

# PEMROSESAN *RED MUD* – LIMBAH EKSTRAKSI ALUMINA DARI BIJIH BAUKSIT BINTAN UNTUK MEMPEROLEH KEMBALI ALUMINA DAN SODA

MUCHTAR AZIZ, MUTAALIM, DESSY AMALIA dan AGUS WAHYUDI

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara  
Jalan Jenderal Sudirman No. 623, Bandung 40211  
e-mail : muchtar@tekmira.esdm.go.id; dessy@tekmira.esdm.go.id

Naskah masuk : 30 April 2008, revisi pertama : 03 Februari 2009, revisi kedua : 28 April 2009,  
revisi terakhir : Mei 2009

## SARI

Pemrosesan *red mud* yang mengandung 30 persen  $Al_2O_3$  dan 3 persen  $Na_2O$  telah dilakukan untuk memperoleh kembali alumina dan soda. *Red mud* diperoleh dari residu pemrosesan bauksit Bintan dengan proses Bayer di laboratorium. Pemrosesan *red mud* dilakukan melalui proses sinter soda-kapur. Kapur ( $CaO$ ) dan sodium karbonat ( $Na_2CO_3$ ) dicampurkan ke dalam *red mud* serta dilakukan pemanggangan campuran pada 800-1100°C. Melalui pemanggangan terbentuk sinter mengandung senyawa sodium aluminat ( $2NaAlO_2$ ) larut dalam larutan sodium karbonat encer, serta senyawa dikalsium silikat ( $Ca_2SiO_4$ ) tidak larut dalam larutan yang sama. Ekstraksi alumina dari sinter dilakukan dengan melarutkan senyawa alumina dapat larut ke dalam larutan sodium karbonat encer, meninggalkan dikalsium silikat sebagai residu padat. Hasilnya menunjukkan sekitar 85 % alumina dan soda dapat diekstraksi atau diperoleh kembali dari *red mud* dalam larutan. Dalam skala produksi larutan alumina dan soda yang diperoleh bisa dikembalikan ke pabrik alumina melalui pemompaan untuk dipresipitasi aluminanya sekaligus mengurangi kehilangan soda, atau bisa dimanfaatkan untuk pembuatan PAC (*Poly Aluminum Chloride*) dan Tawas ( $Al_2(SO_4)_3$ ) sebagai koagulan penjernihan air.

Kata kunci : bauksit, alumina, *red mud*, sodium aluminat, ekstraksi

## ABSTRACT

*Processing of the red mud contains 30 pct  $Al_2O_3$  and 3 pct  $Na_2O$  has been conducted to recover of alumina and soda. Red mud comes from residue of digesting of Bintan's bauxite by Bayer process in laboratory. Red mud processing has been carried out by lime-soda sinter process. The prepared red mud samples mixed thoroughly with lime ( $CaO$ ) and sodium carbonate ( $Na_2CO_3$ ). The mixtures subsequent to be roasted at 800-1100°C to form sodium aluminate ( $2NaAlO_2$ ) soluble in dilute sodium carbonate solution and dicalcium silicate ( $Ca_2SiO_4$ ) insoluble in the same solution. The extraction of alumina from the sinter is carried out by dissolving the soluble alumina into the sodium carbonate solution and leaving the dicalcium silicate in the solid residue. The result showed about 85 pct of alumina and soda can be extracted from red mud in solution. In production scale the solution of alumina and soda can be pumped to alumina plant to be precipitated its alumina and in line to reduce loosing of soda, or can be utilized to produce of PAC (*Poly Aluminum Chlorides*) and Aluminum Sulfate ( $Al_2(SO_4)_3$ ) as coagulant for water treatment.*

*Keywords: bauxite, alumina, red mud, sodium aluminates, extraction*

## 1. PENDAHULUAN

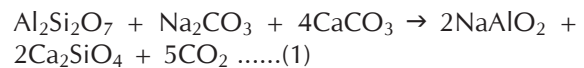
Endapan bauksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , dengan nama mineral 'gibsit') merupakan salah satu sumber daya mineral potensial yang dimiliki Indonesia. Berkaitan dengan pengolahan bijih bauksit menjadi alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), di antara hal penting untuk mendapat perhatian lembaga Litbang mineral khususnya pengolahan mineral, adalah limbah dari proses pengolahannya yang disebut *red mud*. Sebagaimana diketahui, proses Bayer hingga kini masih merupakan teknologi proses andalan di dunia untuk mengekstraksi alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dari bijih bauksit, karena belum ditemukannya alternatif proses. Proses Bayer menghasilkan limbah berupa lumpur halus berwarna merah-kecoklatan yang disebut *red mud*, yang jumlahnya cukup besar. Diperkirakan sekitar 50-55 % dari bauksit yang diolah akan menjadi *red mud*. Jika limbah lumpur ini tidak dikelola secara terencana dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan yang merugikan [Pontikes, 2006]. Kandungan *red mud* rata-rata dari berbagai industri bauksit di dunia sebagai berikut :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10-22%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  14-35%,  $\text{SiO}_2$  3-10%,  $\text{TiO}_2$  7-15%, Soda kostik 3-13%, Kapur (*lime*) 2-18%, Unsur-unsur minor diantaranya : Hg, Cd, U, dan Th [Sharif, 2005].

Berbagai upaya pemanfaatan *red mud* untuk dapat digunakan kembali (*re-used*) telah dilakukan orang di berbagai negara yang memiliki industri alumina, di antaranya di Australia [Sharif, 2005], namun hasilnya masih belum optimal. Di Australia tidak kurang dari 30 juta ton *red mud* terakumulasi setiap tahunnya (40 % dari produksi dunia), meskipun berbagai upaya pemanfaatan telah dilakukan. Dengan semakin tingginya kesadaran manusia akan dampak terhadap lingkungan hidup dari aktivitas suatu industri serta aspek ekonomi, saat ini strategi pengolahan *red mud* di berbagai belahan dunia lebih difokuskan pada upaya memproses seluruh mineral utama yang ada dalam *red mud* secara terintegrasi, sehingga dihasilkan beberapa produk seperti : alumina + soda, besi mentah (*pig iron*), rutil sintetis (*titania*), dan semen sebagai produk akhir melalui pengolahan *red mud* secara piro dan hidrometalurgi. Strategi ini dikenal dengan "Pemrosesan Red Mud Bebas Limbah (*Zero Waste-Red Mud Processing*)". Penelitiannya sampai saat ini masih terus berlangsung.

Dalam rangka menunjang pengembangan bijih bauksit menjadi produk alumina, saat ini telah dan sedang dilakukan penelitian pengolahan dan pemanfaatan limbahnya - *red mud*- di laboratorium pengolahan dan pemanfaatan mineral Puslitbang Tekmira untuk mendapatkan metode memperoleh

kembali mineral ataupun bahan-bahan yang dikandungnya, di antaranya alumina dan soda, berbasis bijih bauksit Bintang. Penelitian ini juga sekaligus sebagai langkah awal antisipatif terhadap dampak negatif bagi lingkungan akibat limbah buangan dari suatu industri alumina.

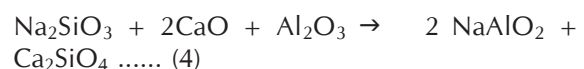
Beberapa peneliti terdahulu diantaranya Padilla (1985) dan Alp (2000) telah menggunakan metode proses sinter soda-kapur (*lime-soda sinter process*) untuk memperoleh alumina dari material aluminosilikat. Dalam proses sinter soda-kapur, aluminosilikat direaksikan dengan kapur ( $\text{CaO}$ ) atau gamping ( $\text{CaCO}_3$ ) dan sodium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pada suhu tinggi ( $800-1200^\circ\text{C}$ ) atmosferik untuk membentuk sodium aluminat ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  atau  $2\text{NaAlO}_2$ ) larut dalam larutan alkalin ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau  $\text{NaOH}$ ) dan dikalsium silikat ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ) tidak larut dalam larutan yang sama. Pernyataan yang disederhanakan untuk reaksi pensinteran (*sintering*) yang dipakai para peneliti terdahulu untuk material lempung dapat ditulis sebagai berikut [Padilla, 1985] :



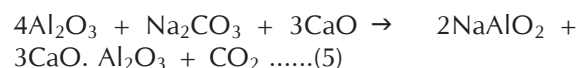
Untuk bijih alumina (*aluminous ores*),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bereaksi dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada suhu sekitar  $1000^\circ\text{C}$  membentuk sodium aluminat. Dalam bijih alumina yang mengandung  $\text{SiO}_2$ , sodium karbonat juga bereaksi dengan  $\text{SiO}_2$  dalam sinter membentuk sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) larut. Pernyataan sederhana reaksi pensinterannya sebagai berikut [Habashi, 1997] :



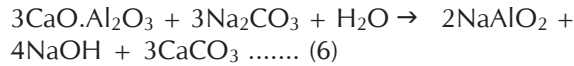
Jika didalam umpan pensinteran ditambahkan  $\text{CaO}$ , sodium silikat bereaksi dengan  $\text{CaO}$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  membentuk senyawa sodium aluminat larut dan dikalsium silikat tidak larut. Pernyataan sederhana reaksinya sebagai berikut [Padilla, 1985] :



Variasi dalam sintering terjadi, kalsium menggantikan sodium sehingga terbentuk kalsium aluminat ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ). Pernyataan sederhana reaksinya sebagai berikut [Habashi, 1997] :



Dalam pelarutan sinter dengan larutan sodium karbonat, kalsium aluminat bereaksi dengan sodium karbonat membentuk sodium aluminat dan residu padat kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Pernyataan sederhana reaksinya sebagai berikut [Habashi, 1997] :

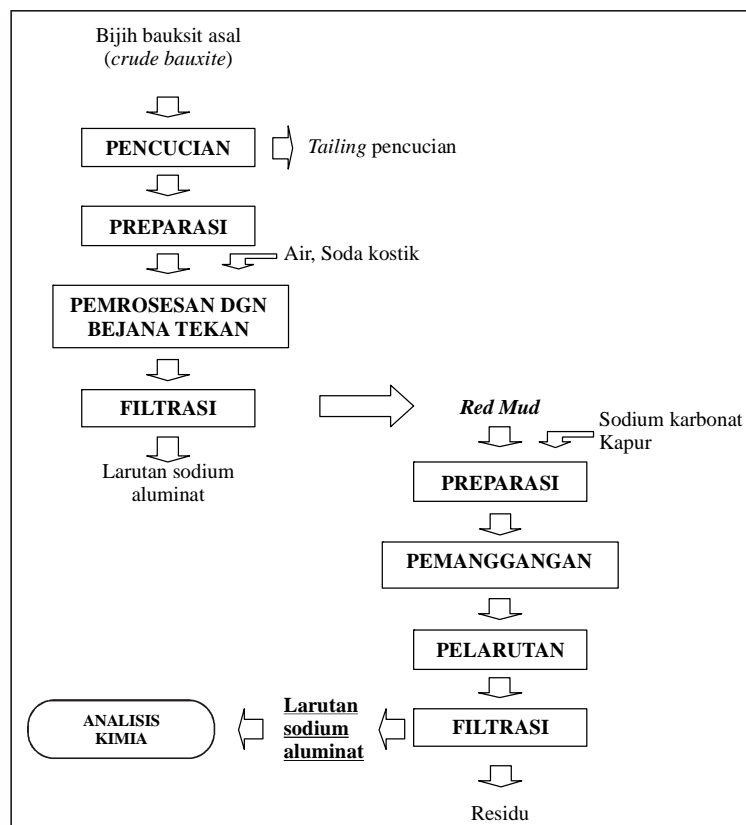


Tujuan penelitian ini adalah memperoleh kembali alumina + soda dari *red mud* - limbah ekstraksi alumina dengan proses Bayer - melalui proses sinter soda-kapur atau pemanggangan dengan alkalin pada suhu tinggi (*High Temperature Processing, HTP*).

## 2. METODOLOGI

Bauksit tercuci (*washed bauxite*) diekstraksi alumina melalui pemrosesan (*digesting*) dengan bejana tekan (*autoclave*). *Red mud* yang dihasilkan

diambil contohnya untuk analisis kimia, dan sebagian percontoh dikeringkan untuk pemrosesan. Pemrosesan *red mud* dilakukan melalui pemanggangan pada suhu tinggi atmosferik dengan imbuhan kapur tohor (CaO) dan sodium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dalam jumlah stoikiometri berlebih 10 %, pada variasi suhu : 800 sampai 1.100°C selama 2 jam, serta variasi waktu : 1/2 sampai 4 jam pada suhu 800 dan 1.100°C; hasil pemanggangan dilarutkan dalam larutan sodium karbonat encer (1 % berat Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) pada suhu kamar atmosferik dengan pengadukan selama 2 jam, untuk memperoleh larutan sodium aluminat (Na<sub>2</sub>O.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); larutan dipisahkan dari residunya melalui filtrasi dengan vakum [Mullar, 2001]. Residu dicuci dengan akuades sebanyak 2 kali. Filtrat dan residu dianalisis kimia untuk mengetahui komposisinya. Hasil analisis kimia *red mud*, filtrat, dan filtrat pencucian digunakan untuk menghitung perolehan alumina dan sodanya. Bagan alir pengerjaan pemrosesan *red mud* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir pemrosesan *red mud* - limbah ekstraksi alumina - untuk memperoleh kembali alumina+soda

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1. Pemrosesan bauksit

Hasil analisis kimia bauksit tercuci sebagai umpan pemrosesan dan hasil analisis ayak serta kimia *red mud* yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 1.

berat, untuk menjadi masukan dalam menilai ekonomis tidaknya ongkos transportasi *red mud* ke tempat pengolahannya. Kehilangan berat percontoh *red mud* setelah pemanggangan pada variasi suhu selama 2 jam ditunjukkan pada Gambar 3. Pemanggangan pada suhu 800–1.100°C telah mengakibatkan kehilangan berat *red mud* sekitar 26 sampai 29 %.



Gambar 2. *Red mud* dan filtrat sodium aluminat hasil pemrosesan (*digesting*) bauksit dengan bejana tekan

Tabel 1. Komposisi kimia (*major compound*) bauksit tercuci (umpan) pemrosesan bauksit dengan bejana tekan dan *red mud* yang dihasilkan

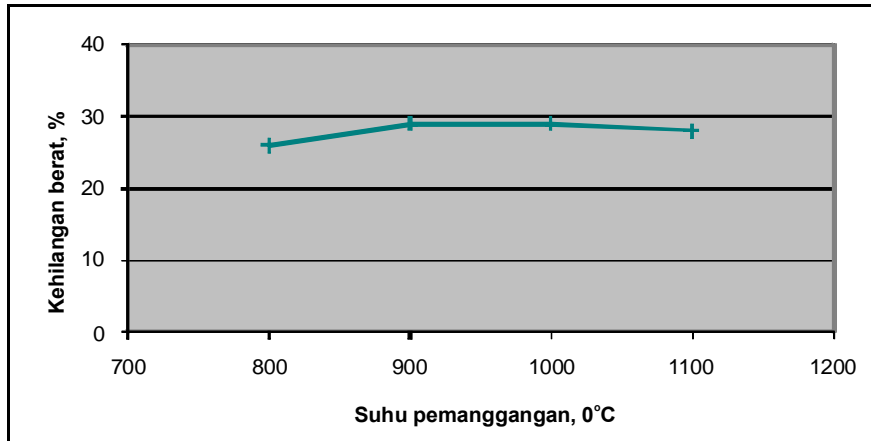
Komponen	Umpan, % (%brt:100)	<i>Red mud</i> , %					
		Total (%brt :36,69)	per fraksi ukuran, mesh				
			-35+60 (%brt:18,33)	-60+100 (%brt:7,33)	-100+150 (%brt:1,88)	-150+200 (%brt:0,86)	-200 (%brt:8,29)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53,49	30,10	38,34	26,87	24,97	19,32	17,01
Na <sub>2</sub> O	0,09	2,95	0,96	0,97	0,65	10,95	8,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,85	8,60	4,12	12,28	11,28	15,06	14,05
TiO <sub>2</sub>	0,32	0,46	0,22	0,26	0,27	1,07	1,07
SiO <sub>2</sub>	14,30	13,42	9,01	15,51	16,51	20,71	19,82

#### 3.2. Pemrosesan *red mud*

- Uji susut berat pada pemanggangan

Data kehilangan berat (susut berat) pada pemanggangan berguna terutama untuk mengetahui kenaikan kadar alumina hasil pemanggangan akibat kehilangan

Hasil analisis *red mud* dengan DTA (Gambar 4) menunjukkan adanya perubahan fasa bersifat endotermis yang cukup signifikan pada suhu sekitar 330°C. Kehilangan berat ini akibat hilangnya air kristal butiran-butiran *gibbsite* (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O) yang masih ada dalam *red mud*.



Gambar 3. Kehilangan berat *red mud* dalam pemanggangan pada berbagai suhu selama 2 jam

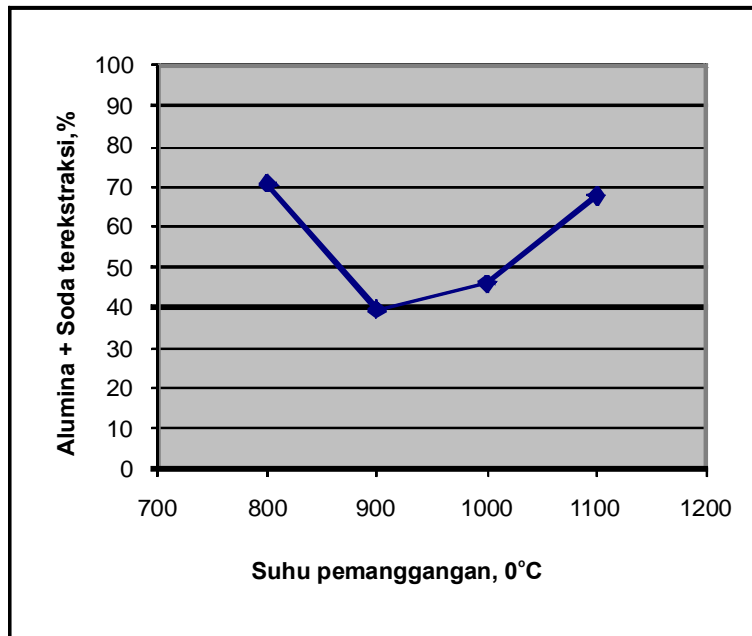


Gambar 4. Analisis termal diferensial (DTA) *red mud*

- Pemanggangan (Proses sinter soda-kapur) dan Pelarutan

Alumina + soda ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) terekstraksi pada pelarutan hasil pemanggangan (HTP) *red mud* ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil pemanggangan pada variasi suhu (800, 900, 1.000, 1.100 °C) telah menunjukkan jumlah alumina + soda terlarut atau terekstraksi terbanyak sebesar 70,68 %. Jumlah ini

merupakan hasil optimal yang dicapai pada kondisi HTP 800 °C selama 2 jam, dan pelarutan pada persen padatan 11,8 %. Pada suhu HTP 900 °C perolehnya menurun yaitu 39,66 %. Namun pada suhu yang lebih tinggi nampak ada peningkatan kembali meskipun tidak melampaui hasil pada 800 °C, yaitu 46,19 % (1.000 °C), dan 67,78 % (1.100 °C). Fenomena ini akibat terlalu rendahnya konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang digunakan dalam pelarutan



Gambar 5. Alumina+Soda terekstraksi pada pelarutan hasil pemanggangan *red mud* pada berbagai suhu

yakni larutan sodium karbonat encer (1% berat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Sebagaimana diungkap dalam pustaka [Alp, 2001] bahwa dalam hal kalsium aluminat ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang terbentuk dalam sinter maka larutan harus mengandung soda konsentrasi tinggi untuk mencapai ekstraksi alumina yang maksimum. Kapur dalam sinter pada suhu yang lebih tinggi dari  $800^\circ\text{C}$  dan waktu pemanggangan yang lebih lama akan banyak bersenyawa dengan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  membentuk kalsium aluminat ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ), senyawa ini memerlukan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang tinggi untuk mengubahnya menjadi sodium aluminat ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dalam jumlah maksimum. Hasil ekstraksi yang ditunjukkan Alp (2001) adalah pada suhu  $900^\circ\text{C}$  ekstraksi meningkat dibanding pada suhu  $800^\circ\text{C}$ , kemudian relatif tetap pada suhu  $1.000$  dan  $1.100^\circ\text{C}$ ; dan material yang digunakan dalam proses sinter soda-kapur adalah bijih bauksit diaspor (*diasporic bauxite*).

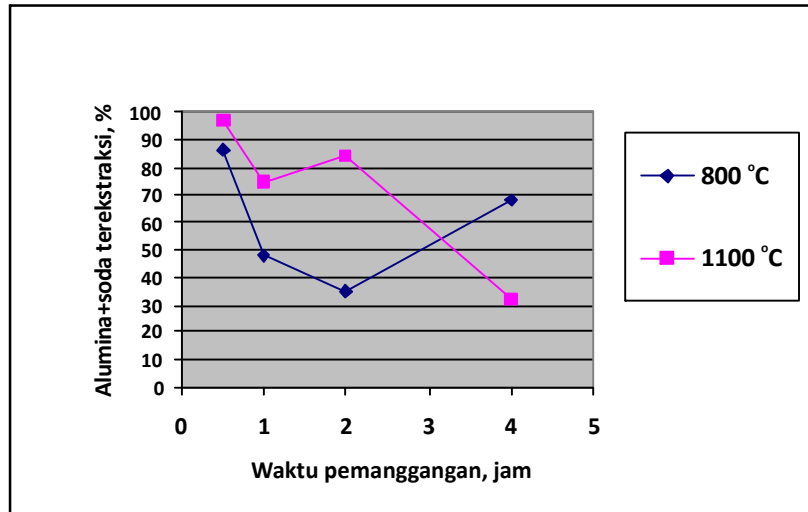
Alumina+soda terekstraksi sebagai fungsi waktu pemanggangan ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil ekstraksi menunjukkan, pada HTP  $800^\circ\text{C}$  alumina+soda terekstraksi tertinggi diperoleh 85,20 %, yaitu pada HTP  $\frac{1}{2}$  jam. Pada HTP  $1.100^\circ\text{C}$ , ekstraksi tertinggi diperoleh 97,76 %, pada HTP  $\frac{1}{2}$  jam. Pada HTP yang lebih lama, ekstraksi menunjukkan kecenderungan menurun baik pada suhu  $800^\circ\text{C}$  maupun  $1.100^\circ\text{C}$ . Fluktuasi terjadi pada

suhu  $800^\circ\text{C}$ , waktu 4 jam, yaitu ekstraksi naik kembali dari 35 % menjadi 68 %; serta pada suhu  $1.100^\circ\text{C}$ , waktu 2 jam, ekstraksi juga naik kembali dari 75 % menjadi 83 %. Kecenderungan penurunan ekstraksi nampak fluktuatif. Fenomena ini penyebabnya juga sama seperti telah dikemukakan diatas, yaitu akibat rendahnya konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam larutan yang digunakan, sehingga ekstraksi alumina tidak maksimum. Hasil ekstraksi yang ditunjukkan Alp (2001) adalah sampai waktu 3 jam ekstraksi meningkat kemudian relatif tetap sesudahnya sampai waktu 5 jam.

Hasil pelarutan diatas menunjukkan bahwa pemanggangan pada suhu  $800$ - $1.100^\circ\text{C}$  dengan imbuhan kapur dan sodium karbonat terhadap *red mud* menghasilkan sinter mengandung senyawa sodium aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ ) mudah larut dalam larutan sodium karbonat encer, menghasilkan larutan sodium aluminat ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ), meninggalkan residu padat.

### 3.3. Kondisi optimum

Ekstraksi alumina+soda tertinggi pada HTP  $800^\circ\text{C}$  diperoleh sebesar 85,20 %, yaitu pada HTP selama  $\frac{1}{2}$  jam. Pada HTP  $1.100^\circ\text{C}$ , ekstraksi tertinggi diperoleh sebesar 97,76 % pada lama HTP yang sama yaitu  $\frac{1}{2}$  jam. Penentuan kondisi optimum didasarkan pada penilaian sebagai berikut : pada kondisi proses



Gambar 6. Alumina+soda terekstraksi dalam variasi waktu pemanggangan pada suhu 800 dan 1100°C

yang sama namun suhu berbeda, kedua angka % ekstraksi tertinggi menunjukkan perbedaan sebesar 12,56 % pada perbedaan suhu 300°C. Berdasarkan pada pencapaian angka 85,20 %, maka setiap kenaikan 300°C akan dihasilkan % ekstraksi sebesar 31,95 %. Berdasarkan pada penilaian tersebut, alumina + soda terekstraksi optimum adalah pada HTP 800°C selama ½ jam, yaitu sebesar 85,20 %.

#### 4. KESIMPULAN

Sebanyak 85% alumina + soda dapat diperoleh kembali dari *red mud* melalui pemanggangan (soda-kapur sinter) pada 800°C dan pelarutan dengan sodium karbonat encer.

Dengan basis 1 ton *red mud* akan diperoleh alumina + soda sebanyak 281 kg.

Kehilangan berat pada pemrosesan *red mud* melalui pemanggangan pada suhu 800- 1.100°C berkisar 26-29% berat, akibat hilangnya air kristal butiran-butiran bauksit ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$  atau *gibbsite*).

Suhu dan waktu pemanggangan sangat berpengaruh pada perolehan alumina + soda dari *red mud*. Pemanggangan dalam waktu ½ jam, diperoleh persentase ekstraksi alumina + soda sebesar 97,76 % pada suhu 1.100°C; dan 85,20 % pada suhu 800°C. Waktu pemanggangan yang lebih lama menurunkan persen ekstraksi alumina + soda pada kedua suhu tersebut.

Hasil optimum alumina + soda yang dapat diekstraksi dari *red mud* adalah sebesar 85,20 % pada kondisi pemrosesan : suhu pemanggangan 800°C, waktu ½ jam, pelarutan pada suhu kamar, persen padatan 11,8 %, pengadukan selama 2 jam.

Larutan alumina + soda yang diperoleh dapat dikembalikan ke pabrik alumina melalui pemompaan untuk dipresipitasi aluminanya sekaligus mengurangi kehilangan soda. Larutan ini dapat juga dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan PAC (*Poly Aluminum Chloride*) dan Tawas ( $Al_2(SO_4)_3$ ) sebagai koagulan penjernihan air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alp, A. and Aydin, A.O., 2002. The Investigation of Efficient Conditions for Alumina Production from Diasporic Bauxites, *Canadian Metallurgical Quarterly*, Vol 41, No.1, p. 41-46.
- Habashi, 1997. *Handbook of Extractive Metallurgy*, vol.II, Wiley-VCH.
- Mullar, 2001. *Element of mineral processing engineering*, University of British Columbia Press.
- Padilla, R. and Sohn, H.Y., 1985. Sintering Kinetics and Alumina Yield in Lime-Soda Sinter Process for Alumina from Coal Wastes, *Metallurgical Transactions B*, Vol 16B, June 1985 – 385.

Padilla, R. and Sohn, H.Y., 1985. Sodium Aluminate Leaching and Desilication in Lime-Soda Sinter Process for Alumina from Coal Wastes, *Metallurgical Transactions B, Vol 16B*, December 1985-707.

Pontikes, 2006. *Environmental aspects on the use of Bayer's Process bauxite residue in the production of ceramics*, CIMTEC 2006, Sicily

Sharif, 2005. *Towards Zero Wastes*, Sharif.Jahanshahi@csiro.au, CSIRO Mineral.