



KOMPOSISI UNSUR DAN KARAKTERISASI MINERAL MAGNETIK DALAM RED MUD, RESIDU BAUKSIT DI PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA (ICA) KALIMANTAN BARAT

(ELEMENTAL COMPOSITION AND MINERAL CHARACTERISTICS OF MAGNETIC RED MUD, BAUXITE RESIDUE AT PT. INDONESIA CHEMICAL ALUMINA (ICA), WEST KALIMANTAN)

Wanda Rossalina, Titin Anita Zaharah*, Imelda H. Silalahi

¹ Department of Chemistry, Tanjungpura University, Indonesia

*Corresponding author: titin.anita.zaharah@chemistry.untan.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29
September 2021
Accepted 31 October
2021
Available online
15 November 2021

Keywords:

red mud, elemental
composition, bauxite,
XRF, XRD

ABSTRACT

Red mud or commonly called bauxite residue potentially contained iron oxide and silica, is solid waste generated from the purification of bauxite into alumina through the Bayer process. The red mud was initially dried under the sun then was magnetically separated to give magnetic sand. The magnetic sand was neutralized using copious of water, refined and then characterized using XRF and XRD methods. The results show that the main elements contained in the magnetic sand from the red mud are silicon, aluminum, iron, titanium, and magnesium. XRD analysis using Search-Match followed by the calculation using Rietveld refinement showed that the sand consisted of ferrosillite (55.3%), hematite (33.9%) and ilmenite (10.7%). Elemental analysis using XRF showed the percentage of Fe 29.15%, Si 22.49%, Ca 3.19%, and Ti 2.92%, followed by other elements with low percentages.

© 2021 IJoPAC. All rights reserved

1. Pendahuluan

Kalimantan Barat merupakan wilayah yang memiliki potensi sumber bauksit yang tinggi. Salah satu industri yang melakukan aktivitas pertambangan dan pengolahan bauksit menjadi alumina yaitu PT Indonesia Chemical Alumina (ICA) berada di Tayan, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Pengolahan bauksit dilakukan melalui proses Bayer menghasilkan limbah lumpur halus berwarna merah kecoklatan, residu bauksit yang disebut red mud. Telah dilaporkan sebelumnya bahwa *red mud* memiliki pH sekitar 11-12 mengandung kadar natrium dan aluminium yang tinggi yang diukur dari air lindinya. Penetralkan red mud dengan sejumlah besar air gambut dapat menurunkan kadar natrium hingga 99% dan pH sekitar 7^[1].

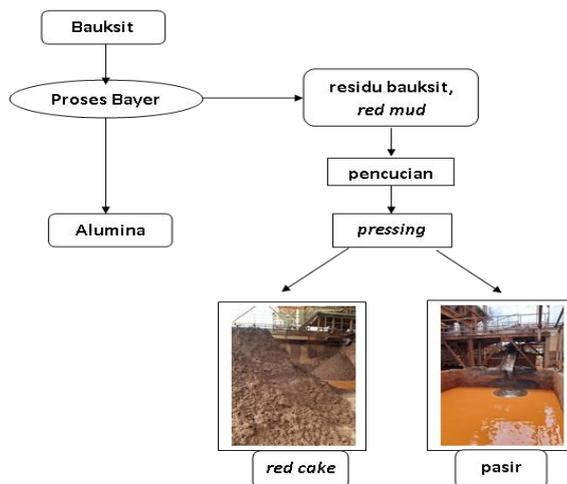
Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, sebelumnya red mud termasuk dalam kategori limbah B3 karena memiliki alkalinitas yang tinggi. Secara umum red mud ditampung dalam kolam-kolam penampungan terisolasi, dibiarkan terlindi secara alami oleh air hujan, kemudian air lindi akan mengalir ke kolam penampungan lain, demikian seterusnya hingga air lindi tersebut tidak lagi berbahaya lalu dialirkan ke lingkungan. Pada proses pengolahan tersebut, selain lindi, padatan red mud juga dihasilkan yang

disebut *red cake*. Padatan ini berpotensi mengandung mineral-mineral seperti mineral besi dan titanium yang dapat dipisahkan dan dimanfaatkan. Potensi pemanfaatan red mud telah dibahas dan dilaporkan sebagai sumber ion-ion logam^[2], material dalam proses konstruksi^[3], geopolimer maupun penggunaannya untuk memperbaiki kualitas tanah tercemar logam-logam berat^{[4][5]}.

Secara umum komposisi mineral red mud terdiri dari Fe_2O_3 30-60%, Al_2O_3 10-20%, SiO_2 3-50%, Na_2O 2-10%, CaO 2-8% dan TiO_2 dalam jumlah tidak lebih dari 25%^[4]. Komposisi ini sangat bervariasi di seluruh dunia tergantung pada asal bauksit. Fasa mineral utama dalam red mud dari proses Bayer secara umum adalah *gibbsite* ($\text{Al}(\text{OH})_3$), *boehmite* ($\gamma\text{-AlOOH}$), *hematite* (Fe_2O_3), *goethite* (FeO-OH), kuarsa (SiO_2), anatase (TiO_2), rutil (TiO_2), dan kalsit (CaCO_3) sedangkan kandungan mineral dalam red mud yang telah mengalami sintering umumnya adalah $\beta\text{-2CaO.SiO}_2$, kalsit (CaCO_3), aragonite (CaCO_3), hematit (Fe_2O_3), gipsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) dan perovskite (CaTiO_3)^[4]. Studi konsentrasi bijih bauksit asal Tayan Kalimantan Barat memperlihatkan kandungan Al_2O_3 61,24% dan SiO_2 27,9% sehingga termasuk dalam kategori bauksit gipsit.^[6] Analisis awal padatan red mud yang diperoleh dari PT. ICA menunjukkan kandungan Fe_2O_3 berkisar 29–42%, SiO_2 12–24%, TiO_2 1-2%, Na_2O 7-13%, dan mineral lainnya berkisar 10-22% yang diukur menggunakan Inductively Coupled Plasma (ICP).

Upaya pemanfaatan *red mud* telah dilakukan terus menerus melihat potensi jumlah yang dihasilkan dari Proses Bayer pengolahan bauksit yang mencapai dua kali lipat terhadap jumlah alumina yang dihasilkan. Di samping itu kandungan dan karakteristik red mud juga memiliki potensi untuk dapat diolah lebih lanjut atau langsung dimanfaatkan. Beberapa gagasan dan studi pemanfaatan red mud ini adalah pembuatan geopolimer, pembuatan oksida besi, penggunaannya sebagai katalis dan sebagai kondisioner tanah dengan pH rendah, misalnya tanah gambut^[7]. Ekstraksi alumina dari Red mud, residu bauksit yang berasal dari Kalimantan Barat, untuk membuat zeolit juga telah dilaporkan^[8].

Untuk merancang strategi pemanfaatan red mud, perlu diketahui informasi komposisi unsur dan jenis mineral yang terdapat dalam material tersebut. Oleh sebab itu dalam artikel ilmiah ini dipaparkan hasil analisis komposisi unsur dan jenis mineral dalam padatan red mud, residu bauksit dari Proses Bayer yang dikumpulkan dalam kolam penampungan di PT. ICA. Material sampel yang dibahas dalam tulisan ini adalah red cake yaitu red mud yang telah mengalami pencucian dalam kolam pertama yang ditampung dalam kolam kedua dan telah berbentuk padatan yang disebut red cake (Gambar 1). Diharapkan informasi ini akan dapat dimanfaatkan sebagai langkah awal untuk pemanfaatan residu tersebut.



Gambar 1. Diagram alur yang memperlihatkan sampel red cake yang diambil untuk penelitian

2. Metode

2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah desikator, mortar dan alu, magnetik stirrer, tanur, crucible porselen, magnet neodymium komersil (berbentuk persegi panjang dengan dimensi (4x2x1) cm³), magnet besi (bentuk kubus, dimensi (1x1x1) cm³, 5,644 gram), perangkat XRF Panalytical Epsilon 3 dan perangkat XRD Xpert Pro Panalytical PW30/40.

2.2. Bahan

Penelitian ini menggunakan red cake sebagai bahan utama (Gambar 1), diambil dari penampungan residu proses pengolahan bauksit di PT Indonesia Chemical Alumina (PT.ICA) yang terletak di Tayan, Kalimantan Barat. Sampel masih dalam keadaan basah, sehingga dilakukan pengeringan di bawah sinar matahari. Akuademineral digunakan untuk mencuci sampel.

2.3. Prosedur kerja

2.3.1 Proses pengeringan dan pengukuran pH

Sampel *red mud* dijemur selama 2 hari sampai benar-benar kering lalu dilakukan pengukuran pH terlebih dahulu. Pengukuran pH dilakukan dengan cara: 1 gram sampel kering dimasukkan dalam botol vial, selanjutnya ditambahkan akuades 5 mL, kemudian digoyang dengan penggoyang (*shaker*) kecepatan 150 rpm selama 60 menit. Setelah itu, campuran dalam botol diukur pH-nya menggunakan pH universal atau pH indikator menghasilkan pH 11. Campuran didiamkan selama 1 jam lalu pH diukur kembali, menunjukkan pH 11. Pengukuran pH dilakukan secara triplo.

2.3.2 Separasi magnetik dan penetralan red mud

Sampel kering 100 gram dalam wadah plastik ditarik menggunakan magnet kuat (magnet komersil neodymium menghasilkan 51 gram padatan magnetik. Kemudian sisa sampel yang tidak tertarik, ditarik menggunakan magnet besi memisahkan 15 gram padatan magnetik kuat. Kedua jenis padatan magnetik ini digabungkan untuk kemudian dinetralkan. Hasil pengukuran pH sampel magnetik ini adalah 11 sehingga dibiarkan dalam air mengalir hingga air lindiya netral. Padatan magnetik yang netral ini dicuci dengan akuademineral tiga kali (masing-masing 20 mL), kemudian dikeringkan di dalam oven menghasilkan padatan pasir sebanyak 33 gram, disebut pasir magnetik. Pasir magnetik ini digerus hingga diperoleh padatan dengan ukuran relatif homogen, lalu dilewatkan melalui ayakan dengan ukuran 200 mesh. Pasir magnetik dikarakterisasi menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui komposisi unsur dan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui jenis mineral.

2.3. Analisis data XRD dan XRF

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui jenis mineral. Analisis kualitatif dilakukan menggunakan perangkat lunak Match versi 3.11.3.192. Search-Match menggunakan *reference data base COD (Crystallography Open Database)* Inorg 2020.12.16. Jenis mineral yang diambil adalah mineral terkait yang memiliki FoM (*Figure of Merit*) minimum 0,60. Analisis diteruskan secara kuantitatif menggunakan aplikasi Fullprof berdasarkan Metode Rietveld sehingga diperoleh perkiraan persentase fasa kristalin mineral dalam pasir.

Data dari metode analisis XRF merupakan konsentrasi dalam persentase yang dihitung sebagai unsur, oksida dari unsur-unsur, dan dalam keadaan alami sampel.

3. Hasil dan pembahasan

Penelitian ini menggunakan sampel berupa *red mud*. Material awal dipisahkan menggunakan magnet permanen untuk memisahkan material yang bersifat magnetik dari material pasir non magnetik, misalnya silika dan alumina menghasilkan 66% material magnetik yang disebut pasir magnetik. Proses selanjutnya yaitu pencucian di bawah air mengalir sambil pH dipantau, menurunkan massa *red mud* sekitar 50% dari pasir magnetik hingga mendapatkan material dengan pH netral.

Didapatkan sebanyak 33% padatan yang disebut pasir magnetik dari jumlah *red mud* awal yang melalui proses magnetik separasi dan penetralan tersebut. Proses separasi magnetik bertujuan untuk memisahkan satu mineral atau lebih dengan mineral lainnya yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan dari mineral-mineral yang dipisahkan.^[9]

Hasil analisis komposisi unsur dalam pasir magnetik dari *red mud* menggunakan XRF diperlihatkan dalam Tabel 1, sedangkan analisis jenis mineral menggunakan XRD ditunjukkan dalam Gambar 2.

Table 1. Komposisi Unsur dan Oksida dalam Pasir Magnetik Berdasarkan Analisis XRF

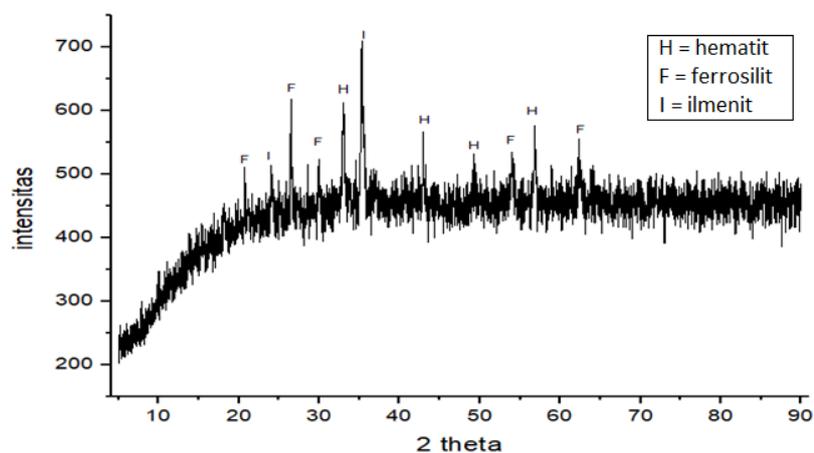
Unsur	Konsentrasi (%)	Senyawa (geologi)	Konsentrasi (%)	Senyawa (oksida)	Konsentrasi (%)
Mg	8.578	MgO	9.576	MgO	9.505
Al	22.847	Al₂O₃	27.149	Al₂O₃	26.915
Si	22.49	SiO₂	27.798	SiO₂	27.515
P	10.26	P ₂ O ₅	12.753	P ₂ O ₅	12.607
K	0.094	K ₂ O	0.058	K ₂ O	0.058
Ca	3.197	CaO	2.279	CaO	2.25
Ti	2.923	Ti	1.438	TiO₂	2.368
V	0.241	V	0.116	V ₂ O ₅	0.205
Cr	0.04	Cr	0.02	Cr ₂ O ₃	0.028
Mn	0.067	Mn	0.03	MnO	0.039
Fe	29.157	Fe₂O₃	18.733	Fe₂O₃	18.454
Eu	0.087	Eu	0.041	Eu ₂ O ₃	0.047
Yb	0.021	Yb	0.008	Yb ₂ O ₃	0.009

Hasil analisis XRF menunjukkan bahwa pasir magnetik ini masih mengandung unsur-unsur aluminium dan silikon yang relatif tinggi bersama dengan unsur besi. Dalam bentuk senyawa oksida kandungan silika dan alumina terlihat mendominasi yang mengindikasikan tingginya kadar silika dalam bijih bauksit. Bijih bauksit yang berasal dari Tayan, Kalimantan Barat, dilaporkan tergolong bauksit gipsit yang mengandung gipsit, kuarsa dan kaolinit.^[6]

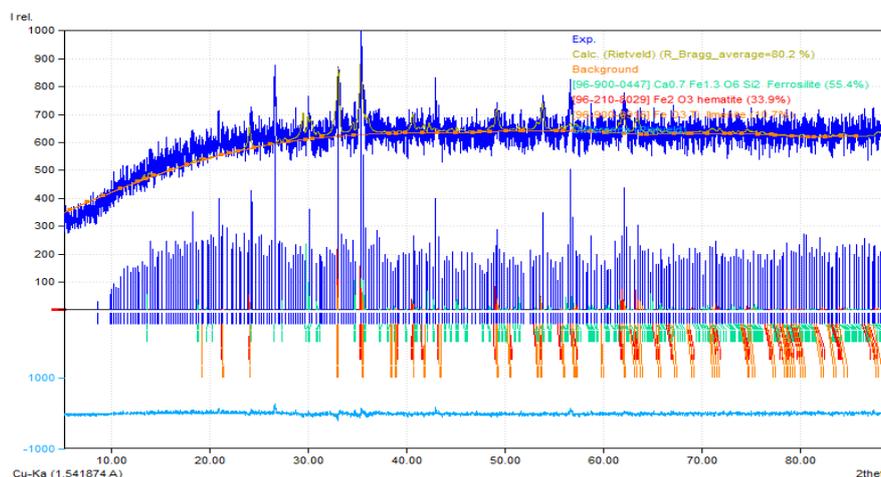
Selanjutnya pasir magnetik dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui jenis fasa kristalin yang terkandung dalam sampel, ditentukan pada sudut difraksi 2θ : 5 - 90°. Difraktogram pasir magnetik diperlihatkan dalam Gambar 2. Karakterisasi jenis mineral dilakukan dalam perangkat lunak *Match 3* melalui pencocokan data XRD dengan data COD, kemudian diambil jenis mineral dengan nilai *Figure of Merit* (FoM) paling kecil 0,6. Dari hasil pencocokan antara data dari pengukuran dengan basis-data diperoleh bahwa area puncak difraktogram yang termasuk dalam fasa kristalin adalah 1,14% yang terdiri dari tiga jenis mineral dengan FoM paling tinggi, yaitu mineral hematit (Fe₂O₃) dengan puncak difraktogram 0,38%, ferosilit (FeSiO₃) 0,38% dan ilmenit (FeTiO₃) 0,38%. Tiga puncak utama dalam fasa kristalin FeSiO₃ berada pada sudut $2\theta = 20,20^\circ$ dengan (d-space 4,3750 Å dan hkl 101), $2\theta = 29,63^\circ$ (d-space 3,0146 Å dan hkl 221), dan $2\theta = 54,26^\circ$ (d-space 1,6906 Å dan hkl 042), dengan nilai FoM 0,8072 memiliki sistem kristal monoklinik berdasarkan basis data COD No.96-900-0447. Puncak utama fasa kristalin Fe₂O₃ adalah 2θ 33,04°, 57,81°, 69,82° dengan nilai FoM 0,8166. Sedangkan puncak utama fasa kristalin ilmenit adalah 2θ 35,63°, 60,27°, 63,74° dengan nilai FoM 0,8263.

Analisis semi-kuantitatif yang dapat memperkirakan persentase fasa kristalin dalam sampel dilakukan menggunakan aplikasi Fullprof yang didasarkan pada metode Rietveld dilanjutkan dengan Rietveld *refinement*. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari profil difraksi keseluruhan sebesar 100%,

hanya 3,68% yang menghasilkan puncak-puncak difraksi sedangkan 96,32% merupakan radiasi latar belakang, sehingga sampel tersebut tergolong amorf. Hasil analisis memperlihatkan bahwa dari seluruh fasa kristalin yang terekam, terdapat mineral ferrosilit sebesar 55,4%, hematit sebesar 33,9% dan ilmenit sebesar 10,7% (Gambar 3). Keberadaan ilmenit dapat diharapkan sesuai dengan hasil analisis XRF dimana pasir magnetik ini mengandung unsur Ti sekitar 2,9%. Keberadaan unsur ini dalam residu bauksit juga diharapkan mempertimbangkan bahwa unsur titanium berada bersama dengan unsur-unsur dari golongan alkali, alkali tanah, aluminium dan silikon termasuk golongan mineral *lithophile* sesuai klasifikasi mineral Goldschmidt, umumnya bersenyawa dengan oksida^[10]. Karakteristik mineral dalam pasir magnetik yaitu ferrosilit dan hematit juga bersesuaian dengan komposisi senyawa dan unsur hasil analisis XRF dimana unsur penyusun mineral ini yaitu besi, silikon, terdapat sebagai unsur dengan kadar paling tinggi. Mineral alumina tidak dapat teridentifikasi dalam difraktogram XRD pasir magnetik, kemungkinan karena senyawa ini terdapat dalam bentuk amorf aluminium oksida, residu dari pengolahan bauksit melalui proses Bayer.



Gambar 2. Difraktogram XRD pasir magnetik dari red cake



Gambar 3. Difraktogram XRD pasir magnetik dianalisis menggunakan Match 3

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis senyawa dan jenis mineral dapat disimpulkan bahwa pasir magnetik dari red mud residu bauksit, yang telah dinetralkan dan dipisahkan dari material non-magnetik masih berada dalam campuran senyawaan dari besi, aluminium dan silikon, dimana fasa kristalinnya terdiri dari mineral ferrosilit, hematit dan ilmenit. Pasir ini belum didominasi oleh senyawa atau mineral tertentu namun potensial sebagai sumber besi oksida dan silika. Potensi lain yang dapat dilihat berdasarkan analisis senyawa ini adalah terdapatnya mineral ilmenit meskipun hanya dalam jumlah di

bawah 5%. Ilmenit dapat dimanfaatkan sebagai sumber senyawa titanium dioksida. Namun meskipun pasir ini masih merupakan campuran, metode pemisahan yang dapat memisahkan silika dengan besi oksida akan menjadi krusial dalam pemanfaatan red mud, residu bauksit yang berasal dari Tayan, Kalimantan Barat.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada PT. Indonesia Chemical Alumina yang telah menyediakan sampel dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Maya Santi, Netralisasi Air Lindi Residu Bauksit (Red Mud) dengan Menggunakan Air Gambut *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 2019. 4: p. 76 DOI:10.26877/jitek.v4i2.3109
- [2] Sneha Samal, Utilization of Red Mud as a Source for Metal Ions—A Review. *Materials*, 2021. 14: p. 2211 DOI:10.3390/ma14092211
- [3] Raxak Thakor, Amitkumar Raval, and Dr Jayeshkumar Pitroda, UTILIZATION OF INDUSTRIAL WASTE MATERIAL RED MUD: A REVIEW 2019.
- [4] Harekrushna Sutar, Subash Mishra, Santosh Sahoo, Ananta Prasad Chakraverty, and Himanshu Maharana, Progress of Red Mud Utilization: An Overview. *American Chemical Science Journal*, 2014. 4: p. 255-279
- [5] Luu Duc Hai, Nguyen Manh Khai, Tran Van Quy, and Nguyen Xuan Huan, Material Composition and Properties of Red Mud Coming from Alumina Processing Plant Tanrai, Lamdong, Vietnam. *International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences*, 2014. 1(6): p. 7
- [6] Christin Palit and Suliestyah Suliestyah, Studi Konsentrasi Pada Bauksit Asal Tayan Dengan Menggunakan Metode Flotasi Kebalikan. *Jurnal Geomine*, 2020. 8(2): p. 9 DOI:https://doi.org/10.33536/jg.v8i2.559
- [7] Arya Fitra Jaya, Monika Pasuria Rumapea, and Noor Kharismawan Akbar. Implementasi Integrasi Proses Pengolahan Bauksit dan Pemanfaatan Red Mud di Tayan, Kalimantan Barat untuk Indonesia Maju 2045. in *TPT XXIX PERHAPI 2020*. 2020.
- [8] Muchtar Aziz, Ekstraksi Alumina dari Residu Bauksit untuk Bahan Baku Zeolit Sintesis dengan Produk Samping Konsentrat Besi. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 2010. 9(2): p. 7
- [9] Cahyono, Stefanus S., Syahfri Ildrem, and Johannes Hutabarat, Peningkatan Mutu Biji Bauksit Tayan Menggunakan Pemisah Magnetik. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 2019. 15: p. 23
- [10] V. M. Goldschmidt, The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. The seventh Hugo Müller Lecture, delivered before the Chemical Society on March 17th, 1937. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 1937(0): p. 655-673 DOI:10.1039/jr9370000655