

PENINGKATAN MUTU BIJIH BAUKSIT TAYAN MENGUNAKAN PEMISAH MAGNETIK

Upgrading Tayan Bauxite Ore Using Magnetic Separator

STEFANUS S. CAHYONO^{1,2}, ILDREM SYAFRI² dan JOHANES HUTABARAT²

¹ Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623 Bandung 40211
Telp. (022) 603043, Fax. (022) 6003373
e-mail: stefanus.suryo2017@gmail.com

² Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor,
Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

ABSTRAK

Sumberdaya bauksit yang ada di Tayan, Kalimantan Barat belum dimanfaatkan secara optimal dan perlu dilakukan peningkatan nilai tambah bauksit melalui proses pencucian dan pengolahan, sehingga perlu dilakukan pengkajian peningkatan mutu bijih bauksit. Percontoh bijih bauksit yang diambil dari daerah Tayan memiliki kadar SiO₂ total 11,55%, Al₂O₃ 43,64%, Fe₂O₃ 9,63%. Proses peningkatan mutu (*upgrading*) bijih bauksit bertujuan untuk menaikkan kadar bauksit agar memenuhi persyaratan alumina di atas 51% Al₂O₃, maksimum 3% SiO₂ dan maksimum 7% Fe₂O₃ untuk bahan baku alumina. Tahapan proses *scrubbing* meliputi pemercontohan, *scrubbing*, pengayakan, pengeringan, penimbangan, penggerusan, pemisah magnetik dan analisis kimia. Parameter mutu yang digunakan untuk menilai keberhasilan adalah persen kumulatif ukuran butiran +2 mm (+10 mesh), perolehan Al₂O₃, kadar SiO₂ total, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Uji coba proses pencucian-magnetik separator ini telah memberikan hasil yang baik ditinjau dari peningkatan kadar Al₂O₃ dan perolehan Al₂O₃. Kadar Al₂O₃ hasil uji coba berkisar antara 57,29-59,78% dengan perolehan berkisar 69,67-85,58%. Bauksit tercuci-magnetik separator yang dihasilkan telah meningkatkan mutu bijih bauksit sebagai bahan baku pembuatan alumina melalui proses Bayer.

Kata kunci : bauksit, *upgrading*, *scrubbing*, pemisah magnetik, konsentrat alumina.

ABSTRACT

Bauxite resources in Tayan, West Kalimantan have not been used optimally and it is necessary to increase the added value of bauxite through washing and processing processes so that an assessment of the quality of bauxite ore needs to be carried out. Bauxite ore samples taken from the Tayan area have a total SiO₂ content of 11.55%, Al₂O₃ 43.64%, Fe₂O₃ 9.63%. The upgrading process of ore is aimed at increasing bauxite grade to meet alumina requirements above 51% Al₂O₃, maximum 3% SiO₂ and a maximum of 7% Fe₂O₃ for alumina raw materials. The stages of the scrubbing process include sampling, scrubbing, screening, drying, weighing, grinding, magnetic separator and chemical analysis. The quality parameters used to assess the results are percent cumulative grain size +2 mm (+10 mesh), Al₂O₃ recovery, the total content of SiO₂, Al₂O₃, and Fe₂O₃. Magnetic separation and

washing processes have given good results in terms of increasing Al_2O_3 grade and recovery of Al_2O_3 . The grade resulted from the experiment in the range of 57.29 to 59.78% of Al_2O_3 with the Al_2O_3 recovery ranging from 69.67 to 85.58%. The washed-magnetic separation process has improved the quality of bauxite ore as raw material for making alumina through the Bayer process.

Keywords: bauxite, upgrading, scrubbing, magnetic separator, alumina concentrate.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumberdaya bijih bauksit yang melimpah sebesar 3.617.770.882 ton dengan jumlah cadangan sebesar 1.257.169.367 ton berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) (Pusat Sumber Daya Geologi, 2015). Sumberdaya bauksit tersebut selama ini belum dimanfaatkan secara optimal dan perlu dilakukan peningkatan nilai tambah bijih bauksit melalui proses pencucian, pengolahan dan pemurnian.

Dengan adanya Peraturan Menteri ESDM No. 05 tahun 2017 tentang peningkatan nilai tambah bijih bauksit maka untuk memenuhi kebutuhan PT. Inalum, bijih bauksit tersebut perlu dilakukan pencucian, pengolahan dan pemurnian (Bott dan Langeloh, 2015). Salah satunya aluminium *smelter* di Indonesia milik PT. Inalum masih mengimpor alumina, produk lanjutan dari bauksit. Bauksit hasil pencucian digunakan untuk mendapatkan bahan baku alumina, sebagian lainnya untuk bahan abrasif, semen, refraktori dan bahan kimia antara lain tawas, fero sulfat, besi klorida, poli aluminium klorida (PAC), dan poli aluminium silikat sulfat (PASS) yang banyak dimanfaatkan pada penjernihan air di PDAM dan industri (Passos dan Rodrigues, 2016; Gupta, 2017; King, 2017).

Bauksit sebagai bahan baku untuk pembuatan alumina yang selanjutnya digunakan sebagai bahan pembuatan logam aluminium memiliki persyaratan alumina di atas 51% Al_2O_3 , maksimum 3% SiO_2 dan maksimum 7% Fe_2O_3 ; untuk bahan baku kimia (*chemical*) kandungan alumina lebih dari 58%, kandungan oksida besi serendah mungkin (Husaini *dkk.*, 2014).

Proses peningkatan kadar dari bijih bauksit alumina umumnya didahului dengan peremukan yang dilanjutkan dengan *scrubbing*

dan pengayakan untuk menurunkan silikanya dan membersihkan *slime* yang melekat pada bauksit (Smith, 2008; Nandi, Mahadevan dan Ramachandran, 2012). Tujuan penelitian ini untuk menaikkan kadar bauksit agar memenuhi persyaratan alumina di atas 51% Al_2O_3 , maksimum 3% SiO_2 dan maksimum 7% Fe_2O_3 untuk bahan baku alumina. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Puslitbang tekMIRA.

METODE

Bahan baku bijih bauksit yang digunakan untuk percobaan berasal dari daerah Tayan, Kalimantan Barat. Gambar 2 menunjukkan fotomikrograf percontoh bauksit Tayan, tampak mineral gipsit, magnetit, hematit, limonit dan hematit, membentuk urat-urat yang terdapat di dalam bongkah bauksit. Selain itu terkandung pula mineral kuarsa, mika dan lempung yang berikatan dengan gipsit.

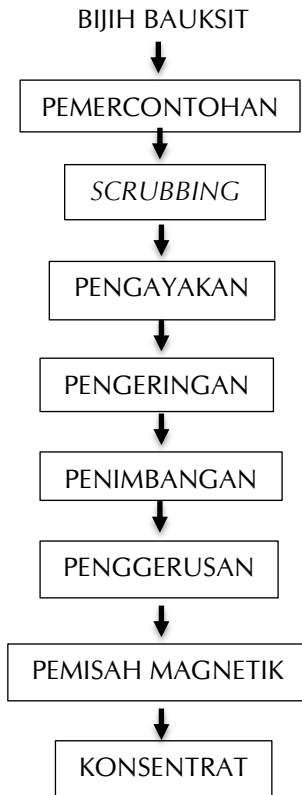
Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian meliputi:

- 1 unit *jaw crusher* (kapasitas 200-250 kg/jam, ukuran umpan 4", dan produk 1")
- 1 unit *roll crusher* (kapasitas 20-40 kg/jam)
- 1 unit *ring mill* (kapasitas 1 kg/jam)
- 1 unit *scrubber* (volume sekitar 50 liter)
- 6 macam ayakan masing masing 1 buah (ukuran lubang 1 cm, 2,00 mm, 0,5 mm (35 mesh), 0,25 mm (60 mesh), 0,15 mm (100 mesh) dan 0,106 mm (150 mesh))
- 1 unit *oven* pengering (suhu maksimum 250°C)
- 1 unit timbangan (berat maksimum 25 kg)

Prosedur Percobaan

Prosedur percobaan pencucian bijih bauksit dan pemisah magnetik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir proses percobaan *scrubbing* dan pemisah magnetik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan yang akan dibahas meliputi kondisi bahan baku dan percobaan *magnetik separator* terhadap percontoh bauksit Tayan yang meliputi aspek distribusi ukuran butiran, komposisi kimia dan perolehan Al_2O_3 .

Bahan Baku

Berdasarkan data komposisi kimia bahan baku yang disajikan pada Tabel 1, biji bauksit asal Tayan belum memenuhi spesifikasi sebagai bahan baku alumina pada proses Bayer yang mensyaratkan kandungan minimal 51% Al_2O_3 , maksimum 3% SiO_2 dan maksimum 7% Fe_2O_3 sedangkan untuk bahan baku kimia memerlukan persyaratan yang lebih tinggi, yaitu alumina 55% (min), silika 5-18%, oksida besi 2% (maks), oksida titan 0-6% (Smith, 2008). Oleh karena itu, penelitian peningkatan mutu lebih dititikberatkan pada peningkatan kadar alumina dan kadar SiO_2 untuk dapat memenuhi spesifikasi sebagai bahan baku alumina pada proses Bayer.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baku penelitian

No	Percontoh	SiO_2 total (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)
1	Tayan	11,55	43,64	9,63

Pada Tabel 2 dapat dilihat kadar komposisi senyawa oksida yang dimiliki oleh percontoh Tayan. Spesifikasi bauksit sebagai bahan baku berbagai produk jarang yang mencantumkan persyaratan unsur, kecuali untuk kegunaan khusus, seperti untuk bahan baku bubuk aluminium oksida, fluks pada pabrik baja (Husaini dan Cahyono, 2009). Berdasarkan berbagai spesifikasi kegunaan khusus tersebut, percontoh Tayan memiliki kadar oksida senyawa relatif kecil dan tidak menunjukkan pengaruh terhadap mutu biji bauksit. Pada Tabel 3 dapat dilihat analisis liberasi, sedangkan hasil fotomikrograf percontoh Tayan dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Komposisi kimia senyawa oksida percontoh Tayan-1

Komponen	(%)
V_2O_5	0,121
MgO	0,0208
MnO	0,0382
CaO	0,0297
P_2O_5	0,0248
Cl	0,0174
Ga_2O_3	0,0061
K_2O	0,0036
ZnO	0,0032
Sc_2O_3	0,0031

Tabel 3. Hasil analisis derajat liberasi percontoh bauksit Tayan

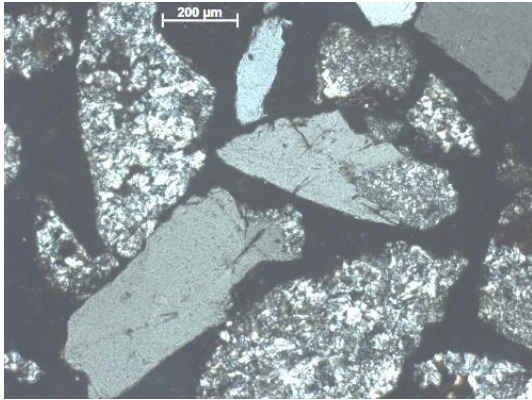
Ukuran fraksi(mesh)	Derajat liberasi(%)
-10 +35	60,60
-35 +60	65,21
-60 +100	81,86
-100 +150	89,37
-150	92,25

Percobaan *Scrubbing*

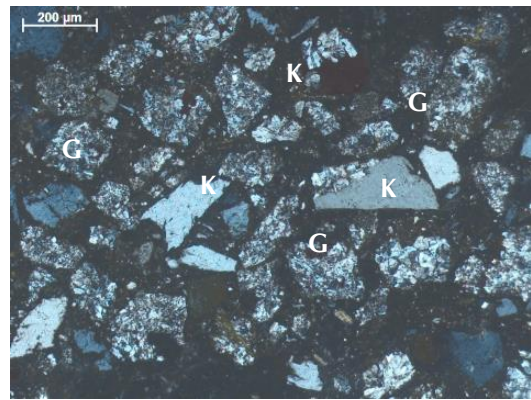
Proses *scrubbing* ini bertujuan untuk melepaskan partikel-partikel pengotor yang menempel pada permukaan biji bauksit yang umumnya berukuran halus < 2 mm (Tsamo,

Kofa dan Kamga, 2017). Dengan memisahkan partikel berukuran < 2 mm, kadar Al_2O_3 akan meningkat dan kandungan senyawa pengotor seperti Fe_2O_3 dan SiO_2 akan menurun. Proses *scrubbing* (pengayakan dan pencucian)

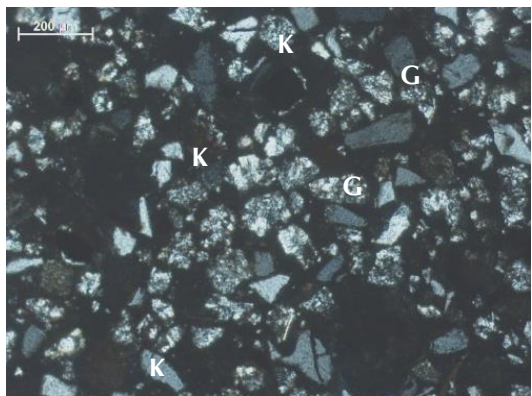
merupakan cara yang efektif dalam menurunkan kandungan silika yang merupakan pengotor dalam bauksit, karena silika umumnya terkonsentrasi pada fraksi butiran halus (Smith, 2008).



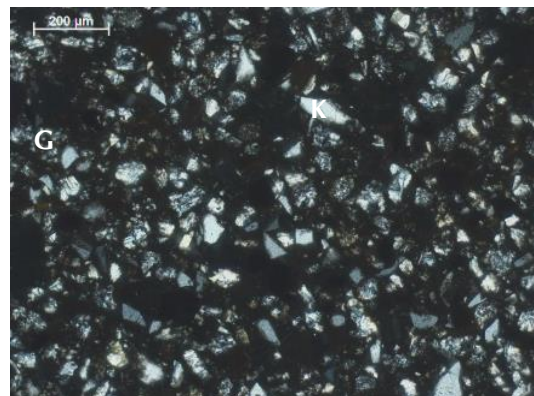
Gambar 2a. Fotomikrograf sayatan tipis bauksit Tayan fraksi +35# (G=Gibsit), (K= Kuarsa)



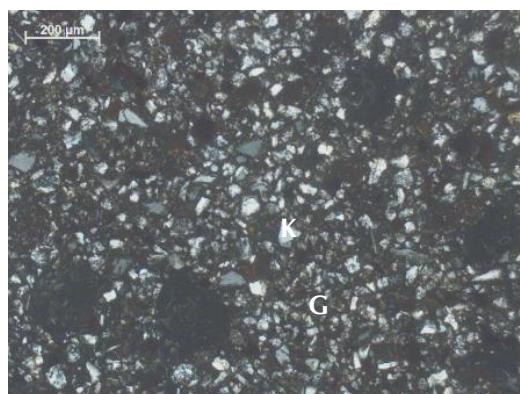
Gambar 2b. Fotomikrograf sayatan tipis bauksit Tayan fraksi -35+60#(G= Gibsit), (K= Kuarsa)



Gambar 2c. Fotomikrograf sayatan tipis bauksit Tayan fraksi -60+100# (G=Gibsit), (K= Kuarsa)



Gambar 2d. Fotomikrograf sayatan tipis bauksit Tayan fraksi -100+150# (G=Gibsit), (K= Kuarsa)



Gambar 2e. Fotomikrograf sayatan tipis bauksit Tayan fraksi -150# (G=Gibsit), (K= Kuarsa)

Distribusi Ukuran Butiran

Pada percontoh yang berasal dari Tayan, sebelum *scrubbing* memiliki fraksi ukuran butiran +2 mm kumulatif sebesar 78,72%, sedangkan setelah melalui proses *scrubbing* fraksi ukuran butiran +2mm yang dihitung kumulatif turun menjadi 71,99% setelah melalui pengayakan. Hal ini disebabkan oleh terlepasnya partikel-partikel pengotor yang menempel pada permukaan bijih bauksit setelah dilakukan proses *scrubbing*.

Komposisi Kimia

Pada fraksi +2mm yang dihitung kumulatif percontoh asal (*head sample*) memiliki kadar $\text{SiO}_{2\text{tot}}$ 11,55 %, Al_2O_3 43,64 %, Fe_2O_3 9,63 %, dan setelah *scrubbing* memiliki kadar SiO_2 5,35 %, Al_2O_3 45,73 %, Fe_2O_3 8,01 % akibat hilangnya mineral pengotor. Kadar bauksit setelah *scrubbing* belum memenuhi spesifikasi sebagai bahan baku alumina, maupun bahan baku *chemical*. Ditinjau dari kadar alumina dan besinya, hasil *scrubbing* ini belum memenuhi syarat untuk bahan baku alumina untuk proses Bayer yang mensyaratkan kandungan Al_2O_3 minimum 51%, dan kadar Fe_2O_3 maksimum 7% (Husaini dan Cahyono, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengolahan bijih bauksit tersebut agar dapat memenuhi persyaratan sebagai bahan baku pembuatan alumina melalui proses Bayer.

Percobaan *Magnetic separator*

Proses *magnetic separator* ini bertujuan untuk memisahkan satu mineral atau lebih dengan mineral lainnya yang memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan dari mineral-mineral yang dipisahkan. Hasil percobaan *magnetic separator* menggunakan variasi kuat medan magnet mulai dari 2.500, 5.000, 7.500 dan 10.000 gauss dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 6.

Pengaruh Ukuran Butir terhadap Perolehan dan Kadar Al_2O_3 dan Fe_2O_3 dalam Produk Non-magnetik 2.500 gauss

Gambar 3 menunjukkan data hasil proses *magnetic separator* pada kuat medan magnet 2.500 gauss dengan variasi ukuran butir +35, -35+60, -60+100, -100+150 dan -150 mesh.

Kondisi percobaan *magnetic separator* yang terbaik diperoleh pada ukuran butir -35+60 mesh, karena pada ukuran butir tersebut Al_2O_3 sudah terliberasi sebesar 65,21 %, sehingga kadar Al_2O_3 meningkat dari 43,64% menjadi 56,41 %, namun kadar Fe_2O_3 masih tinggi yaitu 7,87%. Masih tingginya kadar Fe_2O_3 ini karena kuat medan magnet yang digunakan masih relatif rendah, sehingga tidak dapat menarik kandungan mineral besi seperti hematit yang memiliki sifat kemagnetan yang rendah dan belum memenuhi syarat sebagai bahan baku alumina.

Pada batasan ukuran butir mulai dari -60+100, -100+150 dan -150 mesh, kadar Al_2O_3 cenderung turun karena material berukuran butir terlalu halus akan melayang-layang dan tidak tertarik oleh medan magnet, sehingga kadar Fe_2O_3 dalam produk non-magnetik masih tetap tinggi. Perolehan Al_2O_3 yang tinggi dengan kadar besi yang tinggi pada produk non-magnetik diperoleh pada kondisi kuat medan magnet 2500 gauss dengan hasil perolehan Al_2O_3 53,78 %, dengan kadar Al_2O_3 55,92 %, kadar besi 7,25 %.

Pengaruh Ukuran Butir terhadap Perolehan dan Kadar Al_2O_3 dan Fe_2O_3 dalam Produk Non-magnetik 5000 gauss

Gambar 4 menunjukkan data hasil proses *magnetic separator* pada kuat medan magnet 5.000 gauss dengan variasi ukuran butir +35, -35+60, -60+100, -100+150 dan -150 mesh. Kondisi percobaan *magnetic separator* yang terbaik diperoleh pada ukuran butir -35+60 mesh pada 5.000 gauss karena pada ukuran butir tersebut bauksit sudah terliberasi sebesar 65,21 % sehingga kadar Al_2O_3 meningkat dari 43,64% menjadi 57,61 %, dan kadar Fe_2O_3 mengalami penurunan dari Fe_2O_3 9,62 % menjadi 5,77% karena pada ukuran butir tersebut kuat medan magnet dapat menarik sifat kemagnetan mineral hematit dalam bauksit.

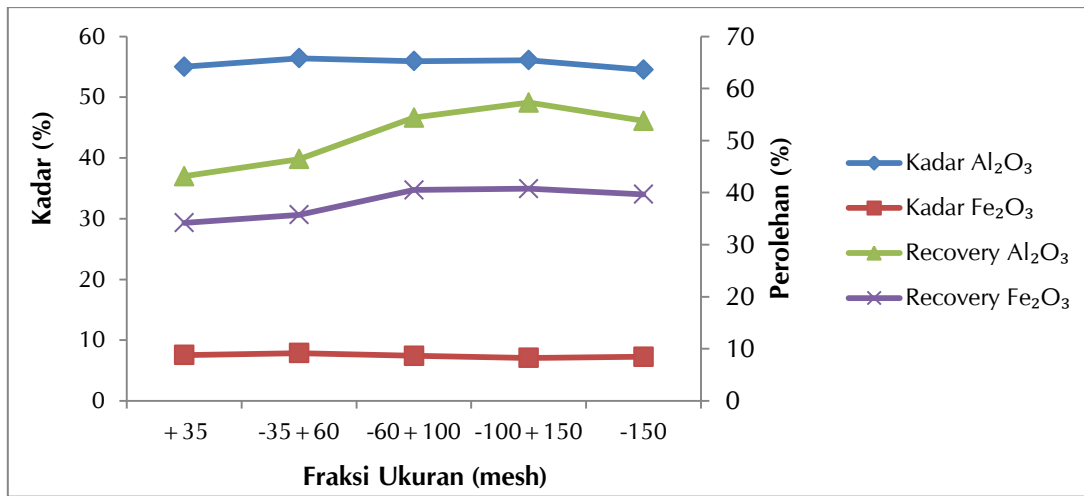
Pada batasan ukuran butir tertentu dari -60+100, -100+150 dan -150 mesh kadar Al_2O_3 cenderung turun karena ukuran butir terlalu halus sehingga melayang tidak tertarik oleh medan magnet, sedangkan kadar Fe_2O_3 cenderung tinggi karena mineral besi berada di bawah mineral Al_2O_3 yang halus sehingga tidak tertarik oleh medan magnet. Perolehan Al_2O_3

dalam produk non-magnetik dengan gauss 5.000 Al_2O_3 65,23 % dengan kadar Al_2O_3 56,83 %, kadar besi 5,52 %.

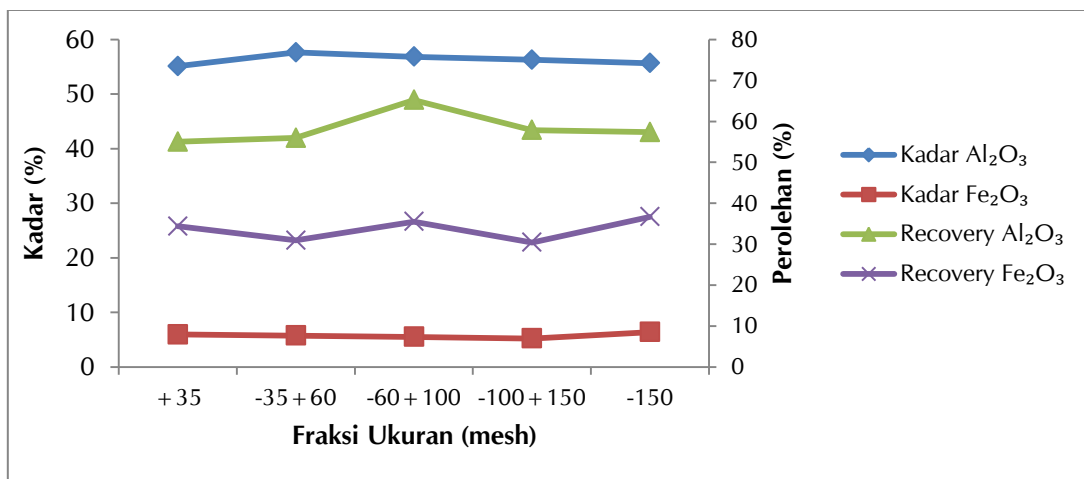
Pengaruh Ukuran Butir terhadap Perolehan dan Kadar Al_2O_3 dan Fe_2O_3 dalam Produk Non-magnetik 7500 gauss

Gambar 5 menunjukkan data hasil proses *magnetic separator* pada kuat medan magnet 7500 gauss dengan variasi ukuran butir +35, -35+60, -60+100, -100+150 dan -150 mesh.

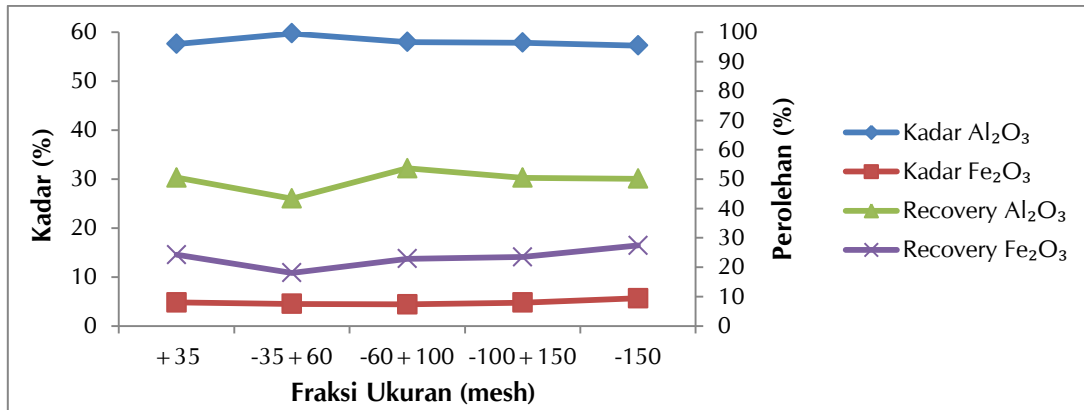
Kondisi percobaan *magnetic separator* yang memberikan hasil yang terbaik diperoleh pada ukuran butir -35+60 mesh pada 7500 gauss. Pada ukuran butir tersebut bauksit sudah terliberasi sebesar 65,21 % sehingga kadar Al_2O_3 meningkat dari 43,64% menjadi 59,78 %, dan kadar Fe_2O_3 mengalami penurunan dari Fe_2O_3 9,62 % menjadi 4,51% karena pada ukuran butir tersebut kuat medan magnet dapat menarik sifat kemagnetan dari bauksit.



Gambar 3. Hasil percobaan proses *magnetic separator* pada kekuatan medan magnet 2.500 gauss



Gambar 4. Hasil percobaan proses *magnetic separator* pada kekuatan medan magnet 5.000 gauss



Gambar 5. Hasil percobaan proses pemisah magnetik pada kekuatan medan magnet 7.500 gauss

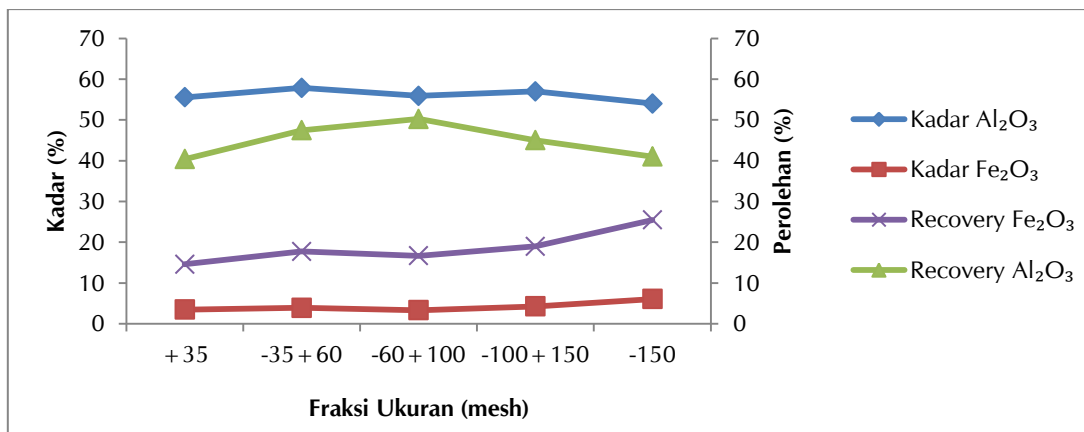
Pada batasan ukuran butir tertentu dari -60+100, -100+150 dan -150 mesh kadar Al₂O₃ cenderung turun karena ukuran butir terlalu halus sehingga melayang tidak tertarik oleh medan magnet, sedangkan kadar Fe₂O₃ cenderung tinggi karena mineral besi berada di bawah mineral Al₂O₃ yang halus sehingga tidak tertarik oleh medan magnet.

Perolehan Al₂O₃ dalam produk non-magnetik dengan gauss 7.500 Al₂O₃ 53,70 % dengan kadar Al₂O₃ 58,01 %, kadar besi 4,41 %.

Pengaruh Ukuran Butir terhadap Perolehan dan Kadar Al₂O₃ dan Fe₂O₃ dalam Produk Non-magnetik 10.000 gauss

Gambar 6 menunjukkan data hasil proses *magnetic separator* pada kuat medan magnet 10.000 gauss dengan variasi ukuran butir +35, -35+60, -60+100, -100+150 dan -150 mesh. Kondisi hasil percobaan *magnetic separator*

pada ukuran fraksi -35+60 mesh pada 10000 gauss memberikan hasil yang terbaik, karena pada ukuran butir tersebut Al₂O₃ sudah terliberasi sebesar 65,21 % sehingga kadar Al₂O₃ dalam produk non-magnetik meningkat dari 43,64% menjadi 57,86 %, dan kadar Fe₂O₃ mengalami penurunan dari Fe₂O₃ 9,62 % menjadi 3,91%. Hal ini dikarenakan pada ukuran butir tersebut mineral hematit dapat tertarik oleh medan magnet. Pada batasan ukuran butir tertentu dari -60+100, -100+150 dan -150 mesh kadar Al₂O₃ cenderung turun karena ukuran butir terlalu halus sehingga melayang tidak tertarik oleh medan magnet, sedangkan kadar Fe₂O₃ cenderung tinggi karena mineral besi berada di bawah mineral Al₂O₃ yang halus sehingga tidak tertarik oleh medan magnet. Perolehan Al₂O₃ dalam produk non-magnetik dengan gauss 10.000 Al₂O₃ 50,26 % dengan kadar Al₂O₃ 55,89 %, kadar besi 3,31 %.



Gambar 6. Hasil percobaan proses pemisah magnetik pada kekuatan medan magnet 10.000 gauss

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil percobaan bauksit diketahui bahwa bijih bauksit asal Tayan dominan mengandung mineral gipsit dan kuarsa, dengan ukuran fraksi butiran +2 mm sebesar 78,72 % dengan kandungan Al_2O_3 43,64%, Fe_2O_3 9,63%, dan SiO_2 11,55%. Sebelum dilakukan proses pemisahan dengan pemisah magnetic kadar $\text{Al}_2\text{O}_3 < 51$ % dan kandungan pengotor Fe_2O_3 masih tinggi, setelah dilakukan proses pemisahan dengan pemisah magnetik pada kuat medan magnet mulai dari 5000, 7500, 10000 gauss kadar $\text{Al}_2\text{O}_3 > 51$ % untuk semua ukuran fraksi dan kandungan pengotor $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 7$ %, dari hasil percobaan pemisah magnetik terbaik diperoleh pada kekuatan medan magnet 7500 gauss dengan ukuran fraksi -35 +60 mesh menghasilkan produk yang telah memenuhi syarat untuk bahan baku alumina.

Saran

Percobaan peningkatan mutu bijih bauksit perlu dilanjutkan lagi dengan menggunakan metode lain seperti flotasi untuk dapat meningkatkan nilai tambah bauksit.

DAFTAR PUSTAKA

- Bott, R. and Langeloh, T. (2015) 'Process options for the filtration and washing of bauxite residue', in *Bauxite Residue Valorisation and Best Practices*. Leuven, Belgium: SIM² KU Leuven, pp. 61–70. Available at: <http://conference2015.redmud.org/wp-content/uploads/2015/10/Reinhard-BOTT-secure.pdf>.
- Gupta, D. (2017) *India's mineable bauxite reserve at 0.656 bln tonnes can last next 25 years*, www.alcircle.com. Available at: <https://www.alcircle.com/news/indias-mineable-bauxite-reserve-at-0656-bln-tonnes-can-last-next-25-years-tifac-29156> (Accessed: 25 July 2018).
- Husaini and Cahyono, S. S. (2009) 'Peningkatan kadar bijih bauksit Kijang dan Tayan dengan metoda scrubbing', *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 5(4), pp. 147–162. Available at: <https://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba/article/view/884>.
- Husaini, Suganal, Purnomo, H., Cahyono, S. S., Dahlan, Y., Amalia, D., Soenara, T., Supriyanto, B. A., Azhari, Ramanda, Y., Alamanda, N., Subiantoro, Wijaya, K., Erika, Fatimah, T. S., Sugandi, B., Pendi, S. and Permana, A. S. (2014) *Pembuatan rancangan teknologi upgrading bauksit kapasitas 50 ton/jam*. Bandung: Puslitbang tekMIRA.
- King, H. M. (2017) *Bauxite*, *geology.com*. Available at: <https://geology.com/minerals/bauxite.shtml> (Accessed: 9 August 2018).
- Nandi, A., Mahadevan, H. and Ramachandran, T. R. (2012) 'Bauxite-alumina industry of India', pp. 1–30.
- Passos, E. R. and Rodrigues, J. A. (2016) 'The influence of titanium and iron oxides on the coloring and friability of the blue fired aluminum oxide as an abrasive material', *Cerâmica*, 62(361), pp. 38–44. doi: 10.1590/0366-69132016623611960.
- Pusat Sumber Daya Geologi (2015) *Executive summary pemutakhiran data dan neraca sumber daya mineral*. Bandung: Badan Geologi.
- Smith, P. (2008) 'Economic processing of high silica bauxites – Existing and potential processes', in *High Silica Bauxite Processing*. Parker Centre, CSIRO Light Metals Flagship, p. 42. Available at: https://www.researchgate.net/publication/237828211_Economic_Processing_of_High_Silica_Bauxites_-_Existing_and_Potential_Processes.
- Tsamo, C., Kofa, G. P. and Kamga, R. (2017) 'Decreasing yield and alumina content of red mud by optimization of the bauxite processing process', *International Journal of Metallurgical Engineering*, 6(1), pp. 1–9. doi: 10.5923/j.ijmee.20170601.01.