

Komposisi Unsur dan Karakteristik Mineral Pasir Puya dari Sintang, Kalimantan Barat (Element Composition and Mineral Characteristic of Puya Sand from Sintang, West Kalimantan)

Duwan Agustina, Risa Nofiani, Imelda Hotmarisi Silalahi*

¹ *Department of Chemistry, Tanjungpura University, Indonesia*

*Corresponding author: imelda.h.silalahi@chemistry.untan.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 March
2021

Accepted 20 April
2021

Available online
21 April 2021

Keywords:

*Puya sand, zircon,
ilmenite, rare earth
element (REE),
hafnium, thorium*

ABSTRACT

Puya sand is a byproduct from local gold mining activities found in Sintang, West Kalimantan. Puya sand is usually left by the miners after the mining activity leaving a pile of abandoned sands. Mineral characterization conducted by using XRD and XRF methods demonstrated that the sand contains valuable elements and mineral, i.e. zircon silicate, quartz and ilmenite. A simple physical flotation separation method removed quartz remaining material containing concentrated zircon silicate. XRD analysis by using Search-Match followed by amount calculation by using Rietveld refinement showed that the sand consists of zircon silicate (58.3%), ilmenite (35.2%) and anatase (6.5%). Elemental analysis by using XRF presented the percentage of Zr, Ti, Fe and Si is 41.0, 23.9, 13.06 and 8.3, respectively. Hafnium with 1.5% was also observed along with Th, U and rare earth elements (REEs), such as Nd, Y, Eu, and Yb.

© 2021 IJoPAC. All rights reserved

1. Pendahuluan

Pasir puya (*tailing*) merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penggerusan batuan tambang yang mengandung bijih mineral. Mineral yang terkandung diantaranya pasir kuarsa, titanium dioksida, besi oksida, zirkon, dan mineral lainnya bergantung pada lokasi. Pasir puya umumnya hanya ditumpuk dan ditinggalkan oleh penambang karena dianggap limbah yang tidak dapat dimanfaatkan lagi sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Pasir puya yang diperoleh dari Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat adalah sisa penambangan emas lokal yang tampak seperti pasir kuarsa namun diperkirakan mengandung pasir zirkon dan pasir besi. Karakterisasi dan identifikasi pasir ini perlu dilakukan untuk menilai potensi pemanfaatan dan modifikasinya untuk meningkatkan nilai tambah limbah dari aktivitas penambangan tersebut.

Zirkon merupakan mineral utama dalam batuan beku (*igneous rocks*) dan batuan metamorfik (*metamorphic rocks*) dimana zirkonium adalah unsur penyusun struktur utama [1]. Batuan sedimen yang utamanya berasal dari proses pelapukan batuan beku dan metamorfik juga mengandung sejumlah besar fraksi zirkon. Zirkon dapat ditemukan bersama unsur-unsur U, Th, Hf dan unsur tanah jarang dimana konsentrasi unsur-unsur tersebut dalam zirkon memperlihatkan keterkaitan dengan geokronologi, perubahan lingkungan dan bidang tektonik dan litosferik [2, 3].

Pasir puya di Kereng Pangi, Kalimantan Tengah telah dilaporkan mengandung mineral utama zirkon (58%) dan silika (23%) [4]. Pasir puya yang diperoleh dari Tumbang Titi dan Mandor, Kabupaten Landak, Kalimantan Barat juga telah dilaporkan terdiri dari mineral dengan unsur-unsur

penyusun utama zirkonium, titanium, besi, silikon dengan unsur-unsur tanah jarang [5, 6].

Pada naskah ini dipaparkan komposisi unsur dan mineral dalam pasir puya yang diperoleh dari Desa Nanga Jetak, Dusun Lengkong, Kecamatan Dedai, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat. Komposisi unsur dan mineral dianalisis menggunakan metode XRF dan XRD.

2. Material dan Metode

2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan diantaranya peralatan gelas, peralatan mendulang, X-ray Diffraction (XRD) (Malvern PANalytical) dan X-ray Fluorescence (XRF) (PANalytical Epsilon 3).

2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir puya yang diperoleh dari Desa Nanga Jetak, Dusun Lengkong, Kecamatan Dedai, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat (0°00'19.0"S 111°38'36.9"E). Pasir ini langsung diambil dari tumpukan sisa penambangan emas.

2.3. Prosedur Kerja

2.3.1. Preparasi Sampel

Pasir puya dicuci di bawah air mengalir untuk menghilangkan kotoran kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Pasir dihaluskan menggunakan mortar, lalu diayak menggunakan ayakan 180 mesh. Serbuk yang lolos ayakan diambil kemudian dianalisis menggunakan XRF.

2.3.2. Pemisahan secara flotasi (pendulangan)

Flotasi (pendulangan) dimulai dengan memasukkan sebanyak 500 gram pasir puya ke dalam wajan, kemudian wajan yang berisi pasir puya direndam ke dalam baskom yang berisi air 10 L. Batas air untuk merendam wajan berisi pasir dipastikan tepat di bawah permukaan air baskom. Kemudian wajan digoyang hingga terpisah antara pasir berwarna putih dan berwarna hitam. Prosedur ini dilakukan hingga semua pasir putih tidak ada lagi. Selanjutnya pasir hitam yang telah terpisah dari pasir putih dikeringkan di bawah sinar matahari selama kurang lebih 8 jam lalu dilanjutkan pengeringan dalam oven. Pasir hitam selanjutnya digerus dengan mortar lalu diayak menggunakan ayakan 180 mesh dan padatan halus hasil ayakan kemudian ditimbang dan dianalisis secara XRF dan XRD.

2.3.3. Analisis XRD dan XRF

Data dari metode analisis XRF adalah konsentrasi dalam persentase yang dihitung sebagai unsur, oksida dari unsur-unsur dan dalam keadaan alami sampel. Komposisi maupun perbandingan konsentrasi unsur didiskusikan menggunakan data persentase unsur dengan cara:

$$\% \text{ Unsur} = \frac{A_r}{M_r}$$

$$\frac{\% \text{ Unsur}_1}{\% \text{ Unsur}_2} = \text{perbandingan konsentrasi unsur 1 dengan unsur 2}$$

Data XRD digunakan untuk menentukan jenis mineral fase kristalin dalam sampel. Analisis kualitatif dilakukan menggunakan aplikasi Match versi 3.11.3.192. Search-Matched menggunakan *reference database* COD-Inorg 2020.12.16, dengan FoM minimum: 0,60. Penghitungan jumlah fase kristal dari data XRD menggunakan metode Rietveld yang dihitung melalui aplikasi FullProf. Penghitungan ukuran kristal menggunakan persamaan Debye-Scherrer

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$

D : ukuran kristal

K : faktor bentuk kristal (0,9-1)

λ : panjang gelombang dari sinar-X (1,54056 Å)

β : nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM) (rad)

θ : sudut difraksi (derajat)

3. Hasil dan Pembahasan

Sampel pasir puya terlihat seperti campuran pasir putih dengan pasir berwarna gelap (Gambar 1). Komposisi unsur dalam pasir yang dianalisis menggunakan XRF diperlihatkan pada Tabel 1,

sedangkan perbandingan unsur-unsur dipaparkan pada Tabel 2. Data menunjukkan bahwa unsur-unsur penyusun utama pasir puya adalah Si dan Zr diikuti dengan unsur-unsur Ti dan Fe. Pasir puya juga mengandung unsur hafnium, unsur-unsur tanah jarang baik yang ringan, yaitu europium maupun yang berat, yaitu iterbium dan unsur radioaktif uranium dan torium.

Rasio Zr/Hf yang mencapai angka 31 menunjukkan karakteristik zirkon beku (*igneous zircon*). Zirkon adalah zirkonium ortosilikat, $ZrSiO_4$ dengan susunan stoikiometri 67,2% (berat) ZrO_2 dan 32,8% (berat) SiO_2 . Struktur zirkon terdiri dari dua sisi kation, yaitu sisi Si terkoordinasi empat dan sisi Zr terkoordinasi delapan terdistorsi. Unsur Zr dan Si adalah kation bervalensi empat dengan jari-jari ionik berturut-turut 0,26 Å dan 0,84 Å. Zirkon dapat larut dalam padatan (*solid-solution*) dengan hafnon, $HfSiO_4$. Persentase berat hafnon dalam sampel pasir puya adalah 0,464 – 1,097, termasuk dalam kisaran angka yang telah dibahas untuk berbagai zirkon beku dari berbagai area [1]. Rasio Th/U dalam pasir puya yaitu 2,85-4,3 merupakan karakteristik zirkon beku [1].

Tabel. 1. Komposisi Unsur dan Oksida Logam Pasir Puya dan Pasir Hitam Berdasarkan Analisis XRF

Unsur	Jumlah (%)		Oksida Unsur	Jumlah (%)	
	Pasir Puya	Pasir Hitam		Pasir Puya	Pasir Hitam
Mg	0.654	2.205	MgO	0.814	3.012
Al	2.996	1.195	Al ₂ O ₃	4.01	1.821
Si	41.83	8.276	SiO₂	58.053	13.817
P	0.916	1.139	P ₂ O ₅	1.252	1.966
S	1.948	0	SO ₃	2.548	0
K	0.356	0.094	K ₂ O	0.217	0.075
Ca	0.414	0.357	CaO	0.289	0.328
Ti	13.057	23.932	TiO₂	10.679	25.997
V	0.062	0.105	V ₂ O ₅	0.048	0.114
Cr	0.3	0.333	Cr ₂ O ₃	0.209	0.314
Mn	0.377	0.774	MnO	0.23	0.64
Fe	8.879	16.537	Fe₂O₃	5.948	15.09
Zn	0.016	0.02	ZnO	0.009	0.016
Sr	0.004	ND	SrO	0.002	ND
Y	0.199	0.298	Y ₂ O ₃	0.108	0.233
Zr	26.171	41.003	ZrO₂	14.598	33.854
Nb	0.005	0	Nb ₂ O ₅	0.003	0
Ag	0.658	1.436	Ag ₂ O	0.356	1.021
Nd	ND	0.471	Nd ₂ O ₃	ND	0.352
Eu	0.16	0.035	Eu ₂ O ₃	0.088	0.026
Yb	0.013	0.022	Yb ₂ O ₃	0.007	0.016
Hf	0.841	1.462	HfO₂	0.464	1.097
Pb	0.008	0.008	PbO	0.004	0.006
Bi	0.009	0.019	Bi ₂ O ₃	0.004	0.013
Th	0.094	0.228	ThO₂	0.046	0.16
U	0.033	0.053	U	0.014	0.033

Hafnium merupakan tanda terjadinya fraksional kristalisasi magmatik dimana peningkatan konsentrasinya menunjukkan terjadinya substitusi zirkon (Hf^{4+} mengganti Zr^{4+}). Dalam proses yang sama zirkon dapat juga tersubstitusi oleh U^{4+} , Th^{4+} , Ti^{4+} , Sn^{4+} [1, 3]. Ion Th^{4+} dan U^{4+} dengan jari-jari ion masing-masing 1,05 Å dan 1,00 Å adalah yang paling kompatibel dengan Zr^{4+} . Unsur tanah jarang dengan jari-jari ion yang dekat dengan Zr^{4+} yaitu unsur tanah jarang berat dengan ukuran kecil, seperti

Lu^{3+} (0,977 Å) dan Ce^{4+} (0,97 Å) dapat ditemui bersama dengan zirkon. Unsur tanah jarang ringan Eu juga umum ditemui dalam zirkon. Dalam sampel pasir puya jumlah total unsur tanah jarang mencapai 0,173%. Unsur-unsur Mg^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} dan Al^{3+} dapat berada dalam sisi antar lapisan fase kristal (*interstitial*) [7, 8].

Komposisi unsur dalam pasir puya dari Sintang, Kalimantan Barat ini memperlihatkan karakteristik pasir zirkon dengan tipe zirkon beku (*igneous zircon*) yang mengandung mineral zirkon, ilmenit dan kuarsa. Kandungan ini sesuai dengan observasi yang telah dilaporkan oleh Poernomo, dkk. dimana pasir zirkon dari Landak, Kalimantan Barat diperkirakan terdiri zirkon (ZrSiO_4), ilmenit (FeTiO_3), monasit ($\text{LREE, Th} \text{PO}_4$ (LREE: *light rare earth element*) dan senotim ($\text{HREE, Y, Th} \text{PO}_4$ (HREE: *heavy rare earth element*) [6].

Tabel 2. Perbandingan Persentase Mol Unsur-Unsur Berdasarkan Data XRF untuk Pasir Puya dan Pasir Hitam

Perbandingan unsur	Pasir Puya	Pasir Hitam
Zr/Si	0,62	4,95
Ti/Zr	0,49	0,58
Fe/Ti	0,68	0,69
Ti/Si	0,31	2,89
Zr/Hf	31	28
Th/U	2,85	4,3

Metode flotasi yaitu dengan cara mendulang dilakukan bertujuan untuk memisahkan pasir kuarsa dari pasir puya dengan prinsip pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenis (berat jenis pasir kuarsa 2,5-2,8 g/cm^3 , zirkon 4,4-4,7 g/cm^3 , ilmenit 4,9 g/cm^3). Pasir kuarsa memiliki densitas yang lebih kecil dibanding mineral yang lainnya sehingga selama proses pendulangan silika terpisah dan kandungannya dalam sampel menjadi berkurang (Tabel 1). Pendulangan ini menghasilkan pasir berwarna hitam yang disebut pasir hitam (Gambar 1). Pasir hitam yang diperoleh melalui pendulangan yaitu sekitar 30% (berat) kemudian dikarakterisasi menggunakan XRF dan XRD.

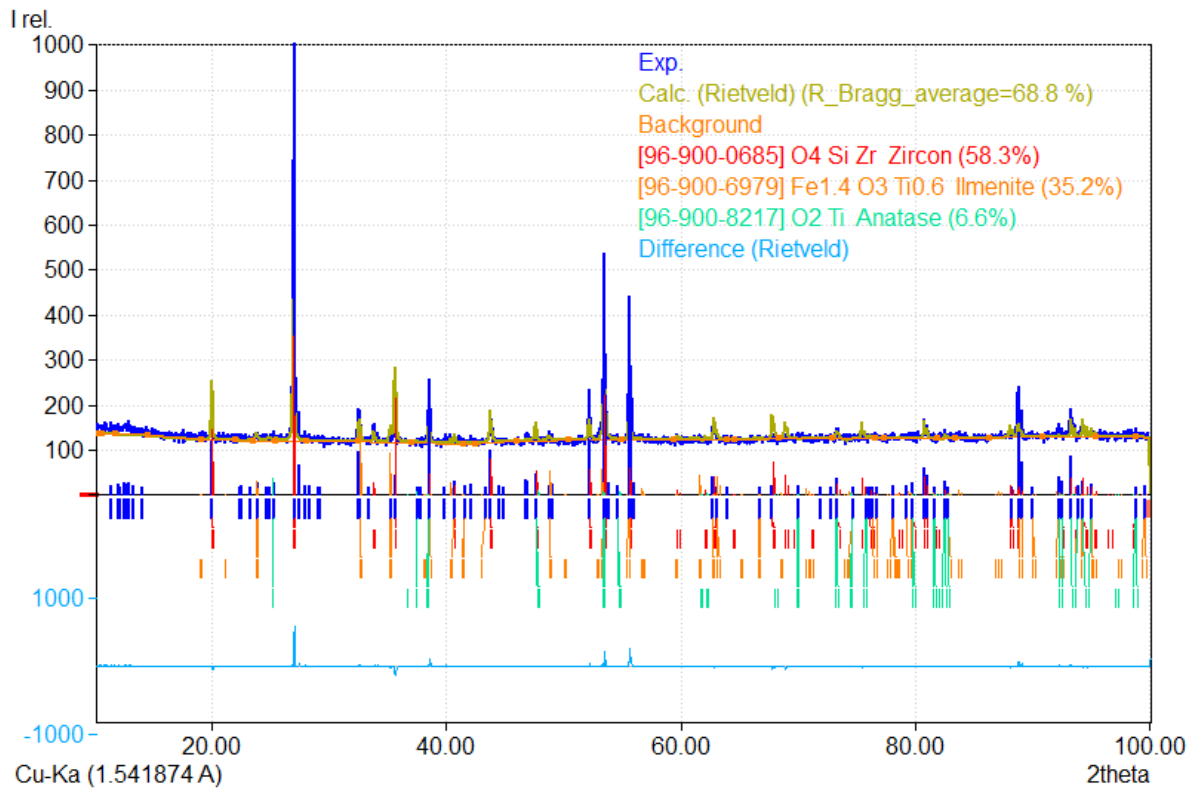


Gambar 1. a) pasir puya sebelum didulang, b) pendulangan pasir puya, c) pasir putih mulai terpisah dari pasir hitam, d) pasir hitam.

Data XRF pasir hitam (Tabel 1 dan Tabel 2) memperlihatkan perubahan persentase komponen unsur-unsur penyusun pasir seiring dengan penurunan kadar Si yang drastis. Rasio Zr/Si dan Ti/Si meningkat hingga delapan kali lipat, rasio Ti/Fe tidak berubah dan rasio Zr/Ti sedikit menurun mengindikasikan hilangnya silika dan mungkin sedikit zirkonia namun mineral yang mengandung besi dan titanium tetap. Hilangnya sedikit zirkonia ini juga tergambar dari rasio Zr/Hf yang menurun dari 31 menjadi 28. Persentase Ti, Fe dan Zr menjadi besar, sedangkan unsur-unsur ringan seperti K, Ca dan Al berkurang. Kadar Hf, Th dan U juga meningkat dengan berkurangnya silika dalam pasir hitam. Sejumlah kecil unsur perak diamati dalam pasir puya, kemudian kadarnya meningkat dalam pasir hitam. Keberadaan perak dalam pasir mungkin adalah ikutan dari unsur emas dimana pasir tersebut adalah limbah penambangan emas.

Analisis kualitatif mineral menggunakan data XRD menunjukkan bahwa pasir hitam mengandung zirkonium silikat (ZrSiO_4), ilmenit (FeTiO_3) dan anatase (TiO_2). Penghitungan kadar mineral mengikuti metode Rietveld memperlihatkan 58% fase kristalin ZrSiO_4 , 35% ilmenit dan 6% anatase (Gambar 2). Tiga puncak utama dalam fase kristalin ZrSiO_4 berada pada 2θ 26,95; 53,40; 55,56

dengan nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) sebesar 0,0525; 0,1050; 0,0525 dan parameter kisi $a = 6,6070\text{\AA}$ dan $c = 5,9820\text{\AA}$. Struktur kristal yang terbentuk adalah tetragonal dengan ukuran kristal sebesar 26,6 nm; 28,9 nm; 29,2 nm untuk 2θ 26,95; 53,40; 55,56, berturut-turut.



Gambar 2. Difraktogram XRD Pasir Hitam

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pasir puya yang diperoleh dari Sintang, Kalimantan Barat termasuk kategori pasir zirkon beku (*igneous zircon*) dengan komponen mineral utama zirkon (ZrSiO_4) dan pasir kuarsa bersama dengan mineral ilmenit dan sejumlah kecil anatase. Pasir ini mengandung unsur hafnium, torium, uranium dan unsur-unsur tanah jarang.

Daftar Pustaka

- [1] Hoskin, P.W.O. and U. Schaltegger, *The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis*. Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 2003. **53**(1): p. 27-62 DOI:10.2113/0530027
- [2] O'Hara, M.J., N. Fry, and H.M. Prichard, *Minor Phases as Carriers of Trace Elements in Non-Modal Crystal-Liquid Separation Processes II: Illustrations and Bearing on Behaviour of Re, U, Th and the Pge in Igneous Processes*. Journal of Petrology, 2001. **42**(10): p. 1887-1910 DOI:10.1093/petrology/42.10.1887
- [3] Carley, T.L., C.F. Miller, J.L. Wooden, I.N. Bindeman, and A.P. Barth, *Zircon from Historic Eruptions in Iceland: Reconstructing Storage and Evolution of Silicic Magmas*. Mineralogy and Petrology, 2011. **102**(1): p. 135 DOI:10.1007/s00710-011-0169-3
- [4] Suastika, K.G., K. Karelius, and I.N. Sudyana, *Characterization of Natural Puya Sand Extract of Central Kalimantan by Using X-Ray Diffraction*. Journal of Physics: Conference Series, 2018. **997**: p. 012038 DOI:10.1088/1742-6596/997/1/012038

- [5] Poernomo, H., Sajima, and N.D. Pusporini, *Synthesis of Zirconium Oxychloride and Zirconia Low Tenorm by Zircon Sand from Landak West Kalimantan*. Journal of Physics: Conference Series, 2020. **1436**: p. 012106 DOI:10.1088/1742-6596/1436/1/012106
- [6] Poernomo, H., D. Biyantoro, and M.V. Purwani, *Kajian Konsep Teknologi Pengolahan Pasir Zirkon Lokal Yang Mengandung Monasit, Senotim Dan Ilmenit*. 2016. **37**(2): p. 16 DOI:10.17146/eksplorium.2016.37.2.3054
- [7] Hoskin, P.W.O., P.D. Kinny, D. Wyborn, and B.W. Chappell, *Identifying Accessory Mineral Saturation During Differentiation in Granitoid Magmas: An Integrated Approach*. Journal of Petrology, 2000. **41**(9): p. 1365-1396 DOI:10.1093/petrology/41.9.1365
- [8] Hoskin, P.W.O. and T.R. Ireland, *Rare Earth Element Chemistry of Zircon and Its Use as a Provenance Indicator*. Geology, 2000. **28**(7): p. 627-630 DOI:10.1130/0091-7613(2000)28<627:reecoz>2.0.co;2