

Proses Sintesis γ -Alumina Dari Bauksit Indonesia Menggunakan Jalur *Gibbsite—Boehmite— γ -Alumina*

Widodo W. Purwanto, Slamet, Ari Wibowo
Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia
Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok-16424
E-mail : widodo@eng.ui.ac.id

Abstrak

γ -Alumina (Al_2O_3) merupakan penyangga katalis yang banyak digunakan dalam proses katalitik. Dari aspek teknologi, pembuatan γ -alumina dari bauksit bukan merupakan teknologi yang baru, sementara potensi bauksit Indonesia sangat besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan γ -alumina. Proses sintesis γ -alumina dari bauksit Indonesia ini secara garis besar terdiri dari tahapan pemasakan bauksit dengan menggunakan proses Bayer, presipitasi gibbsite dengan menggunakan metode netralisasi sodium aluminat oleh CO_2 , transformasi gibbsite menjadi boehmite dengan proses hidrotermal, dan kalsinasi boehmite untuk menghasilkan γ -alumina. Hasil penelitian menunjukkan % ekstraksi γ -alumina total yang diperoleh sebesar 51,52 %. Dari hasil karakterisasi XRD diketahui bahwa produk presipitasi adalah bayerite, proses hidrotermal telah dapat mentransformasikan bayerite menjadi boehmite, dan produk kalsinasi boehmite adalah γ -alumina, dimana hasil ini juga diperkuat dengan karakterisasi FTIR. Luas permukaan γ -alumina hasil kalsinasi boehmite pada temperatur kalsinasi 550, 675, dan 800 °C diperoleh berturut-turut sebesar 52, 48, dan 43 m²/g. Hasil karakterisasi SEM boehmite menunjukkan bentuk permukaan berupa serat serupa dengan bentuk permukaan boehmite hasil proses hidrotermal komersial. Hasil karakterisasi XRF menunjukkan terdapat beberapa pengotor berupa Fe, Si, Ti, dan S pada bayerite dan boehmite yang dihasilkan.

Abstract

γ -alumina (Al_2O_3) is one of catalyst support widely used in catalytic process. From technological aspect, producing γ -alumina from bauxite is not a new technology, moreover, Indonesian bauxite reserves as its raw material is huge. This research consists of bauxite digestion using Bayer method, gibbsite precipitation using neutralization of sodium aluminate by CO_2 method, hydrothermal process for transforming gibbsite to boehmite, and boehmite calcination to produce γ -alumina. The result shows the total extraction percentage of γ -alumina is 51.52 %. The XRD characterization which is also supported by FTIR characterization shows that precipitation product is bayerite, hydrothermal process has transformed bayerite to boehmite, and calcination product is γ -alumina. The surface area of γ -alumina produced at calcination temperature 550, 675, and 800 are 52, 48, and 43 m²/g, respectively. SEM characterization indicates fibrous shape of boehmite morphology. The XRF characterization shows impurities found in bayerite and boehmite are Fe, Si, Ti, and S.

1. Pendahuluan

γ -Alumina (Al_2O_3) merupakan penyangga katalis yang banyak digunakan dalam proses katalitik, seperti pada proses isomerisasi, alkilasi, perengkahan katalitik, dan *hidroforming* [1,2]. Pemilihan alumina sebagai penyangga katalis ini disebabkan alumina memiliki berbagai sifat yang unggul, yaitu tidak reaktif, sifat mekanik yang baik, stabil dalam berbagai kondisi

reaksi, luas permukaan yang tinggi, dan harga yang tidak mahal dibandingkan jenis penyangga katalis yang lain [2,3].

Dari aspek teknologi, pembuatan γ -alumina dari bauksit bukan merupakan teknologi yang baru, karena teknologi tersebut telah dapat diakses dalam literatur dan publikasi ilmiah atau paten yang telah habis masa berlakunya. Secara garis besar bauksit dimurnikan terlebih dahulu menjadi

sodium aluminat dengan proses Bayer, kemudian direaksikan dengan air menjadi *gibbsite*, setelah itu ditransformasikan menjadi *boehmite* atau *pseudoboehmite* dengan teknologi konvensional presipitasi, teknologi proses hidrotermal, atau teknologi yang relatif baru yaitu amorfisasi *gibbsite*. Modifikasi dari *pseudoboehmite* menjadi γ -alumina hanya melalui perlakuan termal atau kalsinasi [4].

Seperti kita ketahui, Indonesia kaya akan bahan tambang yang sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan γ -alumina. Bahan tambang tersebut adalah bauksit dengan kandungan utama alumina yang banyak terdapat di pulau Bintan, Riau, dikelola oleh PT Aneka Tambang dengan kapasitas produksi 1,3 juta ton pada tahun 1993 dan turun menjadi 0,8 juta ton tahun 1997. Seluruh produksi tersebut diekspor dengan tujuan utama Jepang dengan pemanfaatan dalam negeri yang masih nihil [5]. Bauksit Indonesia dari pulau Bintan ini tergolong bauksit berkualitas tinggi, dimana kandungan alumina dalam bauksit tersebut berkisar 53-55%, sedangkan kandungan SiO_2 -nya berkisar 4-5%. Selain itu cadangan bauksit yang tak kalah besarnya dan belum dimanfaatkan terdapat di Kalimantan Barat, dimana kandungan bauksitnya mencakup daerah dengan panjang 400 km dan lebar 50 km [6]. Dari aspek ekonomi diketahui bahwa bauksit dengan kandungan alumina lebih dari 30% dan kandungan SiO_2 kurang dari 7% dapat dimanfaatkan/diolah secara ekonomis dengan proses Bayer [1], sehingga jelas bahwa bauksit Indonesia memiliki potensi yang besar untuk dapat dimanfaatkan untuk pembuatan γ -alumina.

Pada penelitian ini dilakukan proses sintesis γ -alumina dari bauksit Indonesia menggunakan jalur *gibbsite-boehmite- γ -alumina*. Jalur sintesis γ -alumina melalui dekomposisi termal *boehmite* ini dipilih sebagai alternatif lain untuk mensintesis γ -alumina, mengingat pada penelitian sebelumnya [7,8] telah dilakukan sintesis γ -alumina melalui dekomposisi termal *pseudoboehmite*. Selain itu keuntungan dengan tidak diperlukannya reaktan

tambahan berupa garam aluminium sintesis dan tingkat kemurnian yang lebih baik juga menjadi pertimbangan penting.

2. Percobaan

Proses sintesis γ -alumina dari bauksit Indonesia (Pulau Bintan) ini secara garis besar terdiri dari tahapan pemasakan bauksit, presipitasi *gibbsite*, transformasi *gibbsite* menjadi *boehmite*, dan kalsinasi *boehmite* untuk menghasilkan γ -alumina. Proses pemasakan bauksit dilakukan dengan menggunakan metode Bayer pada kondisi operasi temperatur 140 °C dan tekanan tinggi, NaOH 200 gr/l, dan waktu pemasakan 2 jam. Larutan sodium aluminat yang dihasilkan kemudian dipresipitasi dengan menggunakan metode netralisasi sodium aluminat oleh CO_2 untuk memperoleh *gibbsite*. *Gibbsite* kemudian ditransformasikan menjadi *boehmite* dengan proses hidrotermal menggunakan *autoclave* dalam kondisi udara lembab, 16 atm, 200 °C, dan pemanasan selama 8 jam. *Boehmite* kemudian dikalsinasi pada temperatur 550, 675, dan 800 °C selama 5 jam pada tekanan atmosfer dengan *heating rate* sebesar 5 °C/menit untuk memperoleh γ -alumina. Karakterisasi dilakukan terhadap bauksit, *gibbsite*, *boehmite* dan γ -alumina, yang meliputi karakterisasi XRD, XRF, FTIR, BET, dan SEM.

3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

3.1. % Ekstraksi Alumina

% Ekstraksi alumina yang diperoleh pada tiap tahap dapat dilihat pada Tabel 1. Dari data tersebut dapat dihitung % ekstraksi alumina total (keseluruhan tahap) yaitu sebesar 51,52 %.

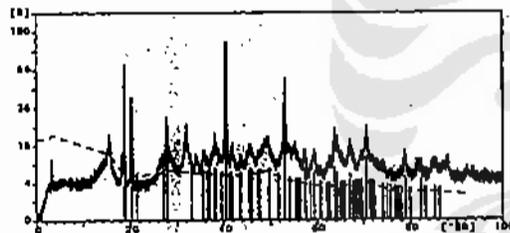
Tabel 1. % Ekstraksi Alumina

Tahap Proses	% Ekstraksi Alumina
Pemasakan bauksit dan presipitasi <i>gibbsite</i>	74,74
Transformasi <i>gibbsite</i> menjadi <i>boehmite</i>	95,21
Kalsinasi <i>boehmite</i> menjadi γ -alumina	73,13 *)

*) T kalsinasi = 550 °C

3.2. Karakterisasi XRD

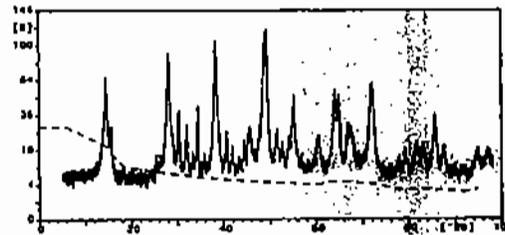
Grafik pola difraksi sinar X (pola XRD) produk presipitasi dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan dari proses presipitasi ini adalah *bayerite* (β -Al(OH)₃), bukan *gibbsite* (α -Al(OH)₃). Kecocokan data pola XRD sampel dengan pola XRD *bayerite* juga dapat dilihat pada data *interplanar spacings* (d) dan *relative intensities* (I/I_0), dimana *peak-peak* utama yang dihasilkan sampel terletak pada nilai d = 4,72; 4,37; 3,20; 2,21; dan 1,72 sesuai dengan *peak-peak* utama pada indeks Hanawalt *bayerite* yang terletak pada nilai d = 4,72; 4,36; 3,19; 2,21; dan 1,71 [1]. Kekurangan *bayerite* sampel dari aspek pola XRD (terhadap *bayerite* referensi) adalah adanya *peak-peak* tambahan pada nilai d = 5,68; 4,84; 2,79; dan 2,36 yang diperkirakan disebabkan kandungan pengotor dalam sampel. Adanya pengotor ini dibuktikan dengan karakterisasi XRF.



Gambar 1.
Pola XRD *bayerite*

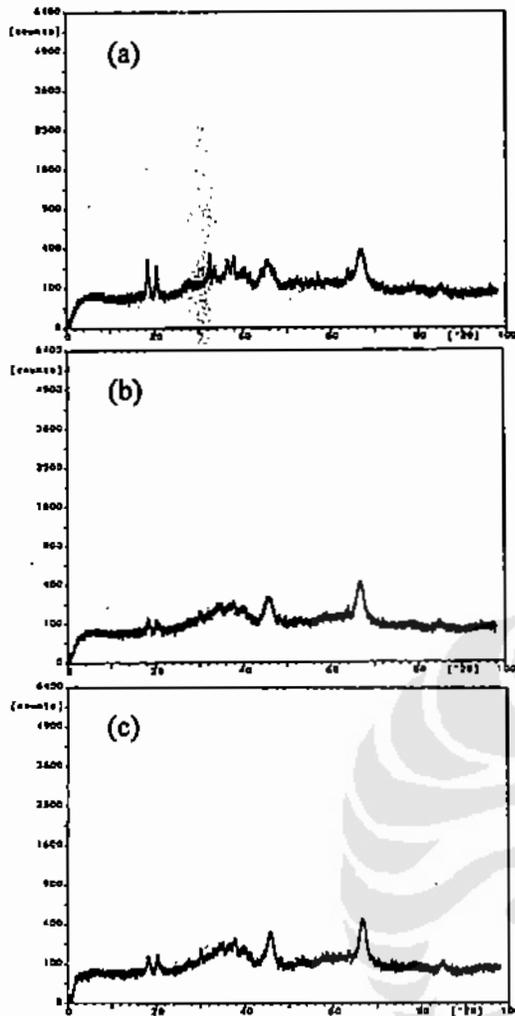
Grafik pola XRD produk proses hidrotermal dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan melalui proses hidrotermal ini adalah *boehmite* (α -AlO(OH)). Kecocokan data pola XRD sampel dengan pola XRD *boehmite* juga dapat dilihat pada data *interplanar spacings* (d) dan *relative intensities* (I/I_0), dimana *peak-peak* utama yang dihasilkan sampel terletak pada nilai d = 6,110; 3,165; 2,347; 1,865; 1,853; 1,662; 1,454; dan 1,312 sesuai dengan *peak-peak* utama pada indeks Hanawalt *boehmite* yang terletak pada nilai d = 6,110; 3,164; 2,346; 1,860; 1,850; 1,662; 1,453; dan 1,312 [1]. Kekurangan *boehmite* sampel dari aspek pola XRD terhadap *boehmite* referensi adalah adanya

peak-peak tambahan pada nilai $2\theta = 15,56$; 29,060; 30,145; 30,400; 32,080; 34,430; 40,685; dan 47,730 yang diperkirakan disebabkan kandungan pengotor dalam sampel. Adanya pengotor ini dibuktikan dengan karakterisasi XRF.



Gambar 2.
Pola XRD *boehmite*

Grafik pola XRD yang dihasilkan pada karakterisasi produk kalsinasi *boehmite* pada temperatur 550, 675, dan 800 °C dapat dilihat pada Gambar 3a, b, dan c. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan melalui proses kalsinasi ini adalah γ -alumina. Selain fasa γ , fasa η -alumina juga teridentifikasi pada sampel. Hal ini terlihat pada data *interplanar spacings* (d) dan *relative intensities* (I/I_0), dimana *peak* utama γ -alumina dan salah satu *peak* utama η -alumina sama-sama teridentifikasi pada nilai d = 1,39 dan 1,40. Pada pola XRD γ -alumina hasil kalsinasi pada temperatur 550 °C terlihat bahwa perubahan fasa *boehmite* menjadi γ -alumina belum benar-benar sempurna, ditandai dengan masih terdapatnya *peak-peak* tajam yang bukan merupakan *peak-peak* γ -alumina, terutama pada rentang $2\theta = 18 - 22$. Sejalan dengan peningkatan temperatur kalsinasi menjadi 675 dan 800 °C perubahan fasa *boehmite* menjadi γ -alumina lebih sempurna, ditandai dengan menghilangnya *peak-peak* tajam pada nilai $2\theta = 18 - 22$ tersebut sehingga dihasilkan pola XRD yang amorf dan sangat identik dengan pola XRD referensi. Sejauh ini diperkirakan belum sempurnanya perubahan fasa tersebut disebabkan kurangnya temperatur kalsinasi atau kurangnya waktu kalsinasi.



Gambar 3. Pola XRD γ -alumina :
 (a)Temp. kalsinasi 550 °C,
 (b) Temp. kalsinasi = 675 °C,
 (c) Temp. kalsinasi 800 °C

3.2. Karakterisasi XRF

Hasil karakterisasi XRF terhadap bauksit, *red mud*, *bayerite*, dan *boehmite* dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat kandungan aluminium dalam bauksit percobaan sebesar 18,92 %. Selain itu juga dapat diketahui pengotor-pengotor utama yang terdapat dalam bauksit yang meliputi Fe, Si, Ti, dan S. Fe, Si, dan Ti memang merupakan pengotor yang umum terdapat pada bauksit [1,6,9,10].

Dengan membandingkan komposisi *red mud* dan *bayerite* terlihat bahwa proses pemasakan yang diikuti dengan proses presipitasi *bayerite* telah dapat mengekstrak sebagian besar aluminium dan memisahkan sebagian besar pengotor seperti Fe, Si, Ti.

Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya kandungan aluminium dalam *bayerite* dan meningkatnya kandungan pengotor Fe, Si, dan Ti dalam *red mud*.

Tabel 2.
 Hasil karakterisasi XRF bauksit, *red mud*,
bayerite, dan *boehmite*

Unsur	Komposisi (% Berat)			
	Bauksit	Red Mud	Bayerite	Boehmite
Al	18,92	5,46	30,74	27,92
Fe	9,83	20,45	0,31	0,28
Si	2,72	5,23	0,08	0,03
Ti	0,36	1,09	0,04	0,07
S	0,27	-	0,10	0,13

Tingkat kemurnian produk *bayerite* dan *boehmite* yang dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut :

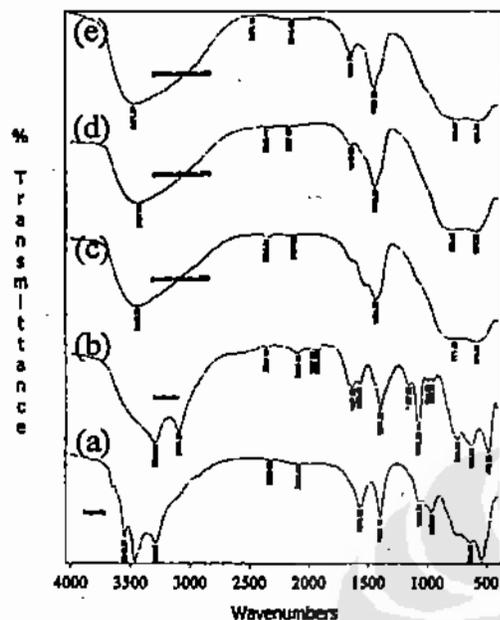
$$\begin{aligned} \% \text{ kemurnian } bayerite &= (\% w_{bayerite} / \% w_{total}) \cdot 100 \% \quad (1) \\ &= (30,74 / 31,27) \cdot 100 \% \\ &= 98,30 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ kemurnian } boehmite &= (\% w_{boehmite} / \% w_{total}) \cdot 100 \% \quad (2) \\ &= (27,92 / 28,43) \cdot 100 \% \\ &= 98,21 \% \end{aligned}$$

3.3. Karakterisasi FTIR

Hasil karakterisasi FTIR terhadap *bayerite*, *boehmite*, dan γ -alumina dapat dilihat pada Gambar 4. *Peak-peak* yang dihasilkan pada rentang panjang gelombang 3420 - 3480 cm^{-1} menunjukkan gugus hidroksil (OH), sedangkan beberapa vibrasi tambahan dan frekuensi kombinasi hidroksil menghasilkan *peak-peak* tambahan yang terdapat pada nilai panjang gelombang 1398; 1568; 2090; dan 2329 cm^{-1} [7]. *Peak-peak* lain yang terdapat pada nilai panjang gelombang 500-750 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan O-Si-O, yaitu ikatan pada silika, sedangkan *peak-peak* ikatan O-Al-O terdapat pada nilai panjang gelombang 1020-1070 cm^{-1} . *Peak-peak* pengotor Fe, Ti, dan S sejauh ini belum dapat dijelaskan karena belum diperolehnya literatur yang memadai untuk menjelaskan letak *peak-peak* senyawa tersebut. Hasil perbandingan pola FTIR *boehmite* hasil percobaan dengan *boehmite* referensi menunjukkan pola FTIR

keduanya sangat identik. Begitu juga hasil perbandingan pola FTIR γ -alumina hasil percobaan dengan γ -alumina komersial produksi Merck, menunjukkan pola FTIR keduanya sangat identik.



Gambar 4. Pola FTIR :

- (a) *bayerite*, (b) *boehmite*,
- (c) γ -alumina (Temp. kalsinasi 550 °C),
- (d) γ -alumina (Temp. kalsinasi 675 °C),
- (e) γ -alumina (Temp. kalsinasi 800 °C)

3.4. Karakterisasi SEM

Hasil karakterisasi SEM terhadap *bayerite* percobaan dapat dilihat pada Gambar 5. Dari gambar tersebut terlihat bentuk permukaan *bayerite* berupa gumpalan-gumpalan dengan kondisi permukaan yang berpori, sedangkan ukuran agregat rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,025-0,05 mm. Ukuran agregat yang diperoleh ini bukan merupakan ukuran agregat *bayerite* hasil proses presipitasi yang secara langsung diamati, melainkan ukuran agregat *bayerite* setelah melalui proses filtrasi, pengeringan, dan penumbukan sehingga tidak dapat dinyatakan sebagai ukuran agregat *bayerite* hasil proses presipitasi.



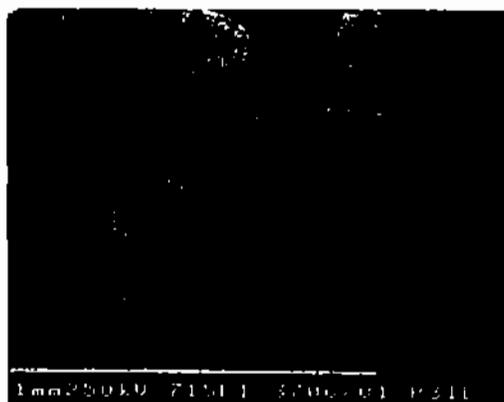
Gambar 5. Foto SEM *bayerite*
(a) 7050 X, dan (b) 300 X perbesaran

Hasil karakterisasi SEM terhadap *boehmite* percobaan dapat dilihat pada Gambar 6. Dari gambar tersebut terlihat bentuk permukaan *boehmite* berupa serat-serat, sangat jauh berbeda dengan kondisi sebelumnya ketika masih sebagai fasa *bayerite*, yaitu sebelum dilakukan proses hidrotermal. Bentuk permukaan *boehmite* hasil percobaan ini identik dengan bentuk permukaan *boehmite* komersial hasil proses hidrotermal. Perbedaan yang ada terletak pada ukuran serat yang dihasilkan, dimana serat *boehmite* hasil percobaan lebih halus dibandingkan serat *boehmite* komersial. Hal ini diperkirakan disebabkan perbedaan kondisi proses hidrotermal yang digunakan khususnya temperatur, tekanan, dan kandungan alkali [1]. Sedangkan ukuran agregat *boehmite* yang dihasilkan sebesar 0,1-0,17 mm. Ukuran sebesar ini diperoleh dari *starting material bayerite* berukuran > 100 μ m.



Gambar 6. Foto SEM *boehmite*
(a) 7050 X, dan (b) 110 X perbesaran

Hasil karakterisasi SEM terhadap γ -alumina percobaan dapat dilihat pada Gambar 7. Dari foto SEM tersebut diketahui ukuran agregat yang dihasilkan sebesar 1,13-0,17 mm sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada perubahan yang berarti dari segi ukuran agregat akibat proses kalsinasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Misra [1] bahwa proses dekomposisi termal hanya menyebabkan perubahan yang kecil pada bentuk dan ukuran partikel. Untuk *gibbsite*, proses kalsinasi menyebabkan penambahan ukuran partikel sampai dengan temperatur 200 °C yang diikuti penyusutan sebesar 2,5 % pada temperatur yang lebih tinggi.



Gambar 7. Foto SEM γ -alumina hasil percobaan (71,5 X perbesaran)

3.5. Karakterisasi BET

Luas permukaan *bayerite*, *boehmite*, dan γ -alumina yang dihasilkan pada percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Luas permukaan *bayerite*, *boehmite*, dan γ -alumina

Jenis Alumina	Luas Permukaan, m ² /g		
	Total ^a	Meso Pori ^b	Mikro Pori ^c
<i>Bayerite</i>	109	71	38
<i>Boehmite</i>	50	50	0
γ -Alumina 550 °C	52	52	0
γ -Alumina 675 °C	48	48	0
γ -Alumina 800 °C	43	43	0

^{a,b}BET Multi Point Method
^ct-Method

Dari Tabel 3 terlihat bahwa luas permukaan *bayerite* hasil percobaan (setelah melalui proses pengeringan pada temperatur 110 °C) cukup besar yaitu 109 m²/g. Luas sebesar ini dihasilkan baik oleh pori berukuran meso maupun pori berukuran mikro, dimana meso pori memberikan kontribusi luas permukaan sebesar 71 m²/g dan mikro pori memberikan kontribusi sebesar 38 m²/g. Pada perubahan fasa *bayerite* menjadi *boehmite* melalui proses hidrotermal terjadi penurunan luas permukaan yang tajam sehingga luas permukaan *boehmite* yang diperoleh hanya sebesar 50 m²/g. Hal ini disebabkan perubahan struktur kristal sehingga

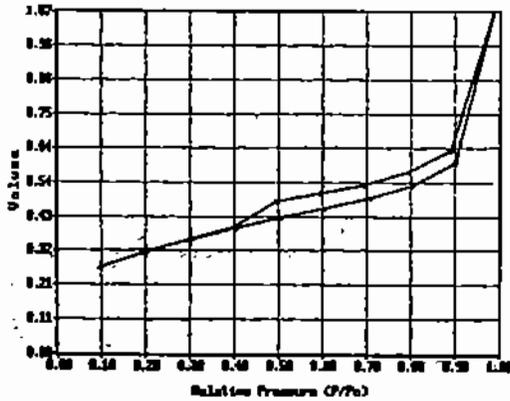
menyebabkan perubahan struktur pori. Pada Tabel 3 terlihat bahwa struktur pori *bayerite* yang semula terdiri dari meso pori dan mikro pori berubah dengan menghilangnya pori berukuran mikro.

Pada proses perubahan fasa *boehmite* menjadi γ -alumina menggunakan temperatur kalsinasi 550 °C terjadi kenaikan luas permukaan yang tidak terlalu besar. Luas permukaan *boehmite* yang semula 50 m²/g naik menjadi 52 m²/g. Kenaikan luas permukaan ini disebabkan perubahan fasa *boehmite* yang semula tergolong oksida-hidroksida menjadi γ -alumina yang tergolong oksida melalui proses pelepasan molekul-molekul air (dehidroksilasi) sehingga pori-pori yang semula terisi molekul-molekul air menjadi lebih kosong. Misra [1] menyatakan bahwa pada dekomposisi termal kristal *boehmite*, maksimum luas permukaan sebesar 90-100 m²/g dicapai pada temperatur 500 °C. Luas permukaan sebesar ini hampir seluruhnya merupakan kontribusi dari mikropori. Di atas 550 °C, mikropori menghilang sehingga menyebabkan penurunan luas permukaan menjadi 15-20 m²/g. Fenomena ini diperkirakan juga terjadi pada proses dekomposisi termal *boehmite* percobaan, namun maksimum luas permukaan sebesar 90-100 m²/g yang semestinya dihasilkan γ -alumina pada temperatur kalsinasi 500 °C belum dapat dibuktikan berlaku pada percobaan ini, karena tidak dilakukan kalsinasi pada temperatur tersebut. Dengan peningkatan temperatur kalsinasi, luas permukaan γ -alumina yang terbentuk menurun dari 52 menjadi 48 dan 43 m²/g. Penurunan luas permukaan ini disebabkan rusaknya sebagian struktur pori dengan meningkatnya temperatur kalsinasi.

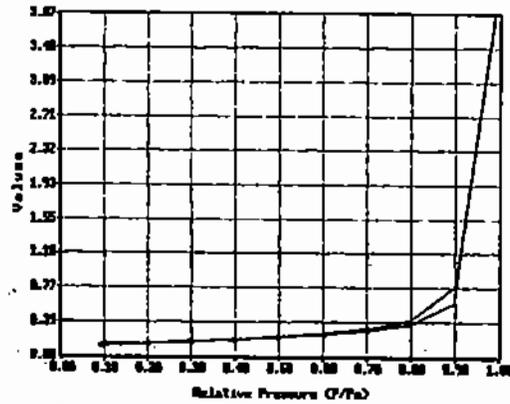
Dari data luas permukaan γ -alumina pada tiga temperatur kalsinasi (550, 675, dan 800 °C) diketahui bahwa maksimum luas permukaan yang diperoleh pada temperatur 800 °C adalah sebesar 43 m²/g. Hal ini menjadi bahan pertimbangan yang penting dalam menentukan aplikasi produk γ -alumina ini nantinya. Jika dilihat dari aspek katalis, luas permukaan yang dihasilkan memang sangat kecil sehingga

hanya reaksi-reaksi tertentu yang tidak membutuhkan luas permukaan lebih besar dari 43 m²/g yang dapat memanfaatkan γ -alumina ini. Dari aspek adsorben, jika benar pada temperatur kalsinasi 500 °C dapat diperoleh luas permukaan sebesar 90-100 m²/g, maka produk γ -alumina ini sudah memadai, karena temperatur operasi proses adsorpsi biasanya tidak sampai melebihi 500 °C. Masih rendahnya stabilitas termal γ -alumina hasil dekomposisi termal *boehmite* yang terlihat dari penurunan luas permukaan yang besar pada temperatur tinggi (T>550 °C) ini mungkin menjadi penyebab lebih sukainya penggunaan *pseudoboehmite* untuk menghasilkan γ -alumina yang akan digunakan sebagai katalis.

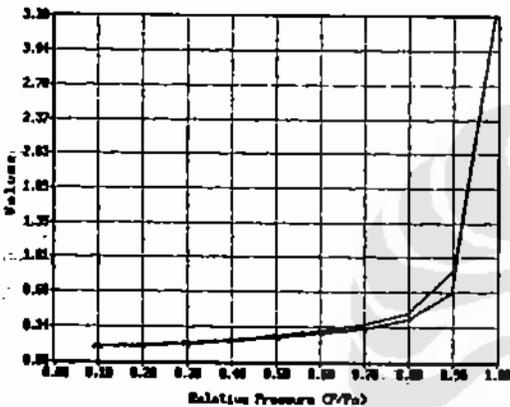
Kurva adsorpsi-desorpsi isotermal dari *bayerite*, *boehmite*, dan γ -alumina percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 8, 9, 10, 11, dan 12. Kurva tersebut sesuai dengan tipe adsorpsi isotermal Brunner et al. (BET classification) tipe IV [3]. Perbedaan antara kurva adsorpsi-desorpsi isotermal hasil percobaan dengan kurva tipe IV terletak pada daerah tekanan relatif 0,9-1, dimana seharusnya terjadi perubahan *slope* kurva pada daerah tersebut. Sejauh ini diperkirakan perubahan *slope* kurva tidak terbentuk karena kurangnya titik-titik pengambilan data pada rentang tekanan relatif 0,9-1 itu. Dari kelima kurva terlihat adanya fenomena histerisis dimana tingkat histerisis terbesar terdapat pada *bayerite* dan menurun tajam pada *boehmite* dan γ -alumina. Secara fisik, hal ini diinterpretasikan sebagai akibat adanya pori berbentuk seperti botol dengan bagian dalam yang lebih besar dibandingkan bagian keluaran pori yang menyebabkan terperangkapnya sebagian adsorbat [3]. Besarnya tingkat histerisis pada *bayerite* disebabkan masih terdapatnya mikropori, sedangkan tingkat histerisis yang sangat kecil pada *boehmite* dan γ -alumina disebabkan struktur pori yang hanya terdiri dari mesopori (tidak terdapat mikro pori) sehingga memperkecil jumlah pori yang berbentuk seperti botol.



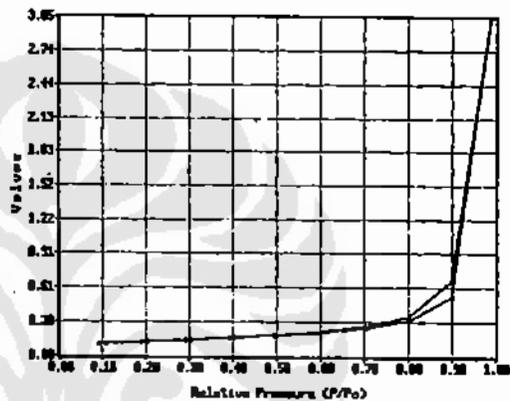
Gambar 8. Kurva adsorpsi-desorpsi isothermal *bayerite*



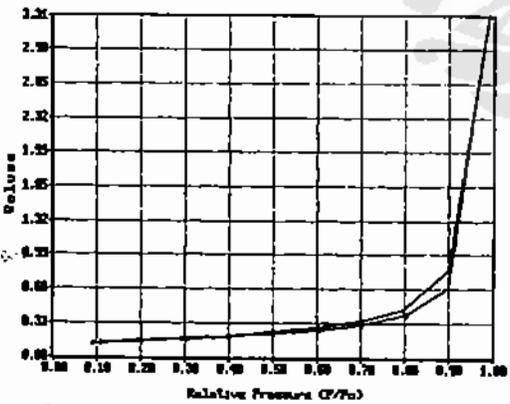
Gambar 11. Kurva adsorpsi-desorpsi isothermal γ -alumina 675 °C



Gambar 9. Kurva adsorpsi-desorpsi isothermal *boehmite*



Gambar 12. Kurva adsorpsi-desorpsi isothermal γ -alumina 800 °C



Gambar 10. Kurva adsorpsi-desorpsi isothermal γ -alumina 550 °C

4. Kesimpulan

1. Proses sintesis γ -alumina dari bauksit Indonesia dengan menggunakan jalur *gibbsite-boehmite- γ -alumina* dapat menghasilkan γ -alumina dengan % ekstraksi γ -alumina total sebesar 51,52 %.
2. Luas permukaan γ -alumina yang dihasilkan dari dekomposisi termal *boehmite* pada temperatur kalsinasi 550, 675, dan 800 °C berturut-turut yaitu 52, 48, dan 43 m²/g.
3. Beberapa pengotor yang teridentifikasi pada *bayerite* dan *boehmite* yang dihasilkan yaitu Fe, Si, Ti, dan S.
4. Berdasarkan data karakteristik luas permukaan dan komposisi pengotor produk maka perlu dilakukan perbaikan proses untuk meningkatkan kualitas γ -alumina ini.

Daftar Pustaka

1. Chanakya, M. , *Industrial Alumina Chemical*, American Chemical Society, Washington DC, 1986.
2. Chuah, G.K., S. Jaenicke, T.H. Xu, The Effect of Digestion on The Surface Area and Porosity of Alumina, *Microporous and Mesoporous Materials*, 37 (2000), pp. 345-353.
3. Satterfield, Charles N., *Heterogeneous Catalysis In Industrial Practice*, 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc. 1991.
4. Ismagilov, Z.R., R.A. Shkrabina, N.A. Koryabkina, New Technology for Production of Spherical Alumina Supports for Fluidized Bed Combustion, *Catal. Today*, 47 (1999), pp. 51-71.
5. ---, Data dan Informasi Pertambangan Umum, Deptamben R.I., 1995/1996, 1996/1997.
6. Othmer, K. , *Aluminium Compound of Chemical Technology*, Volume 2, 4th Edition, Wiley Interscience, 1993, pp. 135-144, 291-323.
7. Asyari, A. Qodir, Sintesis γ -Al₂O₃ dari Bauksit Indonesia dan Aplikasinya sebagai Penyangga Katalis Nikel untuk Reaksi Reformasi CO₂/CH₄, Skripsi S1 TGP-FT-UI, Depok, 1999.
8. Jupesta, J. , Sintesis γ -Alumina dari Bauksit Alam Indonesia sebagai Penyangga Pada Katalis Berinti Aktif Nikel untuk Aplikasi Reaksi Reformasi Kukus, Skripsi S1 TGP-FT-UI, Depok, 2000.
9. Hind, A.R., Suresh K. Bhargava, Stephen C. Grocott , The Surface Chemistry of Bayer Process Solids: a Review, *Colloids and Surfaces*, 146 (1999), pp. 359-374.
10. [10] Daniel, Mc, Extraction and Production of Alumina Containing Less Than 0,03 Percent Iron Oxide, *U.S. Patent Documents*, No. 4324769.