

# Pemisahan Alumina pada Residu Bauksit (Red Mud) yang Berasal dari Riau dengan Metode Sintering Sodalime

Retty Dwi Kisnawati, Suprpto

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: suprpto@chem.its.ac.id

**Abstrak**—Penelitian mengenai pemisahan alumina melalui metode sintering sodalime menggunakan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) yang diikuti dengan ekstraksi menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada residu bauksit (*red mud*) yang berasal dari Riau telah dilakukan. Berdasarkan hasil XRD dan XRF, dalam *red mud* terkandung aluminium sebesar 24%. Kadar aluminium dalam sampel dianalisis menggunakan ICP-OES. Sintering dilakukan pada suhu  $800^\circ\text{C}$ . Hasil sinter kemudian dilarutkan menggunakan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,1 M sehingga menghasilkan natrium aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ). Filtrat yang diperoleh dipresipitasi menggunakan HCl dengan kontrol pH larutan 6,5-7 sehingga diperoleh endapan putih. Pada penelitian ini, rasio antara *red mud*: $\text{Na}_2\text{CO}_3$ : $\text{CaO}$  berturut-turut 1,5:2,5:1,25 menghasilkan kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebesar 16,94% dengan *recovery* 69,5%. Kadar dan *recovery*  $\text{Al}_2\text{O}_3$  juga dipengaruhi oleh waktu sintering. Pada penelitian ini waktu sintering yang optimum yaitu 1 jam. Pada kondisi tersebut diperoleh kadar  $\text{Al}_2\text{O}_3$  25,69% dengan *recovery* 97,35%.

**Kata Kunci**—*red mud*; alumina; sintering; soda kapur.

## I. PENDAHULUAN

Bauksit merupakan bijih utama pembentuk aluminium dimana komposisinya berupa senyawa oksida dari aluminium yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Selain aluminium, juga terdapat senyawa lain seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , dan  $\text{TiO}_2$ . Di Indonesia, bauksit banyak terdapat di Pulau Bintan dan Kalimantan Barat [2].

Bauksit dapat menghasilkan alumina melalui berbagai macam proses. Proses pengolahan alumina yang terakhir ditemukan dan masih digunakan hingga sekarang yaitu Proses Bayer. Proses Bayer merupakan suatu proses pemurnian bijih bauksit untuk menghasilkan aluminium dalam bentuk oksidanya atau yang disebut alumina. Tahap-tahap pada proses Bayer ini meliputi ekstraksi, presipitasi, dan kalsinasi [3].

Selain menghasilkan alumina, pada akhir proses Bayer juga menghasilkan residu bauksit atau yang dikenal dengan *red mud*. *Red mud* yang dihasilkan tersebut masih terkandung aluminium dalam bentuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Namun komponen utama dari *red mud* adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan kisaran kadarnya sebesar 20-45%. Untuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10-22%,  $\text{SiO}_2$  5-30%,  $\text{TiO}_2$  4-20%,  $\text{CaO}$  0-14% dan  $\text{Na}_2\text{O}$  2-8%. Oleh karena kandungan besi yang banyak, maka menyebabkan warna dari *red mud* menjadi merah. *Red mud* hasil dari pencucian (*tailing*) berupa cairan lumpur bercampur dengan pasir yang disebut sebagai limbah pencucian bauksit, kemudian dialirkan ke kolam-kolam pengendapan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke laut

atau lingkungan sekitar. [7] Rosenthal et al. [6] menyatakan bahwa *red mud* mempunyai efek fisiologi terhadap organisme Laut Utara dimana ikan lebih cepat terpengaruh dibandingkan dengan alga. Efek tidak langsung dari *red mud* tersebut adalah potensi terjadinya akumulasi logam-logam tertentu pada ikan yang meskipun tidak berpengaruh terhadap fisiologi ikan, tetapi dapat membahayakan manusia apabila ikan tersebut dikonsumsi (biomagnifikasi melalui rantai makanan).

Berbagai macam upaya dalam hal pemanfaatan *red mud* agar dapat digunakan kembali (*re-used*) telah dilakukan oleh beberapa negara yang memiliki industri alumina, seperti di Australia [4]. Di Australia sekitar 30 juta ton *red mud* terakumulasi setiap tahunnya, sehingga berbagai penelitian dalam pemanfaatan *red mud* telah dilakukan dan terus berlangsung hingga saat ini. Muchtar Aziz [2] telah melakukan penelitian untuk memperoleh kembali alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dari *red mud* Kalimantan Barat melalui proses sintering sodalime. Dalam penelitian Aziz dikatakan bahwa sekitar 75-85% alumina dapat diperoleh kembali dari *red mud* melalui proses sinter sodalime pada suhu  $800^\circ\text{C}$  dan pelarutan dengan sodium karbonat encer pada suhu kamar.

Sebelum dilakukan proses sintering, *red mud* di destruksi terlebih dahulu untuk mengetahui kadar awal dari aluminium. Amrin dan Dita [1] menyebutkan dalam penelitiannya bahwa aquaregia dapat melarutkan aluminium dan besi dengan baik dibandingkan dengan HCl pekat dan  $\text{HNO}_3$  pekat pada ukuran partikel yang sama.

Oleh karena itu dalam penelitian ini untuk menghitung kadar awal aluminium pada *red mud* dilakukan destruksi menggunakan larutan aquaregia. Kemudian untuk memperoleh alumina kembali, digunakan proses sinter sodalime dengan kontrol rasio padatan dan waktu sintering.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : *red mud* yang berasal dari kepulauan Riau, HCl 37%,  $\text{HNO}_3$  65%,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , NaOH, aquaDM. Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain : furnace, magnetic stirrer, pH meter, serta beberapa alat instrumen seperti Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES prodigy Leeman Laboratories), X-Ray Diffraction (XRD) X'pert Pro PANalytical, X-Ray Fluorescence (XRF) PANalytical.

**B. Ekstraksi red mud menggunakan  $Na_2CO_3$  dan  $CaO$**

Red mud dicampur dengan  $Na_2CO_3$  dan  $CaO$  dengan variasi rasio berturut-turut 1,5:2,5:1,25 ; 1,5:5,0:2,5 ; 1,5:7,5:3,75. Sintering dilakukan pada suhu 800°C dengan variasi waktu ½ jam, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

Hasil sinter selanjutnya diekstraksi menggunakan larutan  $Na_2CO_3$  0,1 M. Ekstraksi dilakukan selama ½ jam dan diaduk menggunakan magnetic stirrer. Residu disaring menggunakan kertas saring dan filtrat dipresipitasi. Filtrat yang dihasilkan dari ekstraksi mengandung natrium aluminat ( $NaAlO_2$ ).

Kontrol pH dilakukan pada proses presipitasi dengan rentang pH 6,5-7. Dalam pengontrolan pH ditambahkan HCl apabila larutan terlalu basa dan ditambahkan NaOH apabila larutan terlalu asam. Endapan putih yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan ICP dan XRD.

**III. HASIL DAN DISKUSI**

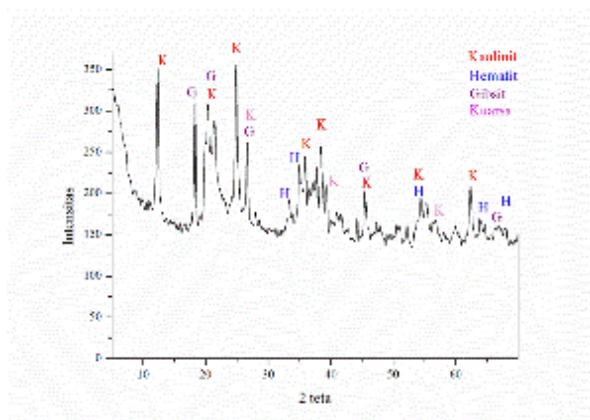
**A. Analisis awal pada sampel red mud (residu bauksit)**

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah red mud yang berasal dari daerah Riau. Sampel red mud yang telah dikeringkan diuji menggunakan XRF (X-ray Fluorescence). XRF akan mengidentifikasi unsur apa saja yang terkandung dalam red mud beserta kadarnya. Tabel 1 menunjukkan prosentase konsentrasi unsur-unsur yang terdapat dalam sampel.

**TABEL 1. HASIL ANALISIS MENGGUNAKAN XRF**

Al (%)	Si (%)	P (%)	K (%)
24 ± 0.02	20.3 ± 0.2	0.35 ± 0.007	0.65 ± 0.009
Ca (%)	Cu (%)	Zn (%)	Ga (%)
0.32 ± 0.009	0.12 ± 0.005	0.05 ± 0.002	0.101 ± 0.003
Ti (%)	V (%)	Fe (%)	Eu (%)
2.72 ± 0.002	0.06 ± 0.005	50.39 ± 0.196	0.33 ± 0.01
Eu (%)	Yb (%)	Re (%)	Ca (%)
0.33 ± 0.01	0.07 ± 0.03	0.2 ± 0.04	0.32 ± 0.009

Karakterisasi yang kedua menggunakan XRD (X-ray Diffraction). XRD mengidentifikasi struktur kristal dari material dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Hasil dari karakterisasi XRD pada sampel red mud kering dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Difraktogram XRD pada sampel awal

Gambar 1 menunjukkan bahwa dalam sampel red mud terkandung kaolinite ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ), hematite ( $Fe_2O_3$ ), gibbsite ( $Al(OH)_3$ ), dan kuarsa ( $SiO_2$ ). Selain

karakterisasi XRD dan XRF, sampel red mud dianalisis menggunakan ICP-OES. Destruksi dilakukan untuk melarutkan logam-logam yang terkandung dalam sampel sehingga dapat dianalisis menggunakan ICP. Hasil analisa ICP untuk sampel red mud ditunjukkan pada Tabel 2

**TABEL 2. HASIL ANALISIS MENGGUNAKAN ICP**

Sampel	Jenis Uji	Konsentrasi (ppm)	Al (%)	$Al_2O_3$ (%)
Red mud	Al	8,66	8,66	32,7

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada sampel red mud terdapat kandungan aluminium sebesar 8,66 ppm dengan kadar Al 8,66% dan  $Al_2O_3$  32,7%.

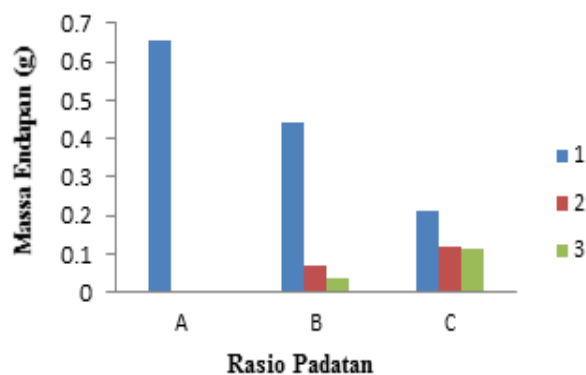
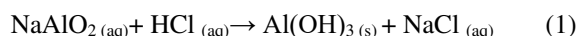
**B. Pengaruh rasio padatan  $Na_2CO_3$  dan  $CaO$  terhadap prosentase ekstraksi aluminium**

Sampel red mud yang telah dipreparasi selanjutnya disintering menggunakan  $Na_2CO_3$  dan  $CaO$ . Red mud dicampur dengan  $Na_2CO_3$  dan  $CaO$  pada rasio tertentu.

**TABEL 3. KOMPOSISI SAMPEL PADA VARIASI RASIO PADATAN**

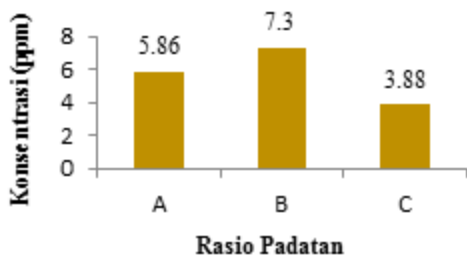
Sampel	Redmud (gram)	$Na_2CO_3$ (gram)	$CaO$ (gram)
A	1,5	2,5	1,25
B	1,5	5	2,5
C	1,5	7,5	3,75

Proses sintering dilanjut dengan ekstraksi menggunakan larutan  $Na_2CO_3$ . Filtrat hasil pelarutan sinter mengandung aluminium dikarenakan sodium aluminat yang terlarut dalam  $Na_2CO_3$ . Filtrat hasil ekstraksi berwarna bening kekuningan dimana filtrat tersebut mengandung natrium aluminat ( $NaAlO_2$ ). Presipitasi dilakukan dengan penambahan larutan HCl pada filtrat. Pengendapan  $Al(OH)_3$  dilakukan pada pH optimumnya yaitu pada rentang pH 6,5-7. Ketika ditambahkan dengan HCl maka akan terbentuk  $Al(OH)_3$  dan garam NaCl. Berikut adalah reaksi yang terjadi

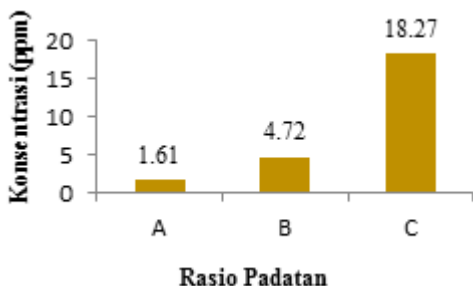


**Gambar 2.** Massa endapan pada masing-masing sampel dengan ekstraksi berulang

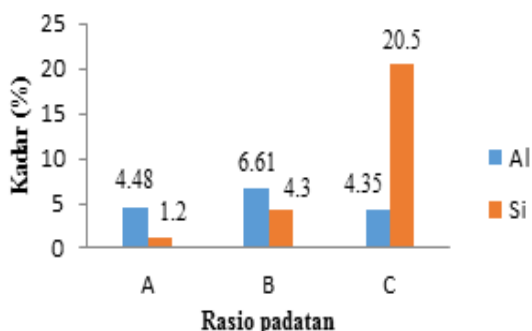
Gambar 2 menunjukkan bahwa seiring dengan pengulangan ekstraksi, maka massa endapan yang diperoleh semakin menurun. Pada sampel A cukup dengan satu kali ekstraksi maka semua sodium aluminat bereaksi. Dapat dikatakan bahwa hanya dengan ekstraksi satu kali dapat melarutkan hampir semua aluminium. Dengan kata lain ekstraksi dapat dilakukan sekali tanpa harus dilakukan pengulangan.



Gambar 3. Konsentrasi total Al pada endapan



Gambar 4. Konsentrasi total Si pada endapan



Gambar 5. Prosentase total Al dan Si pada endapan

Berdasarkan data-data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa rasio padatan yang paling baik digunakan dalam pemisahan aluminium yaitu rasio padatan dalam sampel A dengan komposisi 1,5R:2,5N:1,25C. Pada sampel A (Gambar 5) diperoleh endapan dengan kadar aluminium sebesar 4,48% dan kadar silika yang paling rendah sebesar 1,2% serta recovery Al yang diperoleh sebesar 69,5%.

C. Pengaruh waktu sintering terhadap prosentase ekstraksi alumina

Pada penelitian ini digunakan variasi waktu sintering yaitu ½ jam, 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Suhu optimum dalam proses sintering yaitu pada suhu 800°C [2].

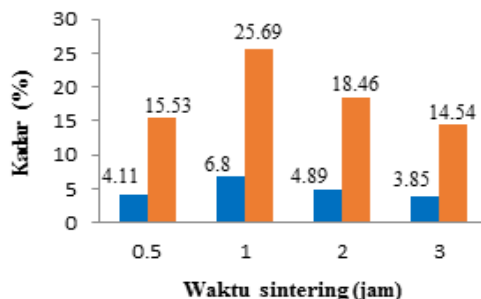
Massa endapan yang diperoleh meningkat seiring dengan bertambahnya waktu sintering. Sedangkan pada Tabel 5 menunjukkan prosentase aluminium cenderung menurun seiring dengan meningkatnya waktu sintering.

TABEL 4. MASSA ENDAPAN YANG DIPEROLEH PADA VARIASI WAKTU SINTERING

Waktu (jam)	Massa endapan yang diperoleh (g)
0,5	0,654
1	0,6195
2	0,8634
3	0,971

TABEL 5. KONSENTRASI AL PADA ENDAPAN PADA VARIASI WAKTU SINTERING

Waktu (jam)	Konsentrasi (ppm)
0,5	5,38
1	8,43
2	8,44
3	7,48



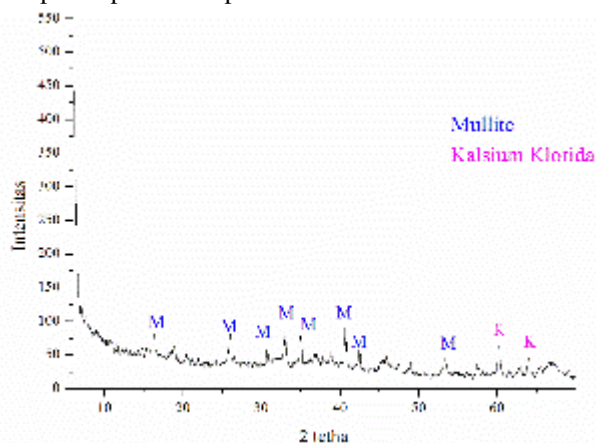
Gambar 6. Prosentase Al dan Si pada endapan

Hasil ekstraksi menunjukkan bahwa prosentase Al yang optimum diperoleh pada waktu sintering selama 1 jam yaitu sebesar 6,8 % dengan prosentase Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 25,69%. Recovery Al diperoleh sebesar 97,35%.

Prosentase aluminium meningkat pada waktu 1 jam kemudian menurun hingga waktu 3 jam. Lamanya waktu sintering berpengaruh terhadap pembentukan natrium aluminat (NaAlO<sub>2</sub>).

D. Analisis akhir pada endapan menggunakan XRD

Endapan yang diperoleh kemudian dipanaskan pada suhu 800°C selama 1 jam, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD. Hasil dari karakterisasi XRD pada endapan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Difraktogram XRD pada endapan

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa pada endapan mengandung aluminium dan silika. Adanya aluminium dan silika dapat dibuktikan dengan munculnya senyawa mullite pada puncak-puncak tertentu. Mullite merupakan senyawa gabungan dari dua macam oksida yaitu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub> dengan formula 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub> (Montanaro, 1997). Meskipun endapan yang diperoleh pada penelitian ini merupakan gabungan dari Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>, namun kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih besar dari

SiO<sub>2</sub>. *Mullite* memiliki komposisi sekitar 60% hingga 63% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan sekitar 37% hingga 40% SiO<sub>2</sub> [5].

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada rasio padatan *red mud*:Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:CaO yaitu 1,5:2,5:1,25 sebesar 16,94%. Semakin banyak Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan CaO yang digunakan maka semakin banyak silika yang terlarut dalam larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga dipengaruhi oleh waktu sintering. Kadar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tertinggi diperoleh pada waktu sintering selama 1 jam dengan rasio *red mud*:Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:CaO yaitu 1,5:2,5:1,25 sebesar 25,69% dengan *recovery* 97,35%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Suprpto, M.Si, Ph.D, selaku dosen pembimbing, Dr.rer.nat. Fredy Kurniawan, M.Si selaku Kepala Laboratorium Instrumen dan Sains Analitik, Abdulloh Fuad, M.Si selaku Kepala Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang atas bantuan karakterisasi XRD, pihak Laboratorium Energi yang terlibat atas bantuan analisa ICP-OES, semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amrin dan Ardilla, D. 2013. Analisis Besi (Fe) dan Aluminium (Al) Dalam Tanah Lempung Secara Spektrofotometri Serapan Atom. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- [2] Aziz, M. 2010. Ekstraksi Alumina Dari Residu Bauksit Untuk Bahan Baku Zeolit Sintetis Dengan Produk Samping Konsentrat Besi. *Jurnal Zeolit Indonesia Vol 9 No. 2*.
- [3] Handoko, T., Muljana H. 2009. Pengaruh Laju Alir Gas Karbondioksida dan Lama Pembakaran dalam Pemurnian Alumina dari *Spent Catalyst*. Parahyangan: Universitas Katolik Parahyangan.
- [4] Jahanshahi, S. 2005. *Towards Zero Wastes*, Sharif.Jahanshahi@csiro.au, CSIRO Mineral. Diakses pada tanggal 15 April 2016.
- [5] [5] Montanaro. 1997. Sintering of Industrial Mullite. *Journal of European Ceramic Society*. Nr 17, p. 1715-1723.
- [6] [6] Rosenthal H., Dethlefsen V., Tiewes K. 1973. *Chem Abstract*. 73:118-21.
- [7] Zulfikar, A. 2014. Analisis Kandungan Logam Pada Limbah Tailing (Red Mud) Tambang Bauksit. Riau: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang