakan komputer Olympus

VII. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran dan analisis data di Laboratorium di Balai Konservasi Borobudur dengan menggunakan metode non desdiktrif XRF (X-Ray Fluorescence). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unsur yang terkandung didalam fosil guna mengetahui tingkat pelapukan fosil dari Formasi Kabuh di Situs Sangiran. Pengambilan data dilakukan dari fosil yang ditemukan secara insitu di 5 titik temuan yang diambil secara random.

Sebagai langkah awal yang dilakukan sebelum analisis adalah dengan mengkondisikan alat XRF dengan mengkalibrasi alat sebelum digunakan. Kalibrasi yang dilakukan dengan menggunakan keping standart bawaan alat. Pengukuran unsur fosil

menggunakan medo “Soil- Plus” dengan menempelkan ujung alat ke sampel fosil kemudian posisi alat di tempelkan sampai posisi stabil kurang lebih 1 menit sampai proses pembacaan alat selesai.



Gambar 5. a. Proses Kalibrasi dengan sampel standar; b. Pembacaan sampel dengan alat XRF

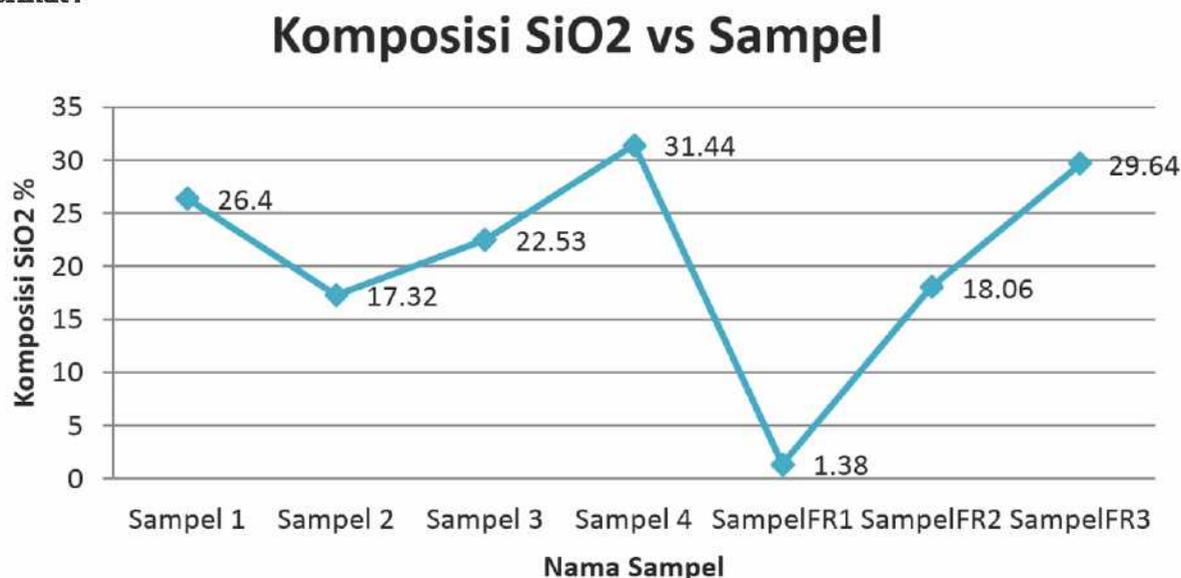
Setelah selesai pembacaan alat dilakukan penyimpanan data, dan hasil data disimpan dengan format Ms. Excel. Hasil ini sudah di konversi dari satuan intensitas cps ke satuan presentase.

Hasil yang didapat dari analisa XRF masih berupa data analog sebagai berikut:

Komposisi kimia	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	% komposisi		
				SampelFR1	SampelFR2	SampelFR3
Al	6,11	3,88	3,91	0,36	2,83	4,79
SiO₂	26,40	17,32	22,53	1,38	18,06	29,64
P	1,63	1,88	0,28	12,29	1,32	2,48
Ca	5,43	4,91	2,14	37,38	4,68	11,06
Ti	0,95	0,46	1,15	0,12	0,44	1,21
V	0,47	0,17	0,22	0,06	0,21	0,14
Mn	7,50	5,34	7,99	0,61	10,19	0,99
Fe	7,09	9,37	16,77	0,46	18,53	7,42

1. Kandungan SiO₂ dalam fosil

Dari tabel hasil analisa XRF dapat diketahui unsur SiO₂ dimana terdapat perbedaan persentase komposisi disetiap sampel. Silika merupakan salah satu unsur pembentuk batuan atau dalam hal ini fosil, maka dari itu dilakukan perbandingan kandungan silika dalam pembentukan fosil. Kandungan silika pada sampel yang di uji dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Gambar 6. Tabel Kandungan silika (SiO₂) pada setiap sampel fosil

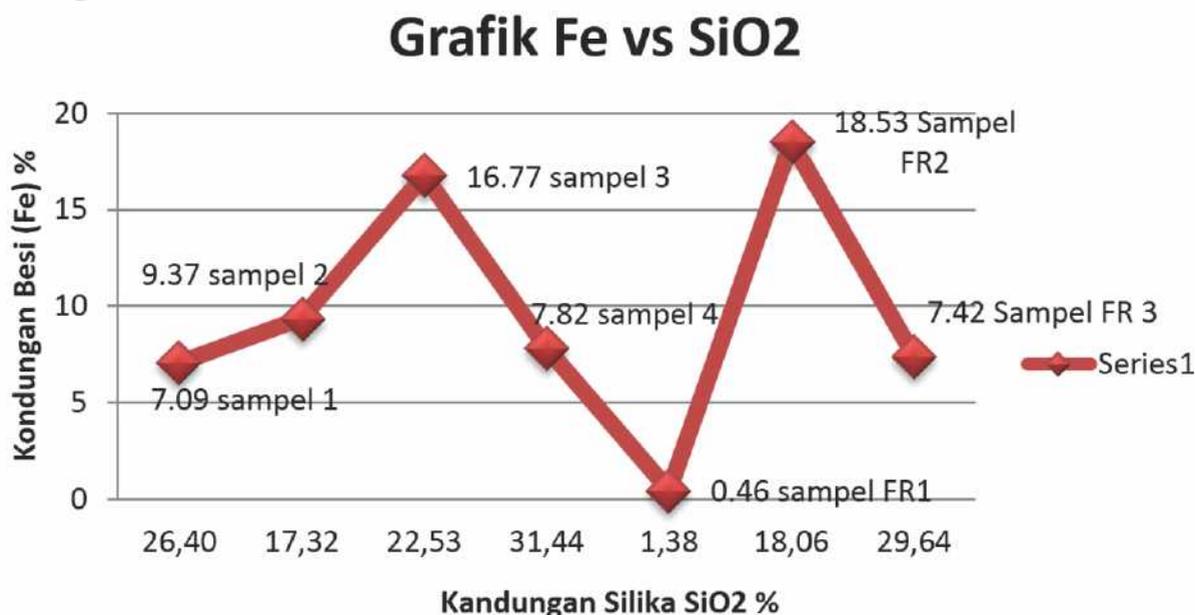
Dari grafik tersebut dapat diketahui tingkat keporosan dari sampel fosil di Formasi Kabuh dimana range komposisi SiO₂ rata-rata sekitar 20.96%. Dilihat dari sampel yang diuji diketahui hasil sampel FR1 memiliki nilai SiO₂ yang paling rendah yaitu 1,38 % dan Sampel 4 memiliki nilai SiO₂ yang paling tinggi dari ke tujuh sampel yaitu 31,4%. Maka dari itu dapat disebutkan bahwa kandungan silika pada fosil sampel yang diuji rendah. Karena pada ketujuh sampel yang diuji tidak terdapat sampel yang memiliki nilai kandungan SiO₂ lebih dari 50%. Jika fosil yang tersusun dari unsur yang memiliki kandungan silika rendah maka fosil telah mengalami pelapukan. Hal ini dapat terlihat bahwa pada sampel fosil terdapat endapan garam yang sangat tebal, endapan tersebut merupakan produksi dari proses pelapukan yang menyebabkan kandungan silika rendah.

2. Kandungan Besi (Fe)

Pada pembentukan fosil atau proses fosilisasi yaitu bergantinya zat organik pada makhluk hidup menjadi anorganik yang mengalami pengendapan unsur kimia silika dan besi. Pada proses ini unsur silika dan besi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap

pembentukan fosil secara sempurna ataupun tidak.

Kandungan besi yang dihasilkan dari analisis sampel fosil dari Formasi Kabuh dengan menggunakan XRF ditunjukkan pada grafik perbandingan kandungan besi terhadap kandungan silika berikut.



Gambar 7. Grafik perbandingan kandungan besi dan kandungan silika

Dari Grafik tersebut dapat dilihat bahwa kandungan besi pada sampel FR1 memiliki nilai kandungan besi sangat rendah yaitu 0.46%, dan pada sampel 3 memiliki kandungan besi paling tinggi dari ke tujuh sampel yang dideteksi oleh XRF sebesar 16,77%. Berdasarkan grafik pada gambar 7, terlihat bahwa kandungan besi pada setiap sampel rendah berkisar 7,09 % - 18,53%. Rendahnya kandungan besi pada setiap sampel fosil pada Formasi Kabuh ini menunjukkan tingginya kelapukan sampel fosil tersebut. Rendahnya kandungan besi pada sampel dimungkinkan karena adanya pertumbuhan organisme, dimana besi merupakan salah satu unsur metabolisme dalam pembentukan organisme yang mengakibatkan tidak sempurnanya proses pembentukan fosil karena adanya aktivitas organisme.

VIII. Penutup

1. Dari tujuh sampel fosil yang dianalisis menggunakan metode XFR didapat unsur-unsur penyusun fosil yaitu Al, SiO₂, Ca, V, Mn, Fe
2. Analisis dengan menggunakan metode XRF pada fosil yang lapuk dari Formasi Kabuh terdeteksi bahwa kandungan unsur SiO₂ dan Fe rendah, sehingga dapat

disimpulkan sementara bahwa pembentukan fosil atau proses fosilisasi tidak sempurna yang menyebabkan fosil mengalami pelapukan.

3. Analisis seperti ini dapat dengan sampel fosil pada lapisan-lapisan yang lain, sehingga didapatkan hasil yang lebih spesifik dari setiap lapisan di Situs Sangiran.

DAFTAR PUSTAKA

Aris Munandar.2016. *Dasar- Dasar Konservasi Cagar Budaya. Modul Materi Workshop Konservasi Fosil*. Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran.

Beiser, Arthur,1999. *Konsep Fisika Modern*. Erlangga: Ciracas-Jakarta

Cahyandaru, Nahar. 2014. *Penerapan NDT Untuk Analisis Pelapukan Cagar Budaya Menggunakan XRF Studi Kasus Candi Mendut*. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*. Magelang : Balai Konservasi Borobudur.

Devi, Lestari, dkk . 2011. *Situs Sangiran Sragen Jawa Tengah*. Laporan Kuliah Kerja Lapangan Mata Kuliah Geologi : Semarang. Universitas Negeri Semarang

Kriswarini, R., dkk., 2010. *Validasi Metoda XRF (X-Ray Fluorescence) Secara Tunggal dan Simultan Untuk Analisis Unsur Mg, Mn Dan Fe Dalam Paduan Aluminium*, Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.

R. Crain, 2015. *Crain's Petrophysical Handbook*. Crain's Petrophysical Pocket Pal. Canada

Smallman, R. E. dan R. J. Bishop, 1999, *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*, Butterworth-Heinemann, Oxford OX2 8DP.

Sukardi dan dan Budhitrisna, T. 1992. *Peta Geologi Lembar Salatiga, Jateng*. Pusat Penelitian dan Pengembangan: Bandung

Sukronedi. 2012. *Bahan Konservasi Fosil*. *Jurnal Sangiran 2*. Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran.

Widianto, H & Simanjuntak, T. 2009. *Sangiran Menjawab Dunia*. Sragen: Balai Pelestarian Situs Manusia Purba Sangiran

Widiasmoro,1982. *Lingkungan Pengendapan Formasi Pucangan dan Kabuh Serta Hubungan dan Penafsiran Daerah Pemukiman Phitecanthropus di Sangiran Jawa Tengah*. Jakarta: Proyek Penelitian Purbakala Departemen Pendidikan dan Kebudayaan

Http : www. www.thermofisher.com, 2016