

# PENGARUH UKURAN PARTIKEL, SUHU, STOIKIOMETRI NaOH TERHADAP EKSTRAKSI ALUMINA DAN KANDUNGAN SILIKA TERLARUTNYA DARI BAUKSIT KALIMANTAN BARAT (SKALA LABORATORIUM)

## *Influence of Particle Size, Temperature, Stoichiometric NaOH on Alumina Extraction and Silica Content in Sodium Aluminate Solution of West Kalimantan Bauxite (Laboratory Scale)*

DESSY AMALIA, SUGANAL, TATANG WAHYUDI dan HUSAINI

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara  
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211  
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373  
e-mail: [dessy@tekmira.esdm.go.id](mailto:dessy@tekmira.esdm.go.id)

---

### SARI

Salah satu permasalahan utama dalam proses ekstraksi bijih bauksit untuk memproduksi alumina adalah silika terlarut yang berasal dari silika reaktif dalam bijih. Keberadaan silika reaktif cenderung meningkatkan konsumsi NaOH, silika terlarutnya dapat menimbulkan kerak pada dinding reaktor dan tabung penukar panas. Selain itu silika terlarut dapat menurunkan perolehan alumina karena bereaksi dengan sodium alumina serta memperlambat presipitasi alumina hidrat. Beberapa variasi kondisi proses ekstraksi dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap ekstraksi alumina dan kandungan Si dan Ti terlarut dalam larutan sodium aluminat yang dihasilkan. Percobaan ekstraksi menggunakan NaOH dengan konsentrasi 129 g/L dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Tujuan utama adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu, suhu, fraksi ukuran bijih dan konsentrasi NaOH terhadap perilaku pelarutan aluminium dan silika reaktif. Persen ekstraksi Al terlarut yang terbaik diperoleh sebesar 95,42% yang dihasilkan dari bauksit fraksi ukuran partikel -100 mesh pada suhu 160°C. Nilai ekstraksi Al fluktuatif karena adanya silika terlarut yang merupakan hasil reaksi sodium aluminat dan sodium silikat. Konsentrasi SiO<sub>2</sub> terlarut hasil percobaan ekstraksi sudah baik (kurang dari 0,6 g/L) yaitu 0,3% pada kondisi hasil ekstraksi alumina terbaik. Ti terlarut bertambah dengan meningkatnya suhu.

Kata kunci : bauksit, ekstraksi, alumina, Al terlarut, Si terlarut.

### ABSTRACT

*One of the main problems in bauxite digestion to produce alumina is the dissolved silica due to the presence of reactive silica in bauxite. The reactive silica increases NaOH consumption, meanwhile the dissolved silica causes scaling on the reactor wall, reduce alumina recovery and decrease the precipitation rate of alumina hydrate. Some parameters have been performed to know their influence on Al extraction and dissolved Si and Ti content in sodium aluminate solution. The digestion was performed under 129 g/L NaOH concentration and stirring speed 500 rpm to figure out the effect of the various digestion time, temperature, ore particle size and NaOH concentration on the behaviour of aluminum dissolution and reactive silica. The best percentage of Al dissolution was 95,42% which was achieved at 160°C using ore particle size of -100 mesh. The Al extraction was fluctuative because of the presence of dissolved silica resulted from the reaction of sodium aluminate dan sodium silicate. The dissolved SiO<sub>2</sub> concentration resulted from the diges-*

tion experiment was less than 0.6 g/L, which is fairly good correspond to 0.3% of the best alumina extraction result. Meanwhile, the dissolved Ti increased with increasing temperature of digestion.

Keywords : bauxite, digestion, dissolved Al, dissolved Si

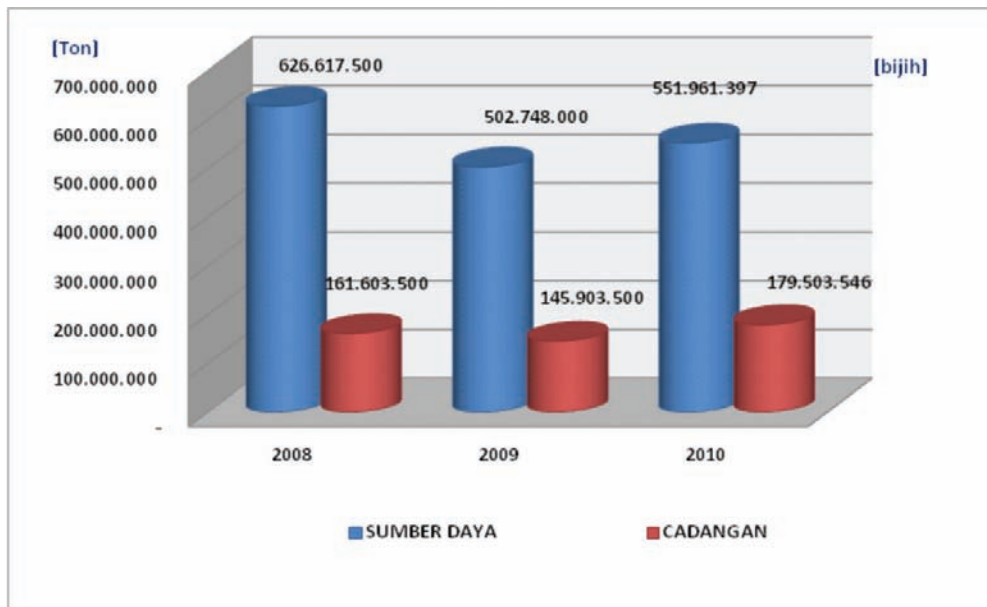
## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumberdaya bijih bauksit yang melimpah sebesar 551.961.397 ton dengan jumlah cadangan sebesar 179.503.546 ton berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2008 – 2010 seperti yang disajikan pada Gambar 1 (Sihite, 2011). Sumberdaya bauksit tersebut belum dimanfaatkan secara optimal sementara satu-satunya *aluminium smelter* di Indonesia yaitu PT. Inalum masih mengimpor alumina dari luar negeri. Hal ini menunjukkan Indonesia masih memiliki rantai yang putus pada proses pengolahan dan pemurnian untuk meningkatkan nilai tambah bauksit di dalam negeri terutama dalam memenuhi kebutuhan bahan baku pabrik peleburan aluminium di Sumatera Utara.

Dari keseluruhan alumina yang dihasilkan di dunia, ±85% dimanfaatkan sebagai bahan baku logam aluminium (*smelter grade alumina*), ±10% digunakan sebagai bahan baku berbagai produk kimia seperti tawas, pasta gigi, PAC dan lain-lain (*chemical grade alumina*) dan ±5% dimanfaatkan untuk

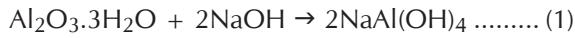
selain kedua produk tersebut (Plunkert, 1999). Hingga saat ini, produksi alumina dari bijih bauksit dilakukan melalui proses Bayer dengan pelarutan selektif alumina dari bijih bauksit dalam larutan NaOH. Proses tersebut masih terus dikembangkan untuk memperoleh persen ekstraksi alumina yang tinggi dengan mengurangi kondisi yang tidak efisien seperti konsumsi energi dan NaOH karena jumlah silika terlarut yang tinggi.

Bijih bauksit di Indonesia umumnya mempunyai tipe mineral utama gipsit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  atau  $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$ , yang juga dikenal dengan *hydrargillite* atau *trihydrate*) dan sedikit buhmit ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  atau  $\gamma\text{-AlOOH}$ , yang dikenal sebagai monohidrat). Selain itu bauksit juga mengandung mineral pengotor berupa oksida dan hidroksida dari besi, titanium, silikon (kuarsa dan mineral lempung), dan air serta 50 – 60 elemen lain seperti P, As, Mo, Ga, Cl, I, Br, K, dan Ge. Mineral penyusun silikon dalam bauksit dapat berupa kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ) dan lempung, yaitu kaolinit, *halloysite* ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Sementara besi biasanya terdapat dalam bentuk hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan gutit ( $\alpha\text{-(Fe,Al)OOH}$ ) (Auther-Martin dkk, 2001).

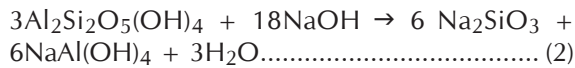


Gambar 1. Sumberdaya dan cadangan bauksit Indonesia ( Sihite, 2011)

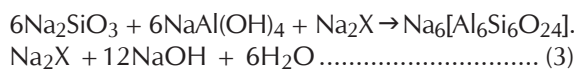
Gibsit dalam bijih bauksit dapat larut dalam larutan NaOH melalui reaksi sebagai berikut (Habashi, 1997).



Selain gibsit, mineral silika reaktif seperti kaolinit juga ikut larut ke dalam larutan dengan reaksi sebagai berikut



Silika reaktif yang terlarut mengendap membentuk *desilication product* (DSP)



dimana X mewakili bermacam anion anorganik yang umumnya berupa sulfat, karbonat, klorida, aluminat dan hidroksida (Smith, 2009). Data energi bebas *Gibbs standard* ( $\Delta G^\circ$ ) dan konstanta kesetimbangan (K) reaksi pelarutan gibsit (reaksi 1.1) dan kaolinit (reaksi 1.2) disajikan berturut-turut pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data  $\Delta G^\circ$  dan K reaksi pelarutan gibsit pada berbagai suhu

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 2 \text{NaOH} \leftrightarrow 2 \text{NaAl}(\text{OH})_4$			
T(°C)	T (°K)	$\Delta G^\circ T$ (kJ/mol)	K
25	298	-72.409	$4,927 \times 10^{12}$
140	413	-100.388	$4,97872 \times 10^{12}$
150	423	-102.661	$4,76078 \times 10^{12}$
160	433	-104.897	$4,51496 \times 10^{12}$

Tabel 2. Data  $\Delta G^\circ$  dan K reaksi pelarutan kaolinit pada berbagai suhu

$3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 18\text{NaOH} \leftrightarrow 6\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 6\text{NaAl}(\text{OH})_4 + 3\text{H}_2\text{O}$			
T(°C)	T (°K)	$\Delta G^\circ T$ (kJ/mol)	K
25	298	-688.119	$4,17 \times 10^{120}$
140	413	-947.745	$7,44 \times 10^{119}$
150	423	-970.208	$6,48 \times 10^{119}$
160	433	-992.650	$5,65 \times 10^{119}$

Sebagaimana ditunjukkan pada reaksi 2 dan 3 pada kandungan silika reaktif dalam bijih bauksit dapat meningkatkan konsumsi NaOH dan konsekuensinya, meningkatkan biaya operasi pabrik pemurnian alumina. Bauksit dengan kandungan 8% berat silika reaktif (Al/Si = 6,25) dianggap tidak ekonomis untuk diproses (Smith, 2009). Selain menambah kebutuhan NaOH, silikat terlarut dalam larutan sodium aluminat akan memperlambat proses pengendapan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses presipitasi alumina hidrat menjadi lebih lama (Adu-Wusu dan Wilcox, 1991). Pembentukan kompleks DSP juga dapat menimbulkan kerak pada permukaan dinding reaktor saat ekstraksi (Pan dkk, 2012) sehingga memengaruhi ujung kerja reaktor.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh beberapa variasi seperti ukuran partikel, stoikiometri NaOH terhadap kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  reaktif dalam bijih dan suhu dengan bertambahnya waktu terhadap kandungan alumina silika terlarut dalam larutan sodium aluminat. Pada umumnya, kandungan silika terlarut yang diperbolehkan dalam larutan sodium aluminat komersial sebesar 0,6 g/L (Habashi, 1997). Selain kandungan silika, juga dilihat pengaruh kondisi proses ekstraksi terhadap unsur Ti. Hasil penelitian diharapkan dapat memenuhi spesifikasi komersial terutama kandungan silika terlarut dalam larutan sodium aluminat maksimal 0,6 g/L dengan persen ekstraksi alumina lebih dari 90%.

## METODOLOGI

Percontoh bijih bauksit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Tayan, Kalimantan Barat. Percontoh bijih yang dipakai sudah mengalami proses pencucian untuk mengurangi lempung yang melekat pada permukaan bijih sehingga kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dalam bijih meningkat. Percontoh bauksit yang sudah dilakukan pencucian di lakukan pemercontohan.

Proses pemercontohan bijih dilakukan dengan metode basung prapat, split dan pengadukan untuk memperoleh percontoh penelitian yang representatif. Selanjutnya bijih dilakukan proses reduksi ukuran dengan menggunakan peremuk rol dan penggerus bola yang dilanjutkan klasifikasi ukuran bijih dengan pengayakan. Ukuran partikel bijih

yang digunakan dalam percobaan yaitu 80% lolos ayakan 60; 100 dan 150 mesh. Percontoh bijih bauksit kemudian dianalisis komposisi kimianya dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).

Analisis komposisi kimia bijih dengan SSA dilakukan pada setiap fraksi ukuran bijih. Analisis kandungan silika reaktif pada setiap fraksi ukuran bijih dilakukan dengan metode gravimetri. Identifikasi mineral yang dominan dalam sampel bijih dilakukan dengan analisis difraksi sinar-X (XRD). Analisis kandungan mineral dalam bijih juga dilakukan dengan mikroskop optik pada setiap fraksi ukuran bijih. Distribusi elemen dalam percontoh dan morfologi mineral dalam percontoh bijih dianalisis dengan mikroskop elektron pemindai (SEM).

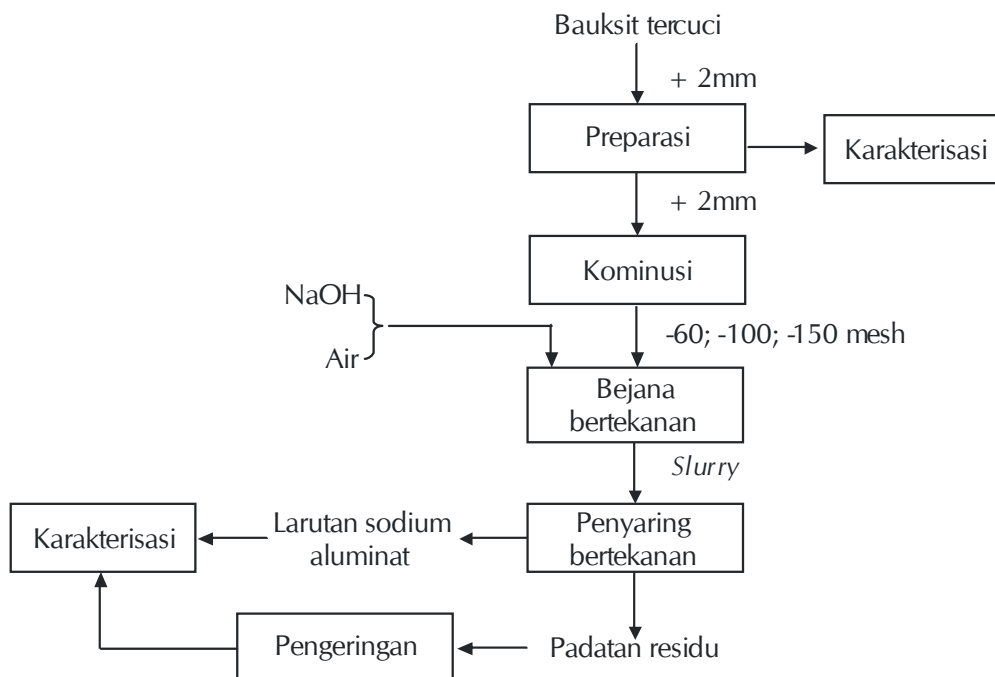
Percobaan dilakukan untuk mendapatkan kondisi terbaik dari proses ekstraksi alumina dari bijih bauksit. Percobaan-percobaan dilakukan dalam reaktor berupa bejana bertekanan yang dindingnya dilapisi oleh dinding lain yang berisi minyak silikon yang berfungsi sebagai pengatur pemanasan dan tekanan meningkat dengan kenaikan suhu. Seluruh percobaan menggunakan konsentrasi tetap NaOH 129 g/L dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Variabel yang berubah pada percobaan terdiri dari ukuran partikel 80% lolos ayakan (60; 100 dan 150 mesh), suhu (140; 150 dan 160°C), waktu (15;30;45 dan

60 menit) dan rasio NaOH terhadap jumlah  $Al_2O_3$  dan  $SiO_2$  (1; 1,5 dan 2 kali stoikiometri). Diagram alir percobaan ditunjukkan pada Gambar 2.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bauksit yang digunakan tampak berwarna coklat kemerahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Identifikasi warna tersebut berarti bauksit mengandung mineral gutit dan hematit (Bardossy, 1990). Hal ini diperkuat dari hasil analisis XRD pada Gambar 4 yang menunjukkan bauksit yang digunakan memiliki komposisi mineral gipsit, gutit, hematit dan kuarsa. Selain keempat mineral tersebut, tampak lempung juga terlihat berikatan dengan gipsit yang terlihat pada hasil fotomikrograf sayatan tipis fraksi + 60 mesh pada Gambar 5. Lempung yang berikatan kemungkinan besar adalah kaolinit yang merupakan silika reaktif. Selain itu terlihat kuarsa ada yang terinklusi dalam lempung tersebut.

Komposisi mineral yang terkandung dalam bijih menunjukkan bahwa gipsit yang dominan dalam bijih bauksit tersebut. Mineral pengotor yang terdapat dalam bijih adalah gutit dan hematit yang merupakan mineral besi serta kuarsa. Komposisi kimia bauksit tercuci telah mengalami peningkatan kadar karena telah melalui proses pencucian sehingga kadar  $Al_2O_3$



Gambar 2. Diagram alir percobaan

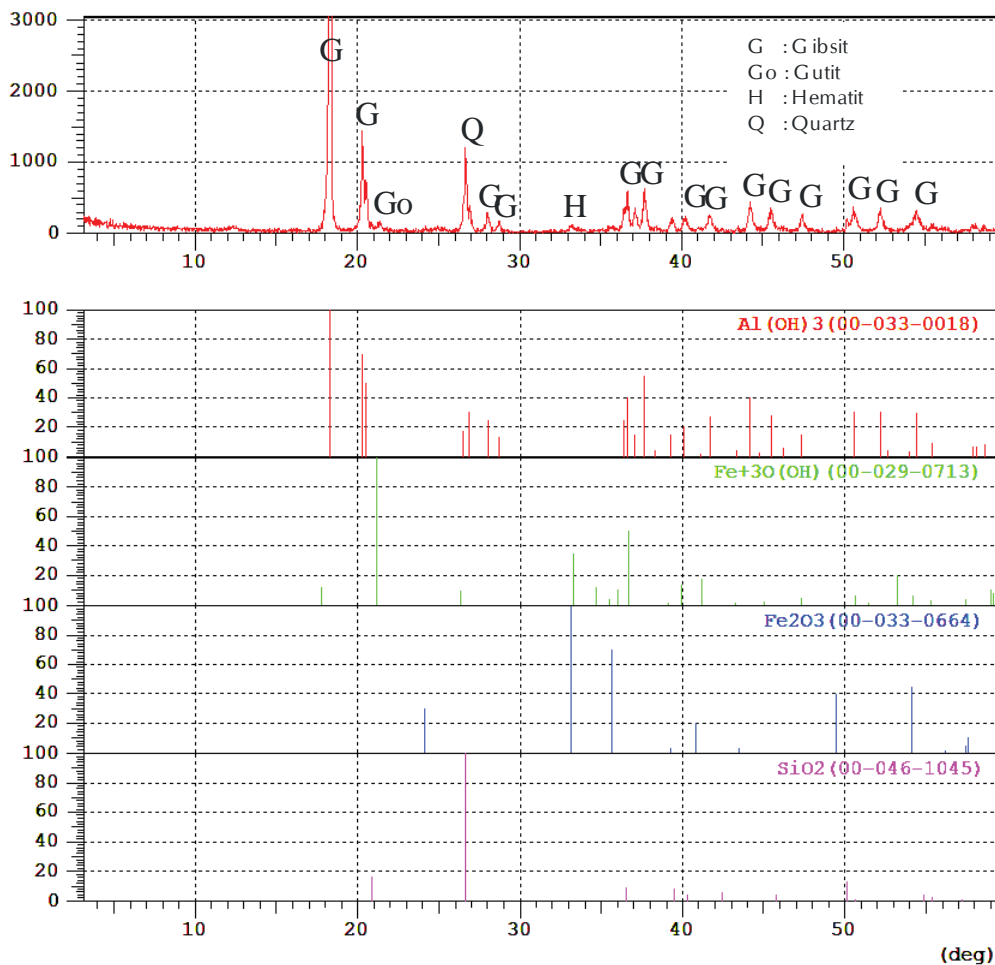


Gambar 3. Sampel bijih bauksit tercuci

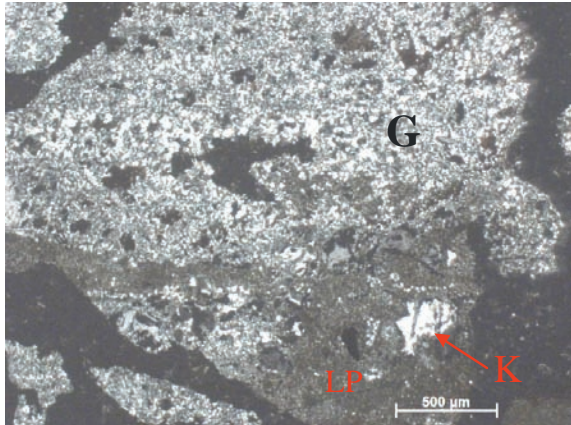
dalam bijih sebesar 48,63% menjadi 53,8%, dan kandungan oksida lain bauksit tercuci seperti  $\text{SiO}_2$  total,  $\text{SiO}_2$  bebas,  $\text{SiO}_2$  reaktif,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$  berturut turut adalah 7,06; 4,91; 2,15; 5,52 dan 0,51% (Amelia dkk, 2014 dalam proses pengeditan).

Komposisi kimia jika dicocokkan dengan hasil pengelompokkan spesifikasi bauksit sesuai dengan kegunaannya yang dilakukan oleh Peter H.W. dalam laporan Husaini dkk, 2007 (Tabel 3) menunjukkan kualitas dari bauksit tercuci yang digunakan termasuk bauksit metalurgi yang dapat digunakan sebagai bahan baku alumina kualitas peleburan (SGA alumina). Dari komposisi kimia tersebut juga diketahui bahwa rasio Al/Si pada bauksit yang digunakan  $> 6,25$  berarti ekonomis untuk digunakan dalam proses Bayer (Smith, 2009).

Bauksit tersebut kemudian digunakan dalam proses ekstraksi dengan variasi ukuran partikel dan suhu yang diamati dengan bertambahnya waktu. Proses



Gambar 4. Hasil analisis XRD bauksit tercuci (Dessy dkk, 2014 dalam proses pengeditan)



Gambar 5. Fotomikrograf sayatan tipis fraksi +60 mesh

Tabel 3. Spesifikasi bauksit berdasarkan aplikasi produk akhir alumina yang dihasilkan

Komponen dalam bauksit	Aplikasi				
	Meta-lurgi (%)	Chemical (%)	Semen (%)	Refraktori (%)	Abrasif (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	50-55	≥ 55	45-55	≥ 84,5	80-88
SiO <sub>2</sub>	0-15	5-18	≤ 6	≤ 7,5	4-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-30	≤ 2	20-30	≤ 2,5	2-5
TiO <sub>2</sub>	0-6	0-6	3	≤ 4	2-5

ekstraksi menghasilkan larutan sodium aluminat dan residu bauksit. Komposisi kimia larutan sodium aluminat yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 4. Data hasil analisis larutan sodium aluminat tersebut memperlihatkan bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> terlarut hampir seluruhnya lebih rendah dari 0,6 g/L yang berarti sudah memenuhi kadar maksimum SiO<sub>2</sub> yang umum digunakan pada pabrik-pabrik pemurnian alumina. Selain berdasarkan konsentrasi SiO<sub>2</sub> terlarut, pemilihan kondisi ekstraksi terbaik juga harus dilihat dari persen ekstraksi Al dan selektifitas pelindian terhadap unsur pengotor seperti Ti.

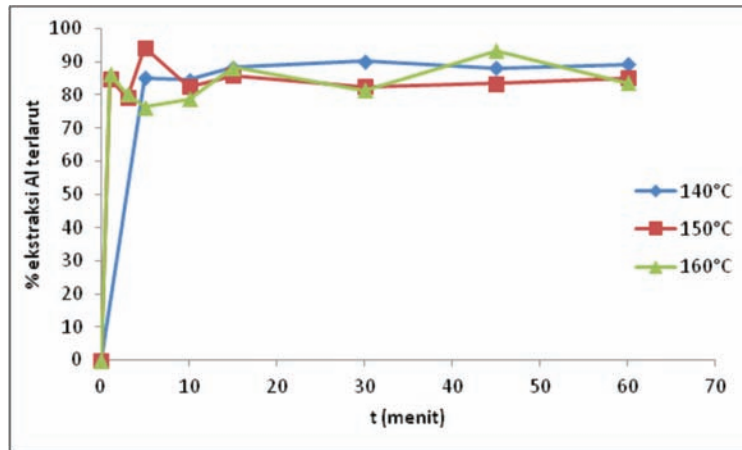
### Pengaruh Suhu dan Ukuran Partikel

Persen ekstraksi Al dan SiO<sub>2</sub> terlarut sebagai fungsi waktu pada berbagai suhu ekstraksi dan distribusi ukuran bijih ditunjukkan pada Gambar 6 - 11. Waktu proses setiap ukuran partikel awalnya dilakukan menit ke 15; 30; 45 dan 60. Hasil pengamatan menunjukkan grafik yang curam dari menit ke 0 sampai 15 dan hampir tunak dari menit 15 – 60 sehingga

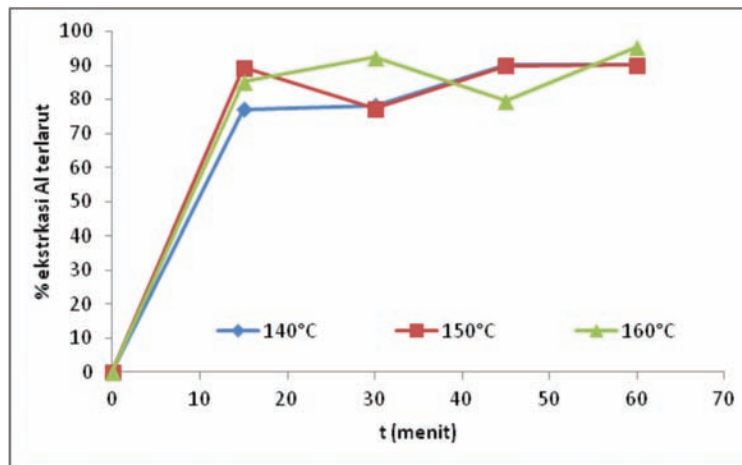
Tabel 4. Komposisi kimia larutan sodium aluminat (NaAl(OH)<sub>4</sub>)

Ukuran Partikel	T (°C)	Waktu (mnt)	Al g/L	SiO <sub>2</sub> Ti	
				mg/L	
-60 mesh	140	15	33,35	1690	15
		30	34	760	21
		45	33	100	22,6
		60	33,69	210	25,77
	150	15	32,29	290	6,9
		30	31	120	40
		45	31	140	21
		60	32	210	29
	160	15	33,35	390	5,88
		30	30,70	200	12,58
		45	35	120	15,9
		60	40	160	13,1
-100 mesh	140	15	29,12	380	7,62
		30	29,54	140	10,78
		45	34	70	35
		60	34	900	12,5
	150	15	33,69	220	31,17
		30	29,15	120	9,11
		45	23	130	15,9
		60	34	30	36
	160	15	32,15	230	16,7
		30	39	169,01	13,78
		45	30	130	50
		60	36	80	38
-150 mesh	140	15	33,12	190	23
		30	33,35	210	5,58
		45	35	190	25
		60	34	140	16,8
	150	15	33,80	220	22,17
		30	38	188,26	11,1
		45	30	120	49
		60	34	140	14,8
	160	15	32,63	160	9,83
		30	31,24	2010	19,18
		45	29	120	57
		60	32	180	25

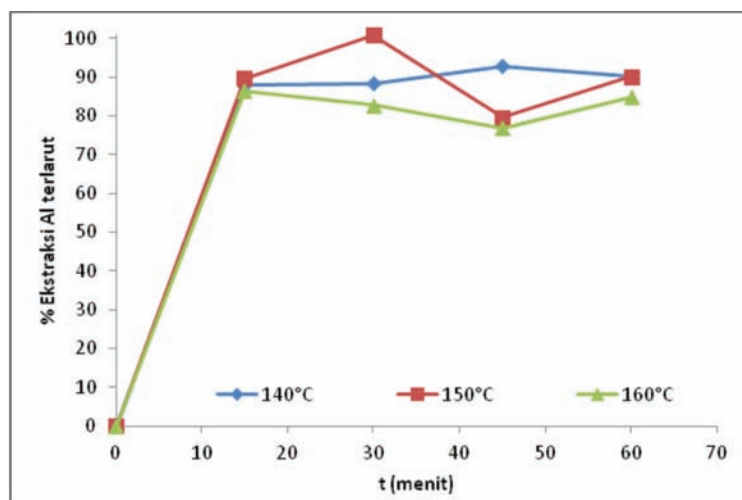
diperlukan data ekstraksi sebelum menit ke-15 yang dilakukan pada ukuran -60 mesh, karena keterbatasan percontoh, seperti yang terlihat pada Gambar 6.



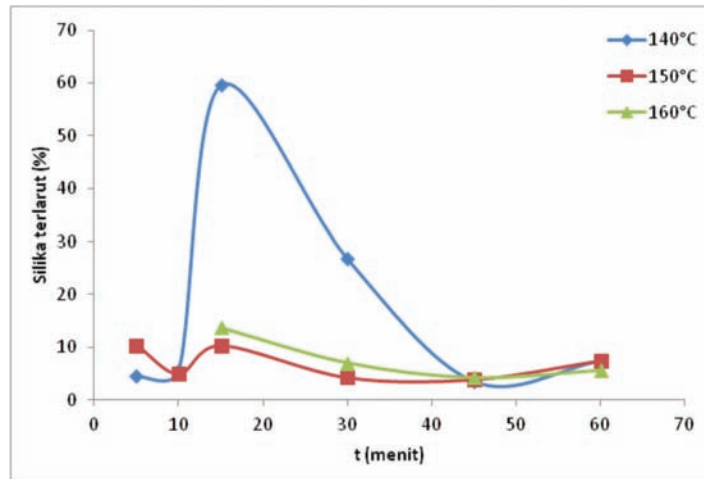
Gambar 6. Persen ekstraksi Al sebagai fungsi waktu dan suhu ekstraksi pada ukuran partikel bijih -60 mesh



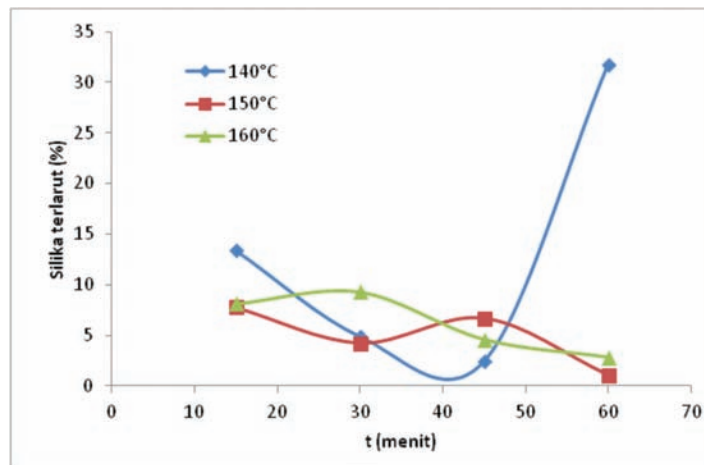
Gambar 7. Persen ekstraksi Al sebagai fungsi waktu dan suhu ekstraksi pada ukuran partikel bijih -100 mesh



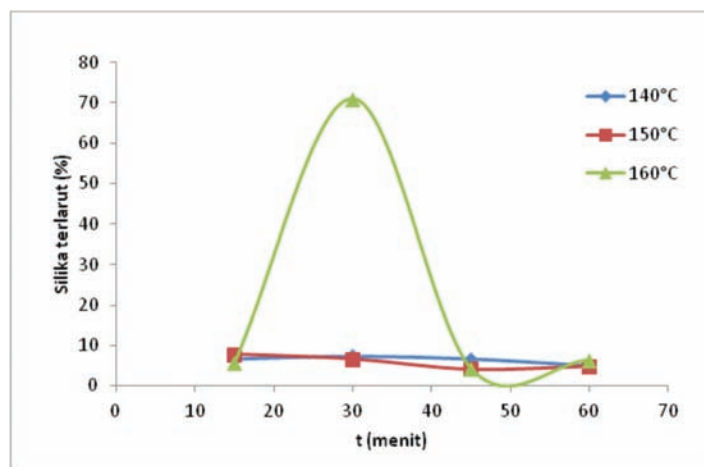
Gambar 8. Persen ekstraksi Al sebagai fungsi waktu dan suhu ekstraksi pada ukuran partikel bijih -150 mesh



Gambar 9. Persen silika terlarut sebagai fungsi waktu dan suhu ekstraksi pada ukuran partikel bijih -60 mesh



Gambar 10. Persen silika terlarut sebagai fungsi waktu dan suhu ekstraksi pada ukuran partikel bijih -100 mesh



Gambar 11. Persen silika terlarut sebagai fungsi waktu dan suhu ekstraksi pada ukuran partikel bijih -150 mesh



Pada ukuran partikel bijih -60 mesh, -100 mesh dan -150 mesh dengan variasi suhu, terlihat persen ekstraksi Al dalam larutan sodium aluminat fluktuatif. Pada ukuran partikel -60 mesh dengan variasi temperatur (Gambar 6), persen ekstraksi Al pada temperatur 140°C cenderung lebih tinggi dibandingkan temperatur 150 dan 160°C. Fenomena ini dapat kita lihat dari nilai konstanta kesimbangan (K) reaksi tersebut pada Tabel 1. Nilai K reaksi gipsit dengan NaOH pada 140°C lebih besar dibandingkan nilai K pada 150 dan 160°C. Begitu pula nilai K pada pelarutan Si (Tabel 2) dari kaolinit dengan NaOH pada 140°C lebih besar dibandingkan pada temperatur 150 dan 160°C yang berarti Si terlarut akan lebih banyak pada suhu 140°C seperti yang terlihat pada Gambar 9 - 11. Reaksi kaolinit dengan NaOH juga menghasilkan sodium aluminat sehingga jumlah Al yang terlarut pada 140°C lebih banyak karena tidak hanya hasil reaksi dari gipsit namun juga dari hasil reaksi kaolinit.

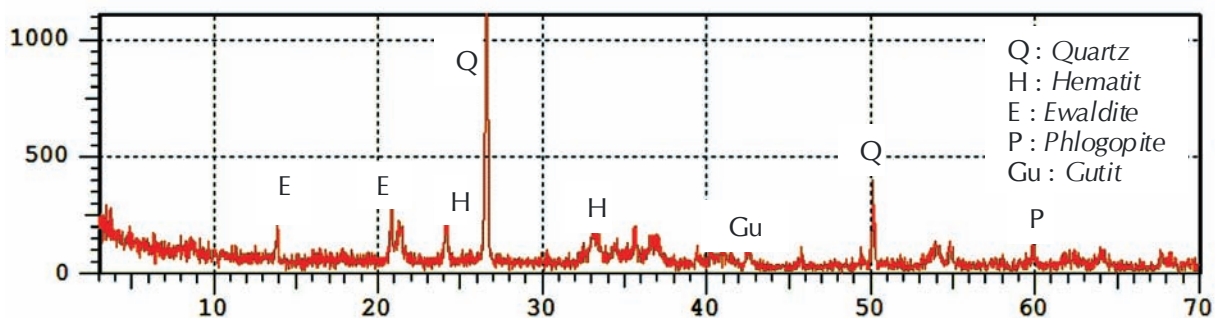
Fenomena lain terjadi pada ukuran partikel -100 mesh dan -150 mesh yang dapat diamati pada Gambar 7 dan 8. Ukuran partikel yang semakin kecil menyebabkan mineral yang terkandung memiliki derajat liberasi lebih tinggi sehingga mineral yang terinklusi terbebaskan. Partikel yang terbebaskan termasuk pengotor seperti kuarsa maupun kaolinit yang memiliki kecenderungan bereaksi terhadap NaOH lebih besar dibandingkan gipsit (Tabel 1 dan 2).

Persen ekstraksi Al terbaik pada -100 mesh terjadi pada temperatur 160°C disebabkan Si yang terlarut cenderung lebih sedikit dilihat dari nilai K (Tabel 2) sehingga reaksi lanjut antar sodium silikat dan sodium aluminat membentuk padatan *desilication product* (DSP) juga semakin sedikit sehingga jumlah Al terlarut lebih banyak. Namun ekstraksi Al pada ukuran butir -150 mesh cenderung lebih rendah dibanding ukuran partikel lain karena jumlah unsur

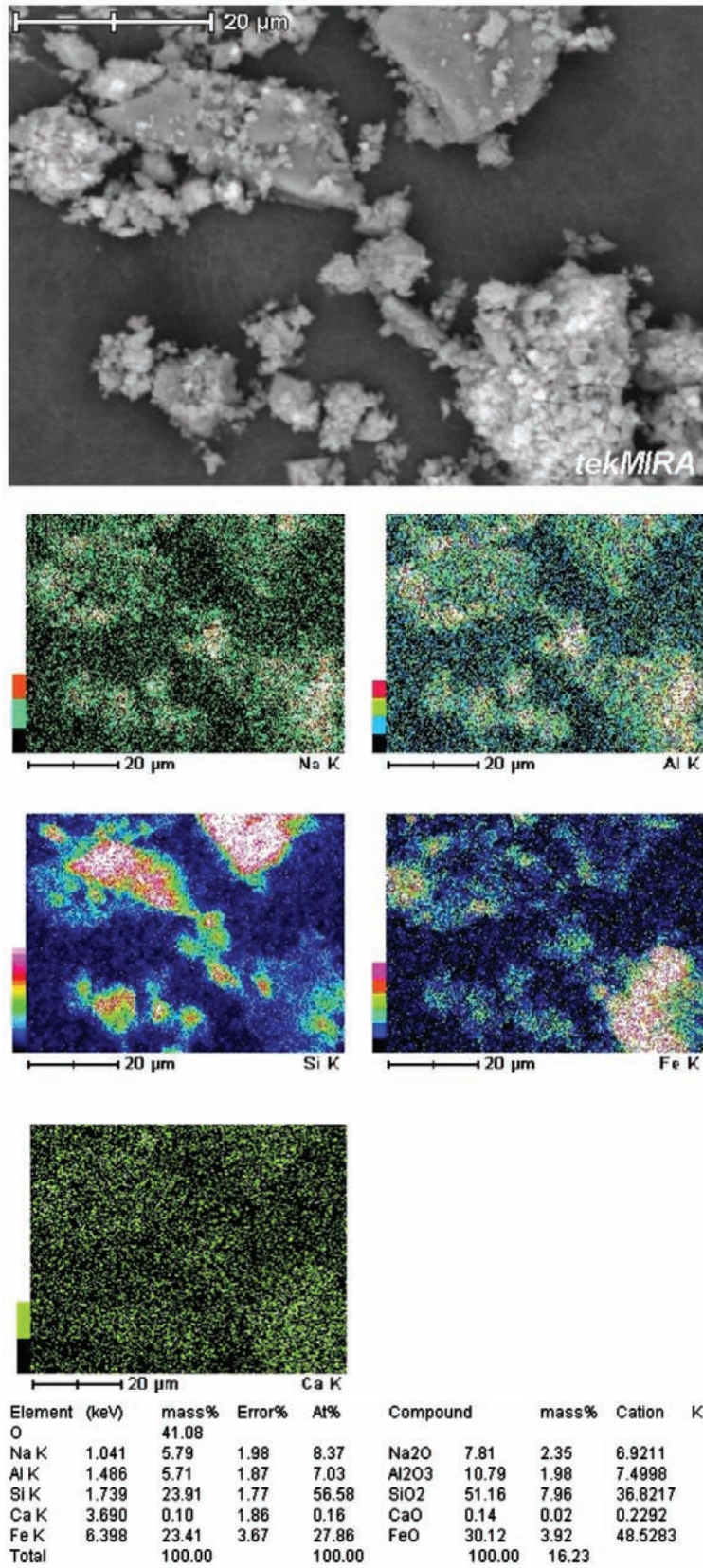
Si yang terliberasi makin banyak sehingga NaOH yang diperlukan untuk mereaksikan Al sudah lebih banyak dikonsumsi terlebih dahulu oleh Si sehingga kemungkinan jumlah NaOH untuk mereaksikan Al kurang memadai dimana nilai K reaksi pelarutan Al jauh lebih kecil dibanding Si sehingga pelarutan Si cenderung berlangsung pertama kali sebelum pelarutan Al.

Persen ekstraksi Al mengalami fluktuatif artinya pada awal reaksi terjadi peningkatan kemudian setelah beberapa waktu terjadi penurunan. Penurunan persen ekstraksi Al setelah waktu tertentu selain pengaruh suhu juga disebabkan oleh bereaksinya Al dan SiO<sub>2</sub> terlarut membentuk endapan yang dikenal dengan DSP misal sodalite (Na<sub>6</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>24</sub>].Na<sub>2</sub>X). *Sodalite* adalah salah satu fase mineral yang terbentuk dari pengendapan Si terlarut bersama residu bauksit (Smith, 2009). Pada percobaan ini residu bauksit yang dihasilkan dari ukuran partikel -60 mesh pada suhu 150°C terdiri dari kuarsa, hematit, ewaldit, phlogopit dan gutit yang ditunjukkan pada Gambar 12. Hasil analisis tersebut tidak menunjukkan adanya gipsit dalam residu bauksit yang berarti gipsit sudah bereaksi hampir keseluruhan. Namun adanya Al dalam residu bauksit terdeteksi dari hasil morfologi melalui SEM dengan pembesaran 1800x pada Gambar 13 yang didominasi oleh unsur Si dan Fe. Gambar morfologi residu bauksit tersebut menunjukkan unsur kuarsa diselubungi Al dengan partikel berbentuk kasar dan ukuran yang besar. Selain Si dan Al, sampel residu bauksit tersebut juga mengandung unsur Na, Fe, Ca dan Fe memperlihatkan karakter lebih kuat dibandingkan Al.

Selain Si, unsur yang terpengaruh pada proses ekstraksi bauksit adalah titanium. Titanium oksida dalam bijih bereaksi dengan larutan NaOH menjadi sodium titanate (Bardossy dan Aleva, 1990) dan jumlah Ti terlarut semakin meningkat dengan peningkatan temperatur ekstraksi. Kemungkinan



Gambar 12. Hasil analisis XRD residu bauksit hasil ekstraksi



Gambar 13. SEM mikrograf residu bauksit hasil ekstraksi dan distribusi logam Na, Al, Si, Fe, dan Ca

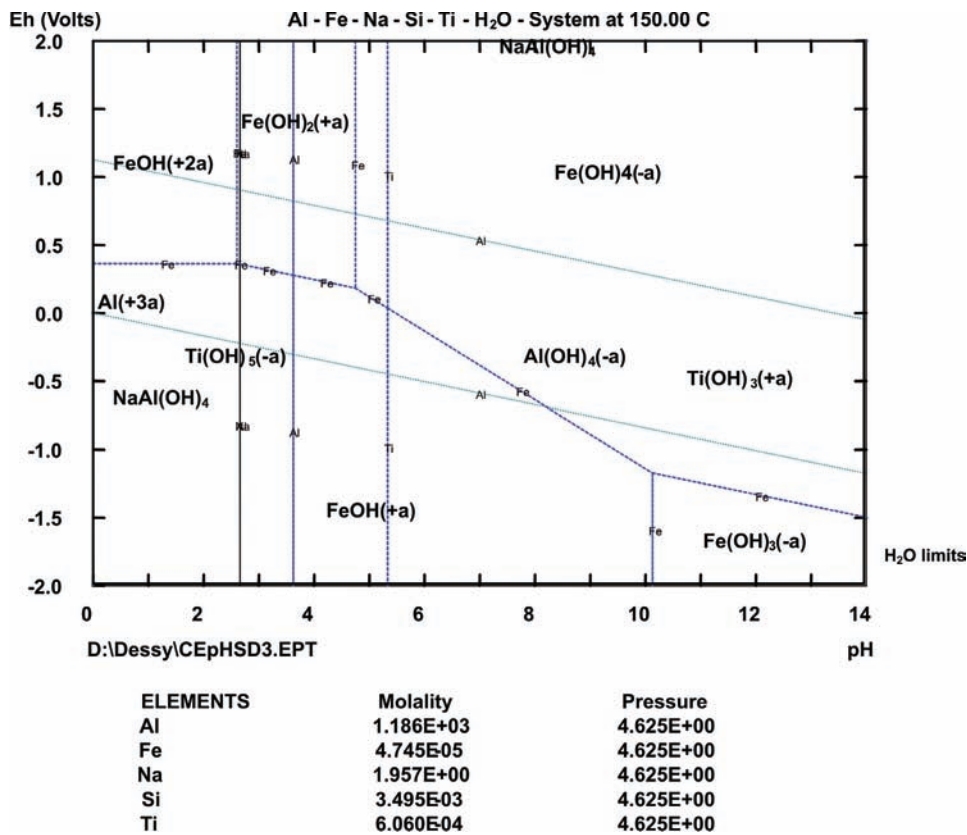
terlarutnya Ti dari bijih bauksit dalam proses ekstraksi dapat diprediksi dari diagram Eh-pH sistem Al-Fe-Na-Si-Ti-H<sub>2</sub>O yang dikonstruksi dengan paket program HSC 7.0 (lisensi Departemen Metalurgi-ITB) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14. Dalam diagram yang dikonstruksi tersebut, molalitas unsur yang ditinjau menyesuaikan dengan molalitas unsur terlarut dari hasil analisis larutan hasil proses ekstraksi pada temperatur 150°C setelah 60 menit. Hasil pengukuran menunjukkan pH larutan hasil ekstraksi rata-rata sekitar 12,8 – 13 dan pada pH ini, berdasarkan diagram Eh-pH yang dibuat, Ti terlarut sebagai kompleks Ti(OH)<sup>3+</sup>.

### Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Persen Alumina dan Silika Terlarut

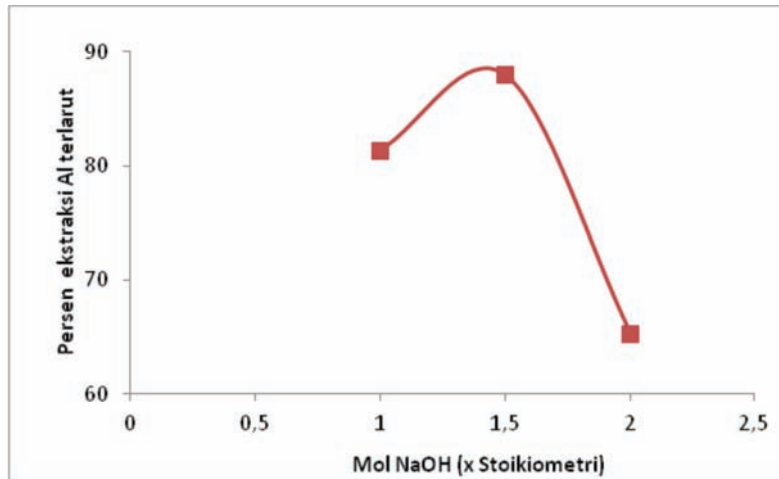
Persen ekstraksi Al dan silika terlarut pada proses juga dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan yaitu larutan NaOH. Pada penelitian ini jumlah mol NaOH divariasikan pada 1, 1,5 dan 2x stokiometri reaksi NaOH dengan gipsit dan reaksi NaOH dengan silika reaktif (kaolinit). Persen ekstraksi Al dan SiO<sub>2</sub> terlarut sebagai fungsi jumlah mol NaOH yang

digunakan dalam proses ekstraksi pada suhu 150°C disajikan berturut-turut pada Gambar 15 dan 16. Hasil percobaan menunjukkan bahwa jumlah mol NaOH yang optimum adalah 1,5 kali stoikiometri dimana pada kondisi ini persen ekstraksi Al paling tinggi dengan SiO<sub>2</sub> terlarut paling rendah.

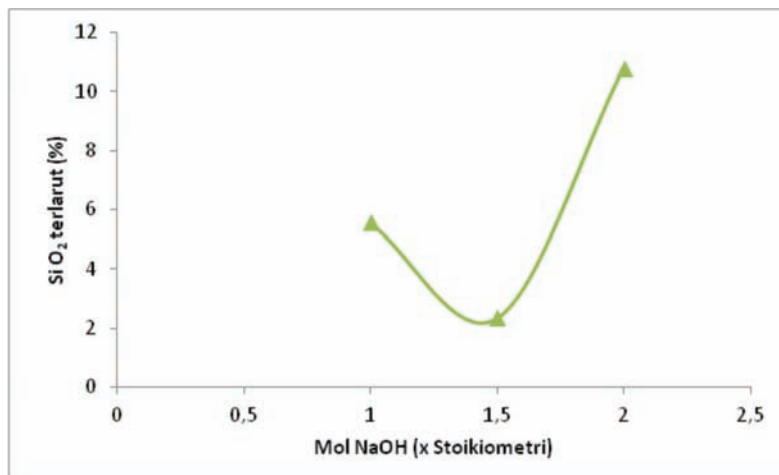
Konsentrasi NaOH yang digunakan tetap, namun yang berubah adalah jumlah NaOH yang ditambahkan dan persen padatan dalam proses ekstraksi. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, NaOH cenderung bereaksi dengan silika reaktif dibandingkan dengan gipsit sehingga pada NaOH 1 stoikiometri, NaOH yang bereaksi dengan gipsit tidak mencukupi karena sudah bereaksi dengan silika reaktif terlebih dahulu. Sementara, dengan jumlah mol NaOH 2x stoikiometri pada waktu ekstraksi yang sama dengan 1x stoikiometri, silika reaktif yang sudah terlarut cenderung bereaksi lebih lanjut dengan sodium aluminat membentuk DSP. Dari hasil percobaan ini, dapat diketahui bahwa jumlah NaOH yang terbaik untuk proses ekstraksi bijih bauksit dari Kalimantan Barat adalah pada 1,5x stoikiometri.



Gambar 14. Diagram Eh-pH sistem Al-Fe-Na-Si-Ti-H<sub>2</sub>O pada 150°C yang dikonstruksi dengan paket program HSC 7.0 (lisensi Dep.Metalurgi-ITB)



Gambar 15. Pengaruh jumlah NaOH terhadap ekstraksi Al pada suhu 150°C setelah 60 menit bereaksi



Gambar 16. Pengaruh jumlah mol NaOH terhadap SiO<sub>2</sub> terlarut

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Serangkaian percobaan ekstraksi yang telah dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Persen ekstraksi Al terbaik dari proses ekstraksi bauksit dari Kalimantan Barat yang diperoleh adalah sebesar 95,42% dengan ukuran partikel -100 mesh pada suhu 160°C.
- Konsentrasi SiO<sub>2</sub> terlarut pada percobaan ekstraksi sudah kurang dari 0,6 g/L berarti telah menyamai baku standar larutan sodium

aluminat komersial. Si terlarut paling kecil yang diperoleh hanya 0,3% pada kondisi ekstraksi Al terbaik.

- Unsur Ti masih terdapat dalam larutan dan meningkat dengan meningkatnya suhu.
- Konsentrasi Al terlarut fluktuatif akibat adanya reaksi antara sodium aluminat dan sodium silikat membentuk endapan DSP.
- Jumlah NaOH terbaik yang digunakan dalam percobaan yaitu sebanyak 1,5 kali stoikiometri terhadap jumlah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub> dalam bijih.

## Saran

Penelitian ini masih memerlukan perbaikan proses untuk dapat meningkatkan persen ekstraksi Al dan menurunkan konsentrasi  $\text{SiO}_2$  terlarut melalui beberapa percobaan dengan menitikberatkan pada :

- Variasi stoikiometri NaOH terhadap  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  dalam bijih antara 1 – 1,5;
- Variasi suhu ekstraksi antara 140 dan 150°C;
- Variasi kecepatan pengadukan antara 0 – 500 rpm;
- Variasi distribusi ukuran partikel;
- Variasi waktu proses dimulai dari 1 menit dengan interval lebih rapat untuk ukuran partikel -100 dan -150 mesh; dan
- Penambahan bahan desilikasi pengikat  $\text{SiO}_2$ .

yang dapat dilakukan sebagai penelitian lanjut pada kelitbangan maupun akademik.

Selain perbaikan proses ekstraksi, larutan sodium aluminat yang dihasilkan dari kondisi terbaik hendaknya dilakukan presipitasi  $\text{Al}(\text{OH})_3$  untuk mengetahui apakah kondisi larutan yang dihasilkan seperti konsentrasi, pH dan suhu mendukung proses presipitasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program studi Rekayasa Mineral dan Metalurgi, FTSM ITB atas software HSC 7.0 yang telah digunakan dalam menunjang kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Adu-Wusu, K. dan Wilcox, W., 1991. Kinetics of silicate reaction with gibbsite. *Journal of Colloid dan Interface Science*, Vol. 143, No. 1, April 1991.

Amalia, D, Mubarak, M.Z. dan Husaini, 2014. Aluminium dissolution kinetics analysis of West Kalimantan bauxite in extraction process. *Indonesian Mining Journal* (dalam proses pengeditan).

Authier-Martin, M., Ostap, G. F., dan See J., 2001. The mineralogy of bauxite for producing smelter-grade alumina. *Journal of Mineral*, Desember 2001.

Bardossy, G., dan Aleva, G.J.J., 1990. *Lateritic Bauxites*. Elsevier Science Publishing Co., Inc., USA.

Habashi F., 1997. *Hydrometallurgy. Handbook of Extractive Metallurgy Volume II*. Wiley-VCH, Germany.

Husaini, Mutaalim, Siti Rochani, Muchtar Aziz, Ngurah Ardha, Budhy Agung, Zulkarnain, Suryo Cahyono, Azhari, Agus Wahyudi, Isyaton Rodliah, Suheri Pendi, Supangkat dan Djatmiko, 2007; *Optimalisasi upgrading bauksit dan tailing pencucian bauksit Tayan dan Kijang*. Laporan internal Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.

Pan X., Yu H., Wang B., Zhang S., Tu, G., dan Bi S., 2012. Effect of lime addition on the predesilication dan ekstraksi properties of a gibbsitic bauxite. *Light Metals 2012*, Edited by: Carlos E. Suarez. TMS (The Minerals, Metals & Materials Society).

Plunkert, P.A., 1999. Bauxite dan alumina. *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*.

Sihite T., 2011. Kebijakan peningkatan nilai tambah mineral dan batubara (cadangan dan pemanfaatan mineral bauksit terkini dan harapan ke depan). *Presentasi pada Seminar Nasional Visi dan Nilai Tambah Industri Berbasis Alumina*, Jakarta.

Smith, P., 2009. The Processing of high silica bauxites — Review of existing dan potential processes. *Hydrometallurgy*, 98,162–176.