

# KONSENTRASI MINERAL BESI DARI RESIDU BAUKSIT KALIMANTAN BARAT UNTUK BAHAN BAKU PELEBURAN BESI

MUCHTAR AZIZ, MUTA'ALIM, SITI ROCHANI, AGUS WAHYUDI dan DESSY AMALIA

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

## SARI

Endapan bauksit di Kalimantan Barat mempunyai potensi yang besar, namun residu hasil pemrosesan bisa menimbulkan dampak lingkungan yang merugikan bila tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini mencoba mengolah residu bauksit tersebut dengan metode pemisahan magnetik, pemanggangan dan pelarutan. Pemrosesan bauksit tersebut telah dilakukan di laboratorium, menghasilkan alumina terekstraksi 77 % serta residu bauksit (*red mud*) 38 % berat. Residu bauksit mengandung 36,7 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Konsentrasi langsung pada residu bauksit dengan magnetik separator 2000 gauss menghasilkan konsentrat besi berkadar 61,92 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (43,34 % Fe) dengan perolehan 20 %. Pemisahan magnetik dengan intensitas magnet 1000 gauss terhadap residu pemanggangan dan pelarutan dapat menghasilkan konsentrat besi berkadar 65,76 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (46,03 % Fe) dengan perolehan besi 13 %. Konsentrat besi ditingkatkan kadarnya lebih lanjut melalui pemanggangan magnetisasi dan pemisahan magnetik. Hasilnya menunjukkan kadar konsentrat besi dapat ditingkatkan menjadi 88,98  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (62,29 % Fe) dengan perolehan besi 70 %. Kadar tersebut telah memenuhi syarat untuk peleburan besi menghasilkan besi wantah.

Kata kunci : Residu bauksit, pemanggangan, pelarutan, pemanggangan magnetisasi, pemisah magnetik, konsentrat besi

## ABSTRACT

*Bauxite deposits in West Kalimantan is considerably potential, however after processing, its residue could have detrimental to environmental impact, if it is not properly manage. This research was performed to obtain iron concentrate from bauxite residue by using magnetic separation, roasting and leaching. Digesting of the bauxite had been carried out in the laboratory, producing extracted alumina 77 % and red mud 38 % wt., which contained 36,7 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Direct concentration of iron minerals from bauxite residue was then carried out using magnetic separator of 2000 gauss. The product contained 61.92 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (43.34 % Fe) with iron recovery 20 %. Magnetic separation with intensity of 1000 gauss upon the residue of roasting and leaching produced iron concentrate of 65.76 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (46.03 % Fe) with iron recovery 13 %. To enhance iron content in the concentrate, magnetizing roasting and magnetic separation methods were applied. The result shows that iron content of concentrate could be increased up to 88.98 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (62.29 % Fe) with iron recovery 70 %. This grade fulfill the requirement for iron smelting to produce pig iron.*

*Keywords : Red mud, roasting, leaching, magnetizing roasting, magnetic separator, iron concentrate*

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki endapan bauksit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ; *gibbsite*) yang potensial, yang harus diupayakan untuk diolah di dalam negeri agar menghasilkan nilai tambah optimal dan membuka lapangan kerja baru. 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 residu bauksit. Proses Bayer hingga kini masih merupakan andalan untuk mengekstraksi alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dari bijih bauksit, karena belum ditemukannya alternatif proses. Proses tersebut menghasilkan limbah berupa lumpur halus berwarna merah-kecoklatan yang disebut *red mud* (Habashi, 1997) atau residu bauksit. Jika limbah ini tidak dikelola secara terencana dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Pontikes, 2006). Residu bauksit dari berbagai industri bauksit di dunia biasanya memiliki kandungan 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%, dan unsur-unsur minor seperti Hg, Cd, U, dan Th.

Dengan semakin tingginya perhatian akan dampak terhadap lingkungan hidup dari aktifitas suatu industri, saat ini strategi pengelolaan residu bauksit di berbagai belahan dunia lebih difokuskan pada upaya memproses seluruh mineral utama residu bauksit menjadi produk berharga seperti : alumina + soda, konsentrat besi untuk menghasilkan besi mentah, rutil sintetis (*titania*), dan semen dengan mengolahnya secara piro dan hidrometalurgi. Strategi ini dikenal dengan "Pemrosesan Residu Bauksit Bebas Limbah (*Zero Waste Red Mud Processing*)" (Sharif, 2005). Dalam rangka menunjang terwujudnya industri alumina yang berwawasan lingkungan di Indonesia, telah dilakukan penelitian pengolahan residu bauksit dari hasil ekstraksi bijih bauksit Kalimantan Barat. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh konsentrat mineral besi dari residu bauksit, dengan sasaran berkadar minimum 65 % Fe. Kendala yang kemungkinan timbul untuk menghasilkan konsentrat besi dari residu bauksit ini adalah tingginya kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; persyaratan kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  konsentrat peleburan besi dibatasi < 3% (Habashi, 1997). Penelitian ini merupakan langkah awal untuk melihat hasil yang diperoleh melalui metode yang diterapkan dengan melihat terlebih dahulu kadar besi

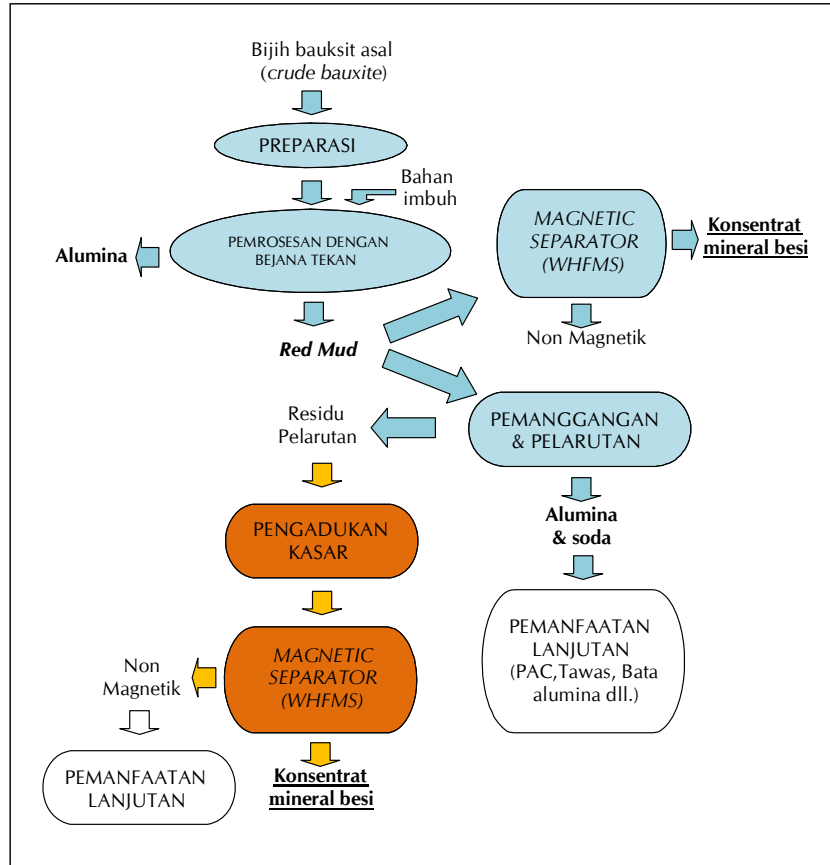
yang dapat dicapai, untuk kemudian dilanjutkan dengan mengatasi kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## METODOLOGI

### Dasar Pertimbangan Metode Konsentrasi

Berdasarkan hasil karakterisasi residu bauksit, pemisahan mineral besi langsung dari residu bauksit melalui *magnetic separator* akan terkendala oleh kondisi keterikatan mineral-mineral besi dengan gipsit pada ukuran butiran gipsit yang relatif halus (40 mesh). Jika dilakukan penggerusan terhadap residu bauksit untuk meningkatkan derajat liberasi mineral besi dapat menyulitkan proses-proses selanjutnya karena sekitar 40 % partikel residu bauksit berukuran  $\leq 3\mu$ , yakni fraksi lempung (Mullar, 2001). Ikatan mineral-mineral besi dan gipsit kemungkinannya bisa secara fisik atau kimia atau gabungan keduanya (Singh and Maneesh, 1996). Oleh karena itu pemisahan mineral besi dengan magnetik separator ditempuh melalui 3 cara atau perlakuan terhadap bauksit residu, yaitu : pengadukan kasar (*scrubbing*) dengan putaran tinggi, bertujuan melepaskan ikatan fisis mineral-mineral besi terhadap gipsit; pemanggangan dan pelarutan untuk memperoleh alumina dan soda dari residu bauksit sekaligus meningkatkan kadar besi dari residunya, melalui pemanggangan terjadi kerusakan dalam struktur kristal gipsit yang tidak dapat larut pada pemrosesan (*digesting*) sehingga aluminanya mudah larut dalam larutan soda encer (Padilla and Sohn, 1985a; 1985b); serta magnetisasi melalui pemanggangan magnetisasi (*magnetizing roasting*) konsentrat besi yang dihasilkan, bertujuan mereduksi hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) menjadi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan menambahkan batubara (sumber reduktor (gas CO)). Magnetit mudah dipisahkan dengan *magnetic separator* pada intensitas magnet yang rendah sehingga diperoleh konsentrat besi berkadar tinggi.

Konsentrasi mineral besi dari residu bauksit dilakukan melalui dua tahapan yaitu konsentrasi awal dan konsentrasi lanjut. Konsentrasi awal dilakukan dengan dua cara, yaitu konsentrasi langsung dari residu bauksit dan konsentrasi dari residu pemanggangan dan pelarutan (Gambar 1) Konsentrasi lanjut dilakukan melalui pemanggangan magnetisasi hasil konsentrasi awal kemudian dipisahkan dengan *magnetic separator*.



Gambar 1. Bagan alir pemrosesan bijih bauksit serta konsentrasi mineral besi dari residu bauksit dengan *magnetic separator* secara basah (*Wet High Flux Magnetic Separator*).

### Konsentrasi Mineral Besi Langsung dari Residu Bauksit

Terhadap *residu bauksit* ditambahkan air sehingga terbentuk *pulp* dengan kandungan padatan 25 %. *Pulp* dilewatkan pada medan magnet *magnetic separator* secara basah (*Wet High Flux Magnetic Separator - WHFMS*), dengan intensitas magnet mulai dari 2000-11500 gauss secara bertingkat yaitu non-magnetik dikerjakan lebih lanjut melalui intensitas magnet yang lebih tinggi.

### Konsentrasi dari Residu Pemanggangan dan Pelarutan

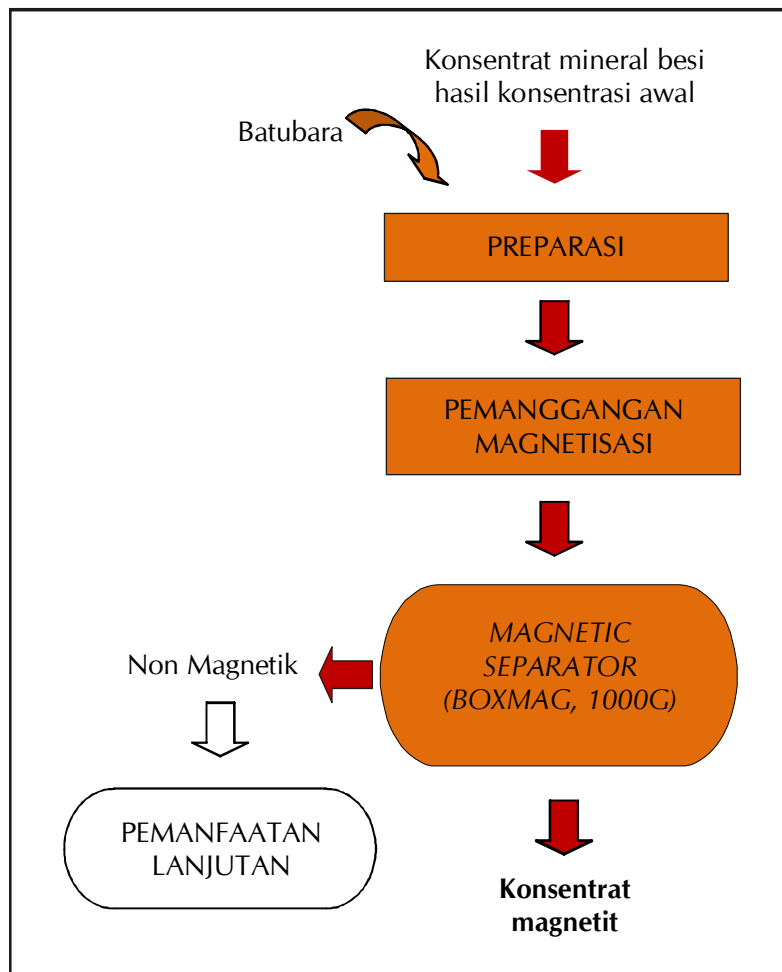
Pemanggangan dan pelarutan residu bauksit bertujuan untuk memperoleh kembali alumina dan soda (Padilla and Sohn, 1985a; 1985b).

Pemanggangan dilakukan pada kondisi optimal hasil penelitian sebelumnya yaitu suhu 800°C selama 1/2 jam. Pelarutan hasil pemanggangan tersebut menghasilkan  $Al(OH)_3$  terekstraksi dan soda sebanyak 85%. Pada umpan pemanggangan ditambahkan bahan imbuah soda abu ( $Na_2CO_3$ ) dalam jumlah stoikiometri kandungan  $Al_2O_3$  (dengan memperhitungkan soda yang telah ada dalam residu bauksit). Pelarutan dilakukan pada suhu kamar selama 1 jam dengan pelarut larutan soda abu encer. Residu pelarutan (mengandung mineral-mineral besi) dicuci dengan akuades dan dibuat lumpur (*pulp*) 25 persen padatan. Terhadap *pulp* dilakukan pengadukan kasar dan selanjutnya dilewatkan melalui pemisah magnetik dengan intensitas magnet 1000-11500 gauss. Mineral magnetik tertarik pada medan magnet dan yang nonmagnetik mengikuti aliran *pulp*.

### Konsentrasi Lanjut melalui Pemanggangan Magnetisasi

Konsentrat besi hasil konsentrasi awal ditingkatkan lebih lanjut kadar besinya melalui pemanggangan magnetisasi (*magnetizing roasting*). Melalui pemanggangan magnetisasi, hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) direduksi oleh gas CO dari batubara yang ditambahkan menjadi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Magnetit memiliki sifat magnetik yang lebih kuat sehingga

mudah dipisahkan dengan *magnetic separator* pada intensitas magnet yang rendah sehingga diperoleh konsentrat besi berkadar tinggi. Pemanggangan magnetisasi dilakukan pada suhu  $900^\circ\text{C}$  dan  $1000^\circ\text{C}$  dengan variasi penambahan batubara sebagai reduktor. Hasil pemanggangan magnetisasi dipisahkan dengan *magnetic separator* secara kering (*BoxMag Separator*) pada intensitas magnet 1000 gauss untuk menghasilkan konsentrat magnetit (Gambar 2).



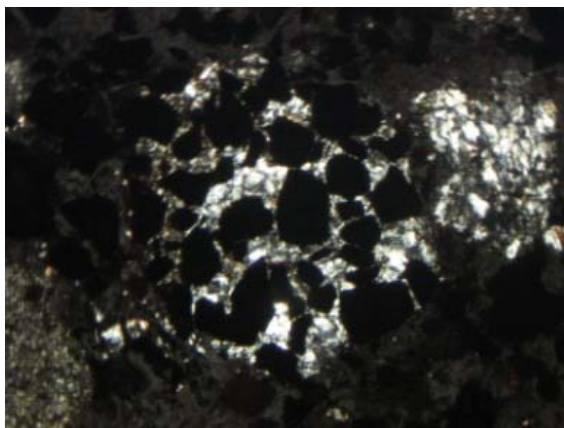
Gambar 2. Bagan alir pemanggangan magnetisasi dan pemisahan magnetit dengan *magnetic separator* Boxmag.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

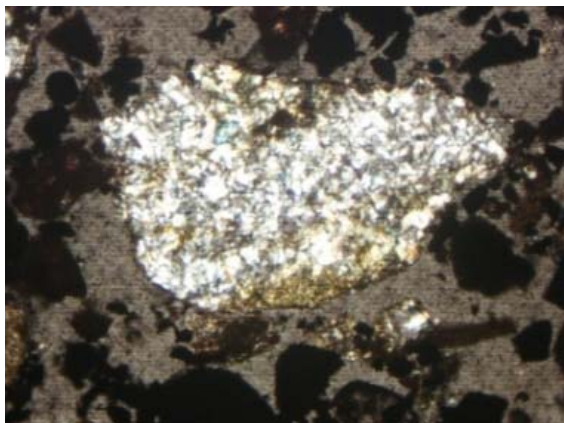
### Karakterisasi Residu Bauksit

#### Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan terhadap sayatan tipis konsentrat besi hasil pemisahan langsung dari bauksit residu dengan pemisah magnetik. Hasil pengamatan menunjukkan sebagian mineral besi masih terikat pada butiran gipsit 0,6 mm (sekitar 40 mesh) dan sebagian lagi sudah terliberasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 (Sutanto, 2008).



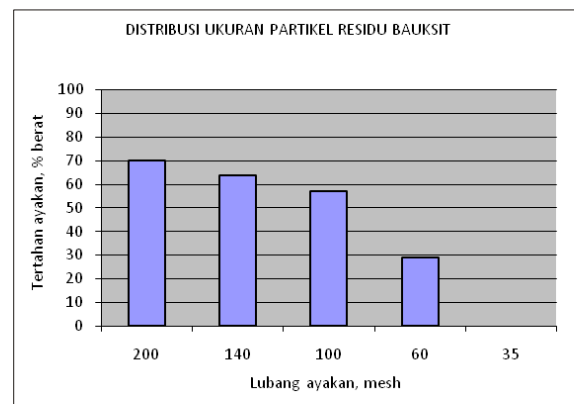
Gambar 3. Fotomikrograf satu butir gipsit (warna terang) ukuran 0,60 mm berikatan dengan butiran-butiran mineral logam/besi (warna hitam).



Gambar 4. Fotomikrograf satu butir gipsit (warna terang) dalam keadaan sudah terliberasi.

#### Distribusi Ukuran Partikel dan Besi Oksida

Analisis ayak partikel residu bauksit ditunjukkan pada Gambar 5. Sekitar 58 % berada pada fraksi lolos 35 mesh (tertahan 100 mesh), 13 % pada fraksi lolos 100 mesh (tertahan 200 mesh), dan sisanya 29 % pada fraksi lolos 200 mesh. Besi oksida ( $Fe_2O_3$ ) terdistribusi sebagai berikut : 47 % pada fraksi lolos 35 mesh tertahan 100 mesh, 17 % pada fraksi lolos 100 mesh tertahan 200 mesh, dan 36 % pada fraksi lolos 200 mesh. Distribusi partikel lolos 200 mesh dianalisis dengan alat *Fritsch particle sizer "analysette 22"*, residu bauksit mengandung sekitar 40 % partikel lempung ( $\leq 3\mu$ ).



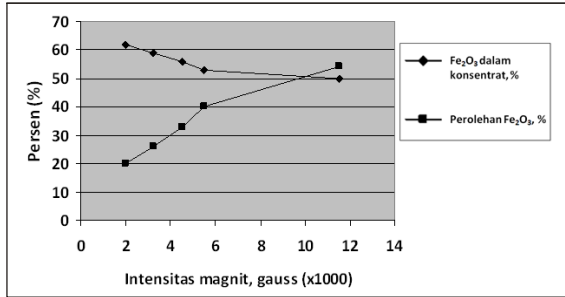
Gambar 5. Distribusi ukuran partikel residu bauksit.

#### Susut Berat pada Pemanggangan

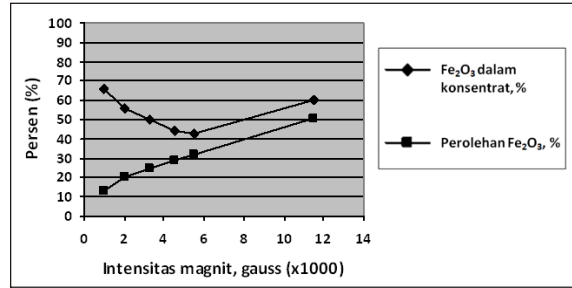
Dalam uji pemanggangan pada suhu 800-1200°C residu bauksit mengalami penyusutan berat sekitar 24-29 % akibat kontak dengan suhu tinggi. Hasil DTA menunjukkan terjadinya penyerapan kalor secara signifikan pada suhu sekitar 330°C akibat lepasnya air kristal dalam residu bauksit. Susut berat akan berkaitan dengan peningkatan kadar (Padilla and Sohn, 1985a).

#### Pemisahan Mineral Besi Langsung dari Residu Bauksit

Pemrosesan (*digesting*) bauksit Kalimantan Barat bisa menghasilkan sekitar 77 % alumina terekstraksi dan sekitar 38 % berat residu bauksit (Aziz dkk, 2007). Residu bauksit mengandung 36,7 %  $Fe_2O_3$ . Hasil pemisahan magnetik langsung dari residu bauksit ditunjukkan pada Gambar 6. Secara umum tampak



Gambar 6. Kadar dan perolehan konzentrat mineral hasil pemisahan magnetik residu bauksit.



Gambar 7. Kadar dan perolehan konzentrat besi hasil pemisahan magnetik residu pemanggangan/pelarutan.

pada grafik ada suatu kecenderungan semakin tinggi intensitas magnet, perolehan besi semakin tinggi namun kadar semakin turun, kecuali pada intensitas magnet 11.500 gauss, yaitu kadar besi sekitar 50 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan perolehan sekitar 54 %. Kadar besi tertinggi diperoleh pada intensitas magnet 2.000 gauss, diperoleh konzentrat berkadar 61,92 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan perolehan 20 %.

#### Pemisahan Magnetik Residu Hasil Pemanggangan dan Pelarutan

Hasil pemisahan magnetik dari residu pemanggangan dan pelarutan ditunjukkan pada Gambar 7. Juga tampak suatu kecenderungan sebagaimana pada pemisahan langsung, yaitu semakin tinggi intensitas magnet, perolehan besi semakin tinggi, namun kadar semakin turun. Pada intensitas 1000 gauss dihasilkan konzentrat 65,76 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan perolehan 13 %, dan pada 11500 gauss kadar konzentrat yang dihasilkan 60 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan perolehan 51 %.

Perlakuan pemanggangan terhadap residu bauksit dapat meningkatkan kadar konzentrat besi dari 61,92 % menjadi 65,76 % atau dapat meningkat sekitar 4 %. Perolehan memang lebih kecil yaitu 13 % dibandingkan dengan pemisahan langsung yaitu 20 %, namun pemisahan hasil pemanggangan berlangsung pada intensitas magnet 1000 gauss atau separuh dari intensitas magnet pada pemisahan langsung. Di samping itu melalui pemanggangan dan pelarutan diperoleh produk samping berupa alumina dan soda serta residu akhir berwarna merah (Gambar 9), bisa dimanfaatkan untuk pigmen keramik atau bahan bangunan (McLeod, 1998).

#### Konzentrasi Lanjut melalui Pemanggangan Magnetisasi

Konzentrat besi dari residu pemanggangan dan pelarutan kadarnya ditingkatkan lebih lanjut melalui pemanggangan magnetisasi sampai diperoleh kadar minimum 60 % Fe yang merupakan persyaratan



a

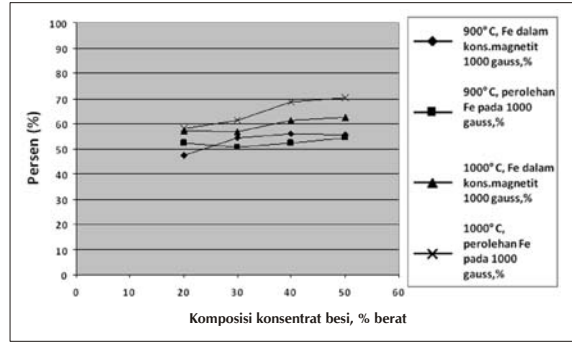


b

Gambar 8. (a) *Magnetic separator* basah (WHFMS). (b) Bola-bola medan magnet



Gambar 9. Residu akhir (non magnetik) berupa pigmen merah (dimanfaatkan untuk keramik)



Gambar 10. Hasil pemisahan magnetik pada pemanggangan magnetisasi (*magnetizing roasting*) konzentrat besi

untuk peleburan besi. Kondisi pemanggangan magnetisasi serta hasil pemisahan magnetik ditunjukkan pada Gambar 10. Tampak kadar besi tertinggi dicapai pada suhu 1000°C yaitu sebesar 62,29% Fe, dengan perolehan sebanyak 70,21 %, dan penggunaan batubara sebagai reduktor sebanyak 50 % berat umpan. Komposisi kimia konzentrat magnetit ditunjukkan pada Tabel 1. Tampak kadar  $Al_2O_3$  masih tinggi yaitu 16,72 %, hal ini menunjukkan masih banyaknya alumina yang terikat pada mineral-mineral besi.

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini telah dapat mengkonsentrasikan mineral-mineral besi dalam limbah (residu bauksit) dari asalnya 36,7 %  $Fe_2O_3$  menjadi 62,29 %  $Fe_2O_3$ . Namun kadar konzentrat besi 65 % Fe masih belum dapat dicapai karena masih tingginya kandungan  $Al_2O_3$ . Diperlukan adanya penggerusan residu bauksit fraksi lolos 35 mesh tertahan 100 mesh sebelum pemanggangan dan pelarutan, untuk membebaskan secara optimum mineral-mineral besi dari bauksit, sehingga diharapkan kadar konzentrat 65 % Fe dan  $Al_2O_3 < 3 %$  dapat dicapai.

Tabel 1. Komposisi kimia (senyawa utama) hasil pemanggangan magnetisasi

No.	Fe total %	$Al_2O_3$ %	$TiO_2$ %	$SiO_2$ %	$Na_2O$ %	CaO %	MgO %
1	47,25	26,51	6,56	4,96	10,01	0,03	0,04
2	54,42	23,35	7,11	4,21	8,34	0,04	0,06
3	56,12	22,41	8,17	4,10	8,47	0,05	0,07
4	55,61	23,13	6,82	4,25	8,29	0,07	0,05
5	57,23	21,26	7,88	3,98	7,98	0,04	0,04
6	56,81	22,12	7,96	4,15	8,03	0,02	0,06
7	61,14	18,78	7,23	4,11	7,12	0,05	0,07
8	<b>62,29</b>	<b>16,72</b>	7,08	4,21	7,44	0,04	0,06

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- Konsentrasi mineral besi langsung dari residu bauksit dengan pemisah magnetik 2000 gauss menghasilkan konsentrat besi berkadar 62 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan perolehan 20%.
- Pemisahan magnetik terhadap residu pemanggangan dan pelarutan dengan intensitas magnet 1000 gauss menghasilkan konsentrat besi berkadar 66%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan perolehan 13%. Diperoleh alumina dan soda serta pigmen merah sebagai produk samping.
- Konsentrasi mineral besi melalui metode pemanggangan dan pelarutan dapat meningkatkan kadar  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebanyak 4 % (dari 62 % menjadi 66 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dengan intensitas magnet yang lebih rendah yaitu 1000 gauss, serta diperoleh produk samping alumina, soda dan pigmen besi oksida. Kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dapat dikurangi dari konsentrat besi.
- Peningkatan kadar konsentrat besi lebih lanjut melalui pemanggangan magnetisasi (*magnetizing roasting*) serta pemisahan magnetik menghasilkan konsentrat besi berkadar 88,98  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (62,29 % Fe) dengan perolehan 70 %. Namun kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  masih 16,72 % (persyaratan < 3 %).

### Saran

Untuk mencapai konsentrat 65 % Fe dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  < 3 %, penelitian masih perlu dilanjutkan dengan melakukan penggerusan fraksi lolos 35 mesh tertahan 100 mesh sebelum pemanggangan dan pelarutan. Pemisahan fraksi tersebut dapat dilakukan dengan hidrosikon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M., Muta'alim, Rochani, S., Pramusanto, Husaini, dan Ardha, N., 2007. Pengolahan dan Pemanfaatan Red Mud-Limbah Industri Alumina, Tayan, *Laporan Internal Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara*, Bandung.
- Habashi, 1997. *Handbook of Extractive Metallurgy, vol.II*, Wiley-VCH.
- McLeod, D. W., 1998. *Production of Red Mud Building Materials in Jamaica*, Gate, Germany.
- Mullar, A.L., 2001. *Element of Mineral Processing Engineering*, University of British Columbia Press.
- Padilla, R. and Sohn, H.Y., 1985a. Sintering Kinetics and Alumina Yield in Lime-soda Sinter Process for Alumina from Coal Wastes, *Metallurgical Transactions B, Vol 16B*, June p. 385.
- Padilla, R. and Sohn, H.Y., 1985b. Sodium Aluminate Leaching and Desilication in Lime-soda Sinter Process for Alumina from Coal Wastes, *Metallurgical Transactions B, Vol 16 B*, December p. 707.
- Pontikes, 2006. *Environmental Aspects on the Use of Bayer's Process Bauxite Residue in the Production of Ceramics*, CIMTEC, Sicily.
- Sharif, J., 2005. Towards Zero Wastes, *Sharif.Jahanshahi@csiro.au*, CSIRO Mineral.
- Singh and Maneesh, 1996. Preparation of special cements from red mud, *Waste Management Journal, Vol. 16, No. 8*, Great Britanian.
- Sutanto A., 2008. Hasil Pengamatan Mikroskopis Sayatan Tipis Residu Bauksit, *Laporan Internal Penelitian Bauksit Kalbar*.