



Artikel Penelitian

## Analisis Mineral dari Lumpur di Pulau Lusi sebagai Sumber Silika

Kafita Krisnatul Islamiyah\*, Muhammad Roy Asrori, Deni Ainur Rokhim, Zelen Surya Minata, Jacky Anggara Nenohai, Endang Ciptawati

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia, 65114

**INFO ARTIKEL****ABSTRAK****Riwayat Artikel**

Diterima 14 Februari 2023

Direvisi 16 Maret 2023

Tersedia *online* 31 Desember 2025

\* Email (penulis korespondensi):  
kaffkaff18@gmail.com

DOI: 10.18860/al.v13i2.20452

Lusi Island (Sidoarjo Mud) is an island that is used as a final disposal site for the Lapindo mudflow which is dumped into the Porong River. This island is used as evidence of the ecological phenomenon of the mudflow caused by exploration activities in the Porong area, Sidoarjo, East Java, which resulted in financial losses and casualties. The purpose of this article is to analyze the mineral content in the mud on Lusi Island so that it can be used in various fields according to its characteristics. The procedure is that the mud sample must be prepared in advance to become a fine powder. Then the samples were analyzed using XRD and XRF methods to identify the mineral content. Based on the analysis, it can be concluded that the Mud on Lusi Island has the potential to be used as a source of silica. The analysis using XRF and XRD shows that the mineral content in both places is relatively the same. The highest content of oxide compounds is silica with a percentage of 46.3% (in the middle of Lusi Island) and 44.7% (on the edge of Lusi Island, respectively). The results of the XRD analysis showed that the most dominant crystal phase in each sample was the quartz phase. The sludge sample must be treated to remove impurities; increase mineral purity; and increase absorption ability, so the minerals can be used optimally.

Keywords: Lapindo Mudflow, Lusi Island, Silica Minerals, Mineral Characterization

Pulau Lusi (Lumpur Sidoarjo) merupakan pulau yang dijadikan sebagai tempat pembuangan akhir aliran lumpur lapindo yang dibuang ke sungai porong. Pulau ini dijadikan sebagai salah satu bukti adanya fenomena ekologi semburan lumpur akibat kegiatan eksplorasi di daerah Porong, Sidoarjo, Jawa Timur yang mengakibatkan kerugian finansial maupun korban jiwa. Tujuan penulisan artikel ini untuk menganalisis kandungan mineral dalam lumpur di Pulau Lusi sehingga dapat dimanfaatkan di berbagai bidang sesuai karakteristiknya. Pertama-tama sampel lumpur harus dipreparasi terlebih dahulu hingga menjadi serbuk halus. Selanjutnya sampel dianalisis menggunakan metode XRD dan XRF untuk mengidentifikasi kandungan mineral baik dalam bentuk unsur maupun oksida. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan Lumpur di Pulau Lusi berpotensi dijadikan sebagai sumber silika. Hasil analisis menggunakan XRF dan XRD menunjukkan kandungan mineral di kedua tempat hampir sama, dimana oksida yang paling dominan adalah silika sebesar 46,3% (di tengah Pulau Lusi) dan 44,7% (di pinggir Pulau Lusi). Hasil analisis XRD menunjukkan Fase Quartz merupakan fase kristal paling dominan di setiap sampel. Agar mineral dapat dimanfaatkan secara optimal, maka sampel lumpur harus diolah untuk menghilangkan pengotor, meningkatkan kemurnian mineral, dan meningkatkan kemampuan absorpsi.

Kata kunci: Lumpur Lapindo, Pulau Lusi, Mineral Silika, Karakterisasi Mineral

### 1. Pendahuluan

Pulau Lusi merupakan suatu delta yang terletak di muara sungai Porong, Sidoarjo. Pulau ini terbentuk akibat endapan Lumpur Lapindo yang sengaja dibuang ke Sungai Porong dan terbawa arus sungai. Proses pengendapan lumpur lapindo yang cukup cepat mempengaruhi arah perkembangan dan luas wilayah pulau tersebut [1]. Pulau Lumpur Sidoarjo terbentuk

akibat dari semburan lumpur panas pada tahun 2006 di tempat pengeboran PT Lapindo Brantas yang berada di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Jawa Timur, menjadi salah satu bencana nasional yang berkelanjutan. Semburan Lumpur Lapindo telah menyebabkan kerugian finansial dan korban jiwa. Semburan ini menyemburkan lumpur dengan volume sebesar  $\pm 80.000 \text{ m}^3/\text{hari}$  dan volume lumpur sebesar  $\pm 60.000 \text{ m}^3$  dibuang ke laut melalui Sungai Porong [2][3][4].

Pembuangan lumpur lapindo ke Sungai Porong menimbulkan permasalahan seperti pendangkalan di area Sungai Porong. Selanjutnya pihak Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo memberi beberapa solusi dengan cara memindahkan lumpur ke bagian tengah sungai sehingga lumpur dapat terbawa aliran sungai. Solusi lain yakni dengan memindahkan lumpur di dasar Sungai Porong ke Pulau Lusi. Dalam sedimen lumpur diperkirakan memiliki kandungan mineral seperti Si dengan persentase yang cukup tinggi. Hal ini sebab diketahui dari hasil penelitian Ciptawati, dkk. (2022) bahwa kandungan silika di Lumpur Lapindo, Porong menunjukkan nilai yang besar yakni sebesar 45% [5]. Mineral tersebut sangat diperlukan dan memungkinkan bagi Pulau Lumpur Sidoarjo menjadi sumber mineral alternatif. Sebagai contoh, unsur silika (Si) dapat digunakan sebagai bahan keramik, semen, semikonduktor, sintesis *silicon*, dan panel surya. Silika dapat dijadikan sebagai bahan semikonduktor karena kapasitas silika sepuluh kali lebih tinggi dibandingkan kapasitas anoda grafit konvensional. Kapasitas spesifik tertinggi silika sebesar  $3.579 \text{ mAh g}^{-1}$  pada potensial rendah *charge/discharge* lebih besar dari 0,5 V dibanding  $\text{Li} / \text{Li}^+$  [6]. Selain itu, silika digunakan sebagai adsorben senyawa organik dan nanosilika digunakan dalam industri makanan seperti bahan *packaging*, *carrier nutrient*, dan sensor [5].

Mengingat potensi kandungan mineral yang tinggi di Pulau Lumpur Sidoarjo, maka fokus dari penelitian ini yakni melakukan analisis awal potensi lumpur di Pulau Lusi. Tujuan dari penelitian ini yakni menganalisis kandungan mineral lumpur di Pulau Lusi. Metode yang digunakan adalah dengan *X-ray Diffraction* (XRD) dan *X-ray Fluorescence* (XRF). Selanjutnya dilakukan kajian mengenai struktur (amorf atau kristal) mineral silika di pulau lumpur Sidoarjo. Hasil penelitian ini dimaksudkan untuk membagikan informasi ataupun wawasan kepada penduduk Kabupaten Sidoarjo bahwa mineral dari Pulau Lumpur Sidoarjo dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk bahan lanjutan.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades dan sampel lumpur di Pulau Lusi Sidoarjo yang diambil di lokasi yang berbeda yakni di tengah pulau dan pinggir pulau (mendekati daratan).

### 2.2 Metode

Sampel lumpur yang digunakan merupakan lumpur yang terdapat di Pulau Lusi yang terletak di Dusun Tlocor, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Sampel tersebut diperoleh dari dua lokasi pulau yang berbeda yakni di tengah pulau dan di pinggir pulau. Pada awal preparasi sampel dibersihkan dari sampah-sampah makro, seperti tutup botol, plastik, kain, sedotan, kayu, ranting pohon, daun, dan sejenisnya. Selanjutnya sampel dicuci dan direndam dengan akuades. Tujuannya untuk menghilangkan berbagai jenis pengotor. Sampel kemudian dikeringkan sampai kering lalu dihaluskan menggunakan mortar dan alu. Sampel yang sudah halus diayak menggunakan ayakan 100 mesh hingga diperoleh ukuran partikel yang homogen. Tahap akhir dari preparasi yakni karakterisasi sampel melalui pengujian XRD dan XRF.

Karakterisasi kandungan unsur dan oksida dalam sampel menggunakan XRF. Sampel (serbuk halus) dimasukkan ke *sample holder*, lalu diiradiasi oleh sinar-X. Data yang diperoleh berupa persentase (%) kandungan mineral unsur dan senyawa oksida dalam sampel di dua lokasi tersebut. Sementara itu karakterisasi kandungan mineral menggunakan XRD dengan cara sampel (serbuk halus) dimasukkan ke *sample holder*, lalu diratakan permukaannya dan di-*pressing* menggunakan alat *pressing*. Setelah itu sampel diiradiasi sinar-X dengan sumber radiasi tembaga (Cu) pada rentang sudut  $2\theta \text{ } 10^\circ - 90^\circ$  hingga terjadi difraksi dengan pola tertentu. Tahap terakhir yakni menganalisis data yang telah diperoleh dengan cara membandingkan nilai *d-spacing* sampel dengan data standar mineral yang sudah ada. Data yang diperoleh juga dapat dianalisis menggunakan aplikasi *Match*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Analisis mineral dalam sampel lumpur di Pulau Lusi dilakukan melalui dua pengujian, yakni analisis menggunakan XRF dan XRD.

### 3.1 Karakterisasi Hasil XRF

Tujuan analisis menggunakan XRF yakni untuk menganalisis kandungan unsur dan oksida-nya dalam sampel. Prinsip analisis XRF yakni adanya interaksi sinar X dengan atom-atom di permukaan sampel. Melalui analisis menggunakan metode ini, kandungan unsur dan senyawa oksidanya mampu dianalisis tanpa adanya perlakuan khusus namun hanya

membutuhkan perlakuan secara singkat dan minimal [7]. Metode XRF sering dimanfaatkan untuk analisis mineral, pasir, lumpur, dan batuan [8][9].

Hasil karakterisasi analisis menggunakan metode XRF pada sampel lumpur di Pulau Lusi diperoleh pada dua tempat yang berbeda, yakni di tengah pulau dan pinggir pulau. Hasil tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

**Tabel 1.** Hasil karakterisasi kandungan unsur sampel lumpur di Pulau Lusi menggunakan uji XRF

Unsur	Kadar unsur di tengah pulau (%)	Kadar unsur di pinggir pulau (%)
Al	12	13
Si	34,2	33,0
S	0,64	-
K	2,22	2,12
Ca	7,70	7,00
Ti	2,11	2,02
V	0,10	0,082
Cr	0,084	0,084
Mn	0,62	0,70
Fe	38,9	37,1
Cu	0,16	0,16
Zn	0,05	0,06
Mo	-	3,7
Eu	0,58	0,61
Re	0,3	0,2

Berdasarkan **Tabel 1**, menunjukkan kandungan unsur terbesar di kedua tempat pengambilan yakni relatif sama yaitu 38,9% besi (Fe) di bagian tengah pulau dan 37,1% Fe di bagian pinggir pulau. Kandungan terbesar kedua yakni silika (Si) sebesar 34,2% di bagian tengah pulau dan 33% di bagian pinggir pulau.

**Tabel 2.** Hasil karakterisasi kandungan senyawa oksida sampel lumpur di Pulau Lusi menggunakan uji XRF

Oksida	Kadar oksida di tengah pulau (%)	Kadar oksida di pinggir pulau (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16	17
SiO <sub>2</sub>	46,3	44,7
SO <sub>3</sub>	0,93	-
K <sub>2</sub> O	1,52	1,44
CaO	5,99	5,43
TiO <sub>2</sub>	1,88	1,80
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,097	0,077
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,064	0,065
MnO	0,40	0,45
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,6	25,6
CuO	0,090	0,089
ZnO	0,03	0,03
MoO <sub>3</sub>	-	3,3
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,34	0,39
Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	0,2	0,1

**Tabel 2** menunjukkan kandungan senyawa oksida terbesar di kedua tempat pengambilan yakni relatif sama yaitu 46,3% SiO<sub>2</sub> di bagian tengah pulau dan 44,7% SiO<sub>2</sub> di bagian pinggir pulau. Adanya kandungan besi tersebut menyebabkan lumpur di Pulau Lusi berwarna abu-abu kehitaman. Kandungan terbesar kedua yakni Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 26,6% di bagian tengah pulau dan 25,6% di bagian pinggir pulau.

Pulau Lusi (Lumpur Sidoarjo) merupakan suatu pulau yang dijadikan sebagai tempat pembuangan akhir aliran lumpur Lapindo yang dibuang ke sungai porong. Apabila dibandingkan antara kandungan unsur dan senyawa oksida di lumpur panas Sidoarjo dan lumpur di Pulau Lusi tidak jauh berbeda. Berdasarkan penelitian Ciptawati, dkk. (2021) kandungan unsur terbesar pertama dan kedua di Lumpur Panas Sidoarjo masing-masing yakni besi 33,9 % dan silika 33,0% (radius 1000 m). Sementara itu kandungan senyawa oksida terbesar pertama dan kedua di Lumpur Panas Sidoarjo masing-masing yakni SiO<sub>2</sub> sebesar 45,3% dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 23,7% (radius 1000 m) [5].

Tingginya kandungan silika pada sampel disebabkan karena fraksi yang terkandung dalam lumpur di daerah Sidoarjo yakni tanah liat dan pasir sebesar 60%, di mana fraksi pasir berupa mineral silika kuarsa dan fraksi liat berupa leburan

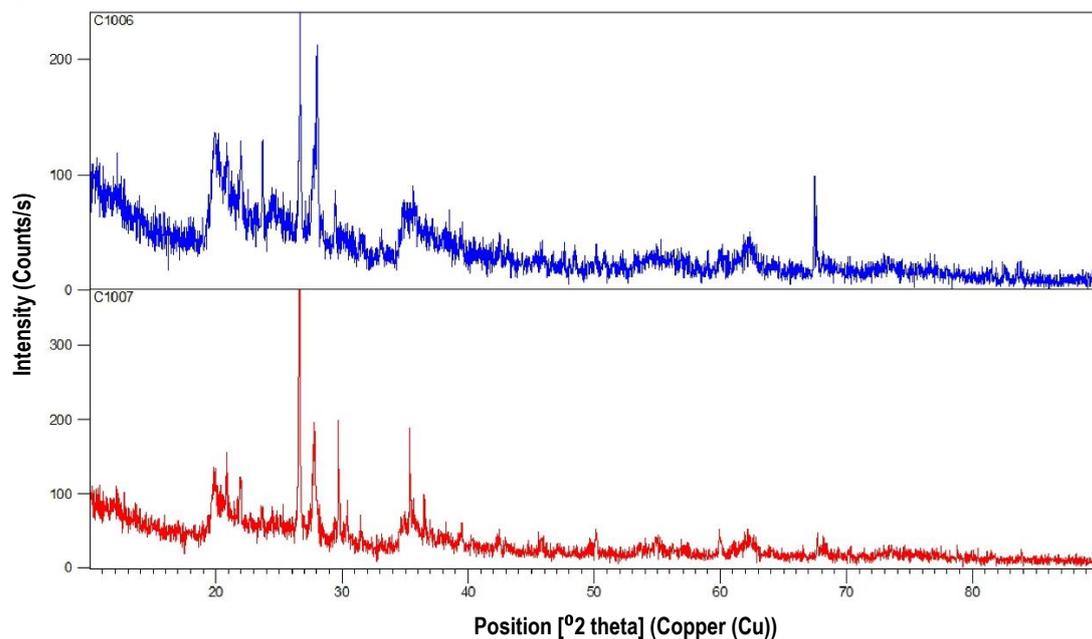
silika yang halus [10][11]. Tingginya kandungan  $\text{SiO}_2$  pada sampel lumpur di Pulau Lusi mengindikasikan bahwa lumpur di Pulau Lusi berpotensi dijadikan sebagai sumber Silika. Agar tingkat kemurnian silika yang diperoleh tinggi, maka diperlukan perlakuan berupa sintesis yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor dalam sampel.

### 3.2 Karakterisasi Hasil XRD

Analisis menggunakan metode XRD bertujuan untuk menganalisis kandungan mineral, fase, dan struktur kristal dalam sampel. Prinsip analisis XRD yakni difraksi cahaya melewati celah kristal. Selain itu metode XRD juga merupakan implementasi dari hukum Bragg, yakni adanya perbedaan lintasan berkas difraksi sinar X yang merupakan kelipatan panjang gelombang dengan rumus  $n\lambda = d \sin\theta$  [12]. Di mana:

- n: bilangan bulat
- $\lambda$ : Panjang gelombang sinar X
- d: jarak antar bidang
- $\theta$ : sudut difraksi

Pola difraktogram dari hasil analisis berupa deretan puncak-puncak difraksi di mana intensitas relatif sebesar  $2\theta$ . Tingkat intensitas tersebut disesuaikan dengan jumlah atom yang terkandung dalam sampel dan penyebarannya dalam sel satuan material [12]. Hasil karakterisasi XRD pada sampel lumpur di Pulau Lusi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Hasil analisis kandungan mineral dalam sampel lumpur di Pulau Lusi menggunakan uji XRD

Berdasarkan **Gambar 1**, puncak difraktogram memperlihatkan puncak kristalin yang tajam. Selain itu, terlihat juga puncak amorf yang lebar. Puncak kristalin ditunjukkan  $2\theta$  pada  $26,5^\circ$ ,  $28^\circ$ ,  $29,8^\circ$ ,  $35,3^\circ$ . Hasil analisis dengan *software* QualX menunjukkan bahwa difraktogram C1007 identik dengan referensi COD 00-046-1045 dan COD 00-033-1161. Referensi tersebut menunjukkan adanya silika. Sementara itu, difraktogram C1006 identik dengan referensi COD 00-033-1161 dan COD 00-046-1045. Referensi tersebut juga menunjukkan adanya silika. Berdasarkan referensi tersebut, fasa dalam kandungan silika penelitian ini adalah fasa Quartz.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kandungan mineral dari Lumpur di Pulau Lusi, dapat disimpulkan bahwa lumpur di Pulau Lusi berpotensi dijadikan sebagai sumber silika. Berdasarkan hasil analisis menggunakan XRF dan XRD kandungan mineral di kedua tempat hampir sama. Kandungan oksida paling dominan adalah silika sebesar 46,3% (di tengah Pulau Lusi) dan 44,7% (di pinggir Pulau Lusi). Hasil analisis XRD menunjukkan fase Quartz merupakan fase kristal paling dominan di setiap sampel. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan ekstraksi silika dengan kemurnian tinggi, sintesis zeolit, dan optimasi silika menjadi katalis.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Negeri Malang yang telah mendanai penelitian ini periode Tahun 2022.

## Daftar Pustaka

- [1] D. G. Pryambodo, J. Prihantono, and R. Akhwady, "Model Karakteristik Lapisan Bawah Permukaan Tanah Pulau Lusi Sidoarjo Jawa Timur Menggunakan Metode Geolistrik untuk Mendukung Wisata Bahari," *J. Kelaut. Nas.*, vol. 16, no. 1, pp. 45–54, 2021.
- [2] N. Herawati, "Analisis Risiko Lingkungan Aliran Lumpur Lapindo (Studi Kasus Sungai Porong dan Sungai Aloo - Kabupaten Sidoarjo)," *Univ. Diponegoro*, 2007.
- [3] D. A. Rokhim, "Sidoarjo Mudflow Electric (SMF-E): Optimalization of Sidoarjo Mudflow as an Electric Supplier Based on Electrochemical," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 5, no. 1, pp. 23–26, 2021, doi: 10.21070/r.e.m.v5i1.892.
- [4] T. Winarno, Y. B. A. Gunawan, and J. Marin, "Analisis Mineralogi dan Kandungan Kimia Endapan Lumpur Sidoarjo dan Pemanfaatannya," *Teknik*, vol. 40, no. 2, p. 91, 2019, doi: 10.14710/teknik.v39i3.21742.
- [5] E. Ciptawati *et al.*, "Analisis Kandungan Mineral Lumpur Panas Sidoarjo sebagai Potensi Sumber Silika dan Arah Pemanfaatannya," *IJCA (Indonesian J. Chem. Anal.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–28, 2022, doi: 10.20885/ijca.vol5.iss1.art3.
- [6] J. Liu, Z. Diao, X. Xu, and Q. Xie, "Science of the Total Environment Effects of dissolved oxygen , salinity , nitrogen and phosphorus on the release of heavy metals from coastal sediments," *Sci. Total Environ.*, vol. 666, pp. 894–901, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.288.
- [7] Jamaluddin, A. Darwis, and M. A. Massinai, "X-Ray Fluorescence (XRF) to Identify Chemical Analysis of Minerals in Buton Island, SE Sulawesi, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 118, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/118/1/012070.
- [8] L. Silvia *et al.*, "Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai di Kabupaten Pacitan dengan Metode Ekstraksi," *Semin. Nas. Edusainstek*, pp. 16–20, 2018.
- [9] Sumari, D. R. Baharintasari, M. R. Asrori, and Y. F. Prakasa, "Analisis Kandungan Pasir Pantai Peh Pulo kabupaten Blitar Menggunakan XRF dan XRD," *J. Fis.*, vol. 4, no. 2, pp. 52–55, 2019.
- [10] A. Juniawan, B. Rumhayati, and B. Ismuyanto, "The Effect of Carbon Organic Total and Salinity on The Discharge of Heavy Metals Pb and Cu in Lapindo Mud into The Aloo River," *J. Pure Appl. Chem. Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 41–50, 2012, doi: 10.21776/ub.jpacr.2012.001.01.105.
- [11] W. R. Tamara, S. Sumiyati, and I. M. A. S. Wijaya, "Analisis Kualitas Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Subak di Bali," *J. BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, vol. 8, no. 2, p. 358, 2020, doi: 10.24843/jbeta.2020.v08.i02.p21.
- [12] W. L. Bragg, "The Diffraction of Short Electromagnetic Waves by a Crystal, 17, 43–57 (1913). Communicated by Professor Sir J. J. Thomson. Read 11 November 1912.," in *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 1913, vol. 17, pp. 43–57, doi: 10.1016/b978-0-08-011999-1.50015-8.