

## PEMECAHAN SENYAWA KOMPLEKS DALAM KAOLIN DAN PENGAMBILAN ALUMINA DENGAN METODE KALSINASI DAN ELUTRIASI

Sukamta<sup>1</sup>, Arif Budiman<sup>2</sup>, Sutijan<sup>2</sup>, Akhmad Bening W<sup>2</sup>, Segar Budiharto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia FTI – Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UGM Yogyakarta

Masuk: 2 Juni 2009, revisi masuk: 15 Juli 2009, diterima: 18 Juli 2009

### ABSTRACT

*Caolin or chines clay seldom used in industry, is formed of very little particles especially caolinite, i.e. a mixture of aluminum oxyde ( $Al_2O_3$ ), silika oxyde ( $SiO_2$ ) and water ( $H_2O$ ). Each composition posseses a different characteristic. The article discusses a separation alumina from caolin which was from Semin, Klaten, the midle of Java, by calcination and elutriation methods. The calcination method is a separation one by breaking the bond between the substances using heat. In this case, it was used  $800^\circ C$  because at this temperature it reached vitrification point and the complex bond was broken. The sample was dried under the sun, crushed, and screened by multiple screening i.e. 200 mesh, 230 mesh, 270 mesh, 325 mesh and 400 mesh. From the screening process it was gathered fraction between 325 and 400 mesh as the most one, therefor this farction was used as a sample. This one then was elutriated with fluid terminal velocity was varied. It was obtanied that the concentration of alumina incresed relatively high at the fluid velovity of 0.1278 cm/s and 0.2117 cm/s i.e. the alumina concentration increased of 5,2% dan 7,4% became 76.81%.*

**Keywords:** Caolin, Silica, Alumina, Calcination, Elutriation

### INTISARI

*Kaolin atau china clay merupakan jenis batuan yang sering dimanfaatkan dalam perin-dustrian. Kaolin merupakan zat yang terbentuk dari partikel-partikel yang sangat kecil terutama dari mineral-mineral yang disebut Kaolinit, yaitu persenyawaan dari Oksida Alumina ( $Al_2O_3$ ), dengan Oksida Silika ( $SiO_2$ ) dan Air ( $H_2O$ ). Masing – masing memiliki karakteristik yang berbeda. Dalam artikel ini dibahas pengambilan alumina dari batuan kaolin yang berasal dari kecamatan Semin kabupaten Klaten, Jawa tengah, dengan menggunakan metode kalsinasi dan elutriasi. Metode kalsinasi adalah metode pemisahan dengan memecah ikatan antar senyawa menggunakan panas, digunakan suhu  $800^\circ C$  karena pada suhu ini tercapai titik vitrifikasi dan ikatan kompleks akan terpecah. Sampel batuan dikeringkan dengan sinar matahari, setelah itu diayak dengan ayakan bertingkat yaitu 200 mesh, 230 mesh, 270 mesh, 325 mesh dan 400 mesh. Dari proses pengayakan ini, fraksi butiran yang lolos 325 mesh dan tertahan 400 mesh adalah fraksi yang paling besar. Maka dari itu fraksi ini yang digunakan sebagai sampel. Sampel ini kemudian dielutriasi dengan variasi kecepatan terminal fluida. Dari sini didapatkan bahwa konsentrasi alumina bertambah relatif besar pada kecepatan aliran fluida 0,1278 cm/det dan 0,2117 cm/det dengan kenaikan kadar alumina masing-masing sebesar 5,2% dan 7,4% se-hingga kandungan alumina bertambah menjadi 76,81%.*

**Kata Kunci :** Kaolin, Silika, Alumina, Kalsinasi, Elutriasi

### PENDAHULUAN

Hampir semua tanah liat yang ada di Indonesia ini disebut "lempung". Lempung merupakan produk alam, yaitu hasil pelapukan kulit bumi yang sebagian

besar terdiri dari batuan *feldspatik* berupa batuan granit dan batuan beku. Hasil pelapukan tersebut berbentuk partikel-partikel halus dan sebagian besar dipindahkan oleh tenaga air, angin dan gletser

<sup>1</sup>[a.sukamta@gmail.com](mailto:a.sukamta@gmail.com)

ke suatu tempat yang lebih rendah dan jauh dari tempat batuan induk. Sebagian lagi tetap tinggal di lokasi dimana batuan induk berada. Alam memproduksi tanah liat secara terus menerus, sehingga tidak mengherankan jika tanah liat terdapat dimana-mana dan jumlahnya sangat besar.

Kaolin/*china clay* merupakan masa batuan yang tersusun dari material lempung dengan kandungan besi yang rendah, dan umumnya berwarna putih atau agak keputihan. Secara umum kaolin paling putih dibandingkan dengan semua jenis lempung karena kadar besinya relative kecil, kurang liat, dengan ketahanan api tinggi. Batuan alam yang mengandung kaolin dan feldspar mempunyai dua komponen utama yang sering digunakan di industri dan masyarakat yaitu alumina dan silika. Kaolin mempunyai rumus kimia  $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  sedangkan feldspar mempunyai rumus kimia  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$  atau  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ . Satu partikel kaolin terdiri atas: 39% oksida alumina, 47% oksida silika, dan 14% air.

Kaolin akan terurai menjadi komponen-komponen oksidanya yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  pada suhu  $600\text{--}700^\circ\text{C}$  sedangkan untuk feldspar akan terurai menjadi komponen-komponen oksidanya yaitu  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{SiO}_2$  pada suhu diatas  $1100^\circ\text{C}$ . Alumina adalah senyawa logam yang tahan terhadap sebagian besar asam dan korosi karena adanya gas (oksidasi). Selain itu sifat alumina yang keras, mempunyai konduktivitas panas yang besar, ulet dan dapat diperoleh dalam kemurnian yang tinggi membuat alumina banyak digunakan dalam industri seperti industri semen, pengelasan, keramik, bahan penyangga, senjata dll. Kebanyakan alumina diperoleh dari pemurnian bauksit dengan proses Bayer. Sedangkan silika adalah senyawa logam lain yang sering digunakan dalam industri kaca, serat optik, semikonduktor, campuran semen, pengemas makanan sampai untuk kegiatan medis. Oleh sebab itu proses pengambilan kaolin yang selanjutnya akan diambil senyawa oksida alumina dan silikanya memiliki prospek yang cukup cerah dan layak dikaji lebih lanjut mengingat nilai ekonomis alumina dan

silika murni yang jauh lebih tinggi dibandingkan jika masih terkandung dalam batuan alam. Karakteristik alumina dan silika, masing-masing dijabarkan ke dalam tabel 1.

Selanjutnya artikel ini membahas pengambilan alumina dari batuan tersebut. Alumina dalam batuan ini tergabung dalam senyawa kompleks kaolinite dengan silika bebas (quartz) sebagai impuritisnya. Metode pemurnian dapat dilakukan dengan berbagai macam cara. Kali ini dengan menguraikan senyawa yang ada dalam kaolin. Dalam kaolin tersebut alumina memiliki ikatan dengan silika, dan bila kaolin tersebut akan diuraikan, ikatan tersebut harus dipecah terlebih dahulu agar menjadi alumina bebas tanpa ikatan. Cara pemecahan ikatan tersebut adalah dengan pemanasan dan disebut sebagai kalsinasi. Pemecahan ini biasanya dilakukan pada senyawa kompleks. Dengan pemanasan akan terjadi reaksi zat padat, pengkristalan dan terjadi peleburan ini sehingga ikatan akan terlepas. Kalsinasi dilakukan pada suatu bahan untuk memutus ikatan molekul antar senyawa pada bahan tersebut. Metode ini dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu tinggi.

Tabel 1. Karakteristik bahan silika dan alumina

Komponen	Silika	Alumina
Nama lain	Silikon dioksida, <i>Quartz sand</i>	<i>Calcined alumina reactive</i>
Rumus	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Massa molar	60.1 g/mol	101,94 g/mol
Kenampakan	putih	putih
Densitas	2.2 g/cm <sup>3</sup> , padat	3.78g/cm <sup>3</sup> , padat
Hardness	6–7	9
Kelarutan di air	0.012 g / 100g air	-
Titik leleh	1650 ( $\pm 75$ ) °C	2072 °C
Titik didih	2230 °C	2980 °C
Kristalografi	tetrahedral	heksagonal

Proses kalsinasi dilakukan untuk melepas ikatan senyawa kompleks dalam kaolin tersebut. Bahan yang akan dipecah adalah senyawa kompleks kaolin  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  menjadi  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Proses ini juga dimaksudkan untuk menjaga stabilitas termal kaolin dan untuk memperbesar pori-pori permukaan-

nya. Suhu kalsinasi yang lazim digunakan berkisar antara 200-800°C. Agar senyawa kompleks dalam kaolin dapat terpecah harus melalui proses pembakaran dengan suhu melebihi 600°C. Setelah melalui suhu tersebut kaolin akan mengalami perubahan menjadi suatu mineral yang padat, keras dan permanen, perubahan ini disebut *Ceramic Change*. Kaolin yang dibakar kurang dari 600°C belum mencapai titik kematangan keramik. Kematangan keramik atau vitrifikasi adalah kondisi keramik yang telah mencapai suhu kematangan secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk. Pada pembakaran di bawah suhu 800°C, mineral silika bebas (seperti mineral karbonat) akan berubah pula. Hal ini merupakan akibat dari terbakarnya semua unsur karbon (proses kalsinasi). Perubahan fisika terjadi di atas suhu 800°C yaitu pada saat bahan-bahan alkali bertindak sebagai 'Flux' atas silika dan alumina yang membentuk sebuah jaringan kristal (mulia) dan gelas yang mengikat bahan-bahan yang tidak dapat dilarutkan menjadi suatu massa yang kuat (pembakaran bis-kuit).

Bila kaolin dikalsinasi, maka akan terjadi beberapa perubahan penting (Mantell, 1951), yaitu:

Penyusutan, dari pemanasan akan menyebabkan menguapnya air, baik yang terikat maupun yang tidak terikat pada partikel padatan. Air terikat yang ikut menguap akan menyebabkan terjadinya rongga-rongga pada padatan. Rongga tersebut akan terisi oleh partikel padatan sehingga terjadi penyusutan. Perubahan porositas, rongga yang terbentuk tidak seluruhnya terisi oleh partikel padatan, akibatnya porositas padatan akan bertambah besar. Perubahan berat, akan terjadi penurunan berat padatan akibat hilangnya air dan zat-zat lain selama pemanasan.

Faktor-faktor tersebut mengakibatkan adanya perubahan fase pada kaolin karena hilangnya air dan zat-zat lain. Perubahan fase itu bergantung pada besarnya suhu pemanasan. Fase-fase beserta besarnya suhu yang diperlukan yaitu :

- Fase dehidrasi, pada suhu 20– 110°C air mekanis teruapkan dan suhu anta-

ra 150–600°C air kimia akan teruapkan (Norton, F.T., 1952).

- Fase oksidasi, terjadi pada suhu 350 – 800°C.
- Fase vitrifikasi, pada keadaan ini terjadi leburan dari bahan yang mudah melebur. Terjadi pada suhu 700 – 800°C.

Pada fase dehidrasi kekuatan akan naik, karena dengan teruapkannya air mekanis dan air kimia, maka letak butir-butir akan berdekatan dan menimbulkan kekuatan. Kekuatan bahan akan optimal pada titik vitrifikasi. Pada fase ini terjadi leburan dari bahan yang mudah melebur, dan leburan yang terjadi akan melarutkan bahan-bahan yang tidak melebur. Dengan pedoman ini diketahui bahwa silika akan melebur dan terlepas ikatannya pada fase vitrifikasi, sehingga digunakan suhu 800°C untuk suhu kalsinasi. Dengan digunakan suhu 800°C sebagai suhu pemanasan, karena silika memiliki titik peleburan di bawah alumina sehingga akan melebur, maka ikatan antar molekul dapat terlepas sehingga didapat alumina bebas dengan jumlah yang lebih besar.

Silika yang sudah terpecah ikatan senyawanya akan menjadi silika bebas. Dan silika bebas tersebut akan dipisahkan dengan proses elutriasi. Elutriasi menggunakan kecepatan linier fluida untuk melawan kecepatan terminal padatan, kecepatan terminal suatu padatan dipengaruhi oleh densitas, ukuran, dan konsentrasi padatan. Semakin besar ukuran dan densitas suatu padatan maka semakin besar kecepatan terminalnya. Sedangkan jika semakin besar konsentrasi suatu padatan maka kecepatan terminalnya akan semakin kecil karena faktor gaya interaksi antar partikel yang semakin besar. Dengan elutriasi tersebut silika dapat terpisah dari alumina.

Bahan yang masih berupa senyawa kompleks tersebut dimasukkan ke dalam oven pada suhu 800° C selama kurang lebih satu jam. Perubahan pertama yang terjadi dalam kaolin ketika dipanasi, ialah hilangnya air bebas. Kaolin mengandung silika bebas dalam bentuk pasir, kuarsa, flint dan kristal. Silika adalah subyek untuk merubah bentuk dan volume tanah liat pada suhu tertentu. Be-

berapa perubahan bersifat tetap (*konversi*) dan yang lain bersifat dapat berubah kembali (*inversi*). Selama pemanasan terjadi reaksi zat padat, terjadi pembentukan kristal dari senyawa-senyawa dalam kaolin atau disebut dengan polimorfisme. Selama pemanasan ini, bahan akan mengalami bermacam-macam perubahan komposisi hingga dicapai suhu vitrifikasi. Selama proses ini, terjadi pelepasan air, kemudian sebagian silika akan melebur. Hal ini merupakan akibat dari terbakarnya semua unsur karbon (proses kalsinasi). sehingga ikatan baku antar senyawa pada bahan tersebut akan terputus dan akan didapatkan  $Al_2O_3$  dan  $SiO_2$  bebas yang kemudian dipisahkan satu dengan yang lain dengan cara elutriasi.

Elutriator merupakan alat yang murah dan sederhana, tidak memerlukan tenaga besar, mampu memisahkan partikel dengan kisaran ukuran yang luas serta kappa-sitas yang besar. Pemisahan dengan cara elutriasi ini sering digunakan dalam pemisahan campuran padatan, yaitu proses pemisahan suatu campuran bahan padat dengan ukuran partikel penyusun dan berat jenis berbeda yang dipisahkan berdasarkan perbedaan kecepatan terminalnya dengan menggunakan kolom yang dialiri fluida yang dialirkan secara kontinyu ke atas dengan kecepatan ke terminal tertentu (Brown, 1950, Leva, 1951). Proses ini banyak dijumpai dalam industri-industri kimia yang memproses padatan dan dalam pemurnian mineral. Penelitian tentang pemisahan partikel-partikel padatan berdasarkan ukuran maupun berat jenisnya dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu mengenai zone gerakan partikel dan segregasi partikel. Kelompok pertama biasanya menghasilkan 'peta' (*map*) zone gerakan-gerakan partikel didalam kolom fluidisasi atau elutriasi berikut batas-batasnya. Sedangkan kelompok kedua mempelajari peristiwa Segregasi dan distribusi ukuran partikel-partikel yang dihasilkan.

Berdasar hasil-hasil penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya, Adham (2001) melakukan kajian tentang segregasi partikel dalam sebuah kolom fluidisasi untuk sistem suspensi partikel halus dalam gas. Hasilnya disusun se-

bagai pedoman dalam mendesain sebuah kolom fluidisasi. Bosma dan Hoffman (2002), melakukan studi kelayakan tentang klasifikasi partikel dalam sebuah kolom fluidisasi dengan memasang *baffle*. Penggunaan baffle horisontal berbentuk anyaman terbukti dapat meningkatkan efisiensi segregasi. Horio (1980) dan Zens (1983) mempelajari *Transport Disengagement Height* (TDH), yaitu ketinggian dalam kolom dimana ukuran partikel terdistribusi sepanjang posisi vertikalnya (Rhodes, 2001).

Kajian tentang kecepatan klasifikasi partikel pada sistem suspensi gas-padat dalam sebuah kolom elutriasi telah dilakukan oleh Zenz and Weil (1958) dan Geldart et al. (1979) (Rhodes, 2001). Gibilaro dan Rowe (1974) menggunakan pendekatan mekanistik teori dua fasa untuk memodelkan Segregasi partikel dalam sistem gas padat dalam sebuah kolom fluidisasi. Dua fasa yang ditinjau adalah fasa *wake* yang bergerak ke atas (*wake phase* yakni fasa gelembung gas berisi sedikit partikel padatan didalamnya) dan fasa bulk, yaitu fasa padatan dengan gas terdispersi diantaranya. Naimer et al. (1982) dan Hoffmann et al (1993) kemudian memperluas penelitian yang dilakukan oleh Gibilaro dan Rowe dan mengembangkan sebuah metode numerik untuk menyelesaikan modelnya.

Artikel ini membahas metode elutriasi yang digunakan untuk memisahkan silika dan impurities lainnya dalam kaolin sehingga didapat konsentrasi alumina yang lebih besar. Pemisahan mulai terjadi saat kecepatan linier fluida ( $u_f$ ) lebih besar dari kecepatan terminal salah satu komponen partikel.

Partikel akan mencapai kecepatan terminal saat gaya gravitasi, gaya apung, serta gaya gesek dalam keadaan seimbang. Sebuah butiran padatan yang berada pada suatu fluida diam dalam pengaruh gravitasi akan jatuh dan mengalami percepatan sampai mencapai kecepatan maksimumnya yaitu kecepatan terminal yang diberikan oleh persamaan:

$$u_t = \sqrt{\frac{4gd_p(\rho_p - \rho)}{3\rho C_D}} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai koefisien friksi  $C_D$  merupakan fungsi dari bilangan Reynold seperti ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$C_D = \frac{24}{Re_p} \quad Re_p < 0.1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$C_D = \left( \frac{24}{Re_p} \right) \left( 1 + 0.14 Re_p^{0.75} \right) \quad 0.1 < Re_p < 1,000 \quad \dots\dots (3)$$

$$u_t = 1.73 \sqrt{\frac{g d_p (\rho_p - \rho)}{\rho}} \quad 1,000 < Re_p < 350,000 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$C_D = 0.19 - \frac{8 \times 10^4}{Re_p} \quad Re_p > 1 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (5)$$

Sebaliknya, jika suatu butiran padatan berada dalam fluida yang mengalir ke atas dengan kecepatan tertentu ( $v$ ), maka butiran padatan akan mengalami beberapa kemungkinan:

- Jika kecepatan terminal butiran lebih besar dari kecepatan fluida ke atas, maka butiran akan jatuh ke bawah.
- Jika kecepatan terminal butiran lebih kecil dari kecepatan fluida ke atas, maka butiran akan terbawa arus ke atas.
- Jika kecepatan terminal butiran sama dengan kecepatan fluida ke atas, maka butiran akan tertahan/diam.

Dibandingkan dengan sistem butiran tunggal, butiran pada sistem tumpukan butiran membutuhkan kecepatan linier fluida yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena adanya friksi yang timbul karena gesekan antar butir dalam tumpukan. Prinsip di atas dapat dimanfaatkan untuk memisahkan campuran padatan yang memiliki perbedaan densitas atau ukuran butir. Agar terjadi proses pemisahan maka perlu adanya perbedaan kecepatan linier fluida dengan kecepatan terminal butiran. Butiran dengan kecepatan terminal lebih kecil dibanding dengan kecepatan linier fluida akan terbawa keluar dari kolom (Davidson, J. F., 1985).

Pada umumnya, butiran padatan dibuat berukuran seragam dengan proses pengayakan. Umpam padatan dimasukkan ke dalam suatu kolom dimana fluida dialirkan dari bawah. Tingkat pemisahan sangat tergantung dari perbedaan densitas butiran padatan. Semakin besar beda densitas, semakin mudah terjadi

pemisahan. Semakin besar konsentrasi padatan dalam fluida, kecepatan terminal akan berkurang oleh karena adanya interaksi antara butiran padatan dengan gerak keatas cairan yang tergantikan. Viskositas cairan akan naik dengan bertambahnya konsentrasi padatan.

Bila dijumpai campuran padatan A dan B dengan densitas A lebih dari densitas B tetapi ukuran butir A kurang dari ukuran butir B maka ada kemungkinan campuran padatan tersebut tidak akan terpisah dengan sempurna, maka dari itu perlu ditentukan kisaran ukuran campuran padatan yang dapat memberikan pemisahan dengan sempurna (Sumardi, 2000).

Semakin sempit kisaran butiran suatu campuran, maka diameter butiran akan semakin seragam sehingga pemisahan campuran padatan tersebut yang memiliki berbagai densitas dengan cara elutriasi akan memberikan hasil yang semakin baik. Campuran padatan terdistribusi dalam kisaran diameter tertentu. Di setiap diameter masing masing komponen memiliki massa yang tertentu. Ada kemungkinan didalam campuran, fraksi komponen merupakan fungsi diameter. Tetapi untuk penyederhanaan, diasumsikan tidak ada distribusi komponen di setiap fraksi diameter. Masing-masing butiran komponen memiliki diameter dan densitas tertentu sehingga kecepatan terminalnya juga tertentu.

Artikel ini membahas kondisi optimum untuk memurnikan butiran kaolin yang terkandung dalam batuan alam dengan prinsip elutriasi dengan mengeksplorasi variasi kecepatan, dan pengaruh kecepatan aliran terhadap besarnya kenaikan konsentrasi alumina. Kecepatan terminal suatu padatan dipengaruhi oleh densitas, ukuran, dan konsentrasi padatan. Dengan mengabaikan faktor konsentrasi dan mempersempit kisaran diameter, kondisi optimum untuk menaikkan kadar alumina akan didapatkan dengan bervariasi kecepatan aliran fluida.

## PEMBAHASAN

Karena perbedaan densitas yang dekat dan kemajemukan ukuran diameter dari bongkahan batuan kaolin, maka proses elutriasi sulit dilakukan. Sebab deng-

an perbedaan diameter yang begitu besar maka akan ada dua konstanta yang berbeda saat berlangsungnya proses pemisahan dengan elutriasi, yaitu konstanta densitas dan konstanta diameter. Maka bila menggunakan kecepatan konstan pada suatu sampel, kemungkinan zat yang terpisahkan tidak hanya berdasar beda density tetapi juga berdasar beda diameter. Karena pada batuan kaolin terdapat satu unsur yang memiliki diameter yang berbeda-beda, maka jika ada dua nilai konstanta yang berbeda (density dan diameter) penggumpalan atau pengendapan yang terjadi dapat berupa keseragaman diameter yang berbeda-beda dan bukan pengendapan unsur yang berbeda satu sama lain atas dasar densitas.

Dari evaluasi dan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa harus ada penyeragaman diameter untuk satu sample elutriasi. Dengan proses pengayaan menggunakan *shift shaker* dapat menyeragamkan dan membagi diameter dalam kisaran tertentu. Kisaran tersebut dibagi dalam 4 kelompok, yaitu :

- -200 +230 mesh (61 – 73 mikron)
- -235 +270 mesh (52 – 61 mikron)
- -270 +325 mesh (43 – 52 mikron)
- -325 +400 mesh (36 – 43 mikron)

Setelah penyeragaman diameter kemudian dimasukkan dalam range diameter tersebut, selanjutnya menentukan kecepatan yang tepat untuk masing-masing range diameter tersebut. Kecepatan didapat dengan perhitungan menggunakan persamaan (1-5) untuk aliran laminar, transisi dan turbulen, tergantung pada besaran bilangan Reynold.

Dari perhitungan berdasar persamaan-persamaan di atas, didapat kecepatan masing-masing fraksi diameter. Dan proses elutriasi dapat dilakukan dengan baik, karena kini hanya ada satu konstanta yang berbeda dan unsur-unsur tersebut dapat dipisahkan.

Setelah proses pengayaan untuk pembagian fraksi diameter, maka diambil fraksi pada range -325 +400 dan 200 – 230 mesh, karena jumlah kedua fraksi ini diperoleh dalam jumlah cukup banyak. Maka kedua fraksi tersebut digunakan menjadi sampel untuk dielutriasi yang sebelumnya dilakukan analisis terlebih dahulu menggunakan XRD. Dari persamaan-persamaan (1-5) di atas, untuk di-

ameter butir 36 sampai 43 mikron (-325 +400 mesh) kecepatan aliran fluidanya adalah antara 0,1172 cm/det sampai 0,2182 cm/det. Kemudian dipakai kecepatan aliran antara 0,1278 – 0,2117 karena disesuaikan dengan rotameter yang dipakai.

Setelah dilakukan elutriasi sampel tersebut dianalisis lagi dengan menggunakan XRD. Diasumsikan bahwa hanya ada dua komponen dalam sampel yaitu alumina dan silika, sedangkan komponen yang lain diabaikan. Silika dalam sampel dianggap sebagai impuritis sehingga dengan menghitung kadar silika maka kadar alumina dapat diketahui. Perhitungan kadar alumina digunakan persamaan :

$$X_{al} = 1 - X_s \dots\dots\dots (6)$$

$$C_{al} = X_{al} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{al} = (1 - X_s) \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Dengan

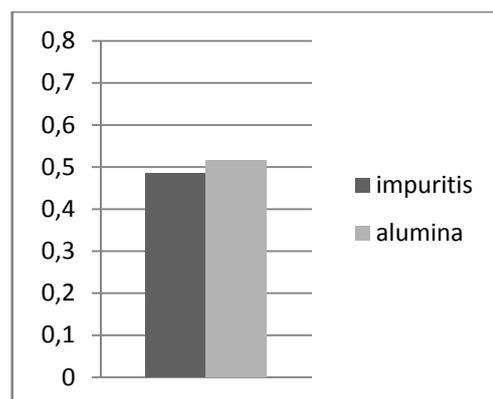
$X_{al}$  : fraksi komponen alumina

$X_s$  : fraksi komponen silika

$C_{al}$ : kadar komponen alumina ( % )

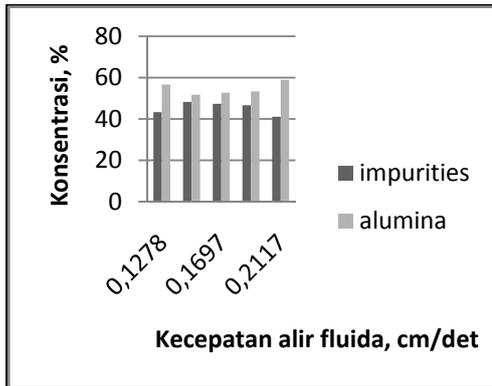
Dengan menggunakan persamaan (8), kadar alumina untuk fraksi diameter -325 +400 mesh sebelum dilakukan elutriasi adalah:  $C_{al} = (1 - 0,4853) \times 100\% = 51,47\%$

Adapun profil lengkap perbandingan alumina dan silika sebelum elutriasi seperti tergambar dalam Gambar 1.



Gambar 1. Fraksi komponen impuritis dan alumina sebelum elutriasi (-325 +400)

Kemudian setelah sampel tersebut dielutriasi dengan variasi kecepatan antara 0,1278 cm/det hingga 0,2117 cm/det, diperoleh hasil seperti dalam Gambar 2 di bawah ini:

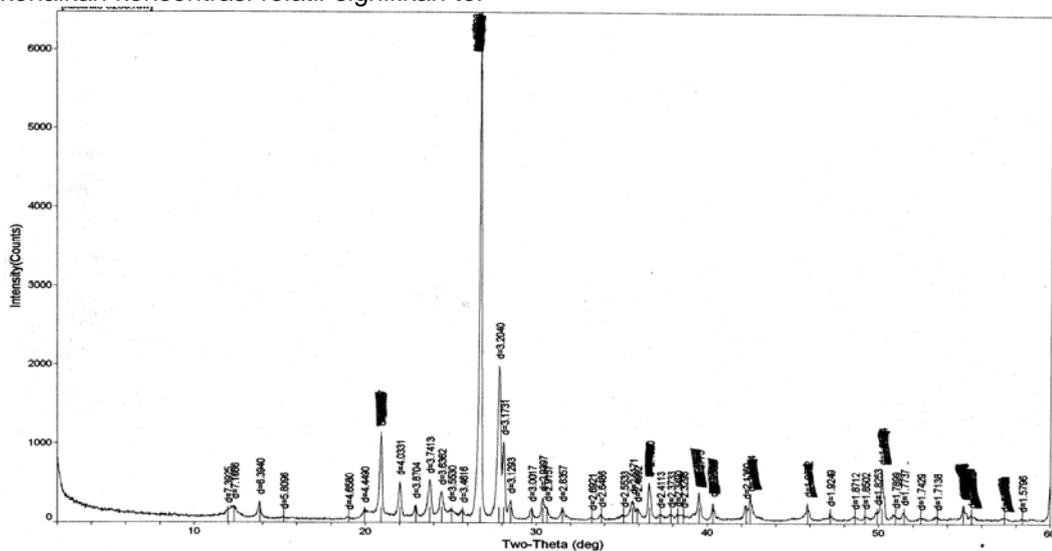


Gambar 2. Fraksi komponen alumina dan impuritis (ordinat) pada berbagai kecepatan aliran fluida (absis, cm/s).

jadi pada kecepatan aliran fluida paling kecil dan kecepatan aliran fluida paling besar yang dipakai dalam percobaan. Kecepatan aliran fluida yang paling kecil digunakan dalam percobaan ini (0,1278 cm/s) mendekati kecepatan aliran fluida untuk diameter butir 36 mikron (0,1172 cm/s) yang didapat dari persamaan (1-5). Begitu juga sebaliknya untuk kecepatan aliran paling besar yang digunakan dalam percobaan (0,2117cm/s) mendekati kecepatan aliran fluida untuk diameter butir 43 mikron (0,2182 cm/s) yang didapat dari persamaan (1- 5).

Untuk fraksi 200–230 mesh, maka setelah fraksi tersebut digunakan menjadi sample dan kemudian dicek de-

Dari profil diatas dapat dilihat bahwa kenaikan konsentrasi relatif signifikan ter-



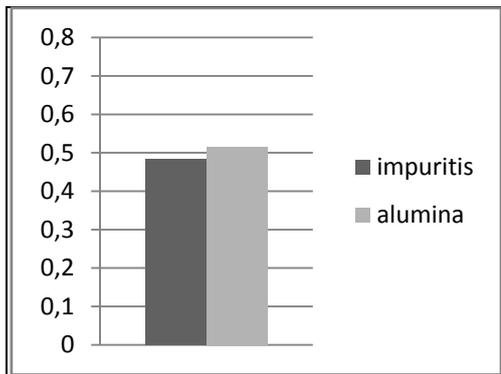
Gambar 3. Hasil analisis XRD untuk fraksi -200 +230 mesh setelah dikalsinasi dan sebelum dielutriasi.

ngan menggunakan XRD dan didapat konsentrasi impuritis di dalam kaolin tersebut sebanyak: 0,4852

Dari analisis XRD ini diperoleh hasil lengkap konsentrasi alumina yang dipresentasikan dalam Gambar 5.

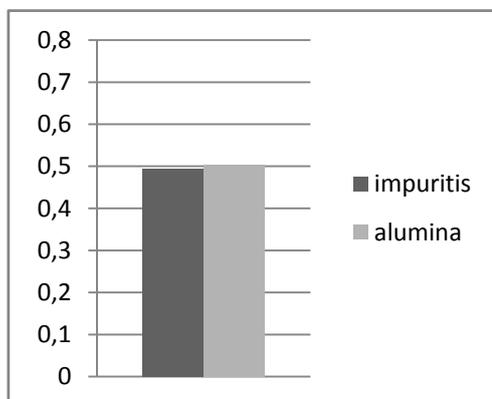
Impuritis pada sampel tersebut sebagian besar adalah silika, sehingga impuritis tersebut bisa diidentikkan dengan silika. Dan silika yang ada dalam sampel dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu silika bebas dan silika yang melekat pada alumina menjadi satu kesatu-

an. Untuk melepaskan silika yang melekat pada alumina dibutuhkan proses kalsinasi, yaitu dengan pemanasan. Selama pemanasan terjadi reaksi zat padat dari senyawa – senyawa di dalam kaolin atau disebut polimorkisme. Selama pemanasan, bahan tersebut akan mengalami bermacam–macam perubahan komposisi hingga dicapai suhu vitrifikasi, dimana pada suhu ini terjadi leburan dari bahan yang mudah melebur yaitu silika. Hal ini terjadi pada suhu antara 750–800°C.



Gambar 5. Fraksi komponen impuritis dan alumina sebelum kalsinasi (-200 +230)

Kalsinasi yang dilakukan pada suhu 800°C dikerjakan selama satu jam. Setelah proses kalsinasi sampel tersebut dicek dengan XRD untuk melihat kandungan alumina dan silika, seperti ditampilkan dalam gambar 3 di atas. Dari analisis yang dilakukan, didapatkan hasil: Alumina : 0,5047 Silika: 0,4952, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4:



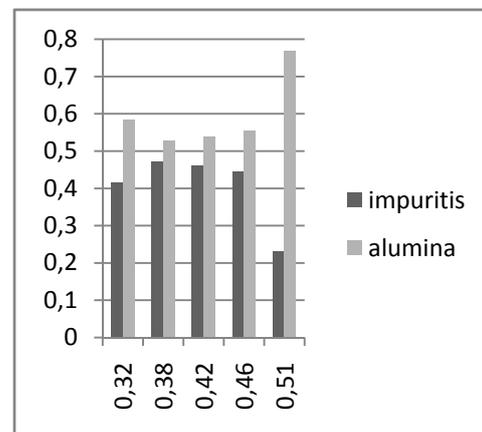
Gambar 6. Fraksi komponen impuritis dan alumina setelah kalsinasi (-200 +230)

Terlihat bahwa impuritis mengalami peningkatan, dimana impuritis tersebut adalah silika. Perbandingan kadar antara sebelum dan setelah kalsinasi dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kadar impuritis dan alumina sebelum dan setelah kalsinasi

	Silika	Alumina
Sebelum	0,4852	0,5147
Sesudah	0,4952	0,5047

Silika yang ada dalam campuran ini memang kelihatan mengalami sedikit kenaikan, namun kadar silika yang ada dan terdeteksi adalah silika bebas. Meningkatnya silika bebas adalah indikasi bahwa silika yang menempel pada alumina telah terpecah dan terlepas dari alumina menjadi silika bebas. Kemudian silika bebas tersebut diambil dengan menggunakan proses elutriasi. Elutriasi ini memisahkan silika bebas dan mengambilnya dari bahan, walaupun demikian proses ini tidak dapat mengambil silika bebas tersebut secara sempurna. Profil alumina vs silika setelah proses elutriasi disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Fraksi komponen impuritis dan alumina pada berbagai kecepatan aliran fluida setelah elutriasi (-200 +230)

Dari Gambar 7 di atas maka diketahui bahwa kalsinasi dapat memecah ikatan rangkap dalam bahan tersebut. Sehingga ikatan antara alumina dengan silika dapat terpecah dan menjadi senyawa bebas. Ini diketahui dari meningkatnya konsentrasi silika bebas setelah proses kalsinasi dibandingkan dengan konsentrasi silika sebelum kalsinasi, ini pertanda bahwa ikatan senyawa antara alumina dan silika tersebut dapat dipecahkan. Pemecahan itu sangat dipengaruhi oleh suhu pembakaran. Setelah terpecah, silika bebas tersebut dapat dipisahkan proses elutriasi. Dan banyaknya silika bebas yang berhasil dipisahkan dari bahan tersebut berbanding lurus dengan besar flow aliran yang digunakan. Karena perbedaan densitas yang dekat dan ke-

majemukan ukuran diameter dari bongkahan batuan kaolin, maka proses elutriasi sulit dilakukan. Sebab dengan perbedaan diameter yang begitu besar maka akan ada dua konstanta yang berbeda saat berlangsungnya proses pemisahan dengan elutriasi, yaitu konstanta densitas dan konstanta diameter. Maka bila menggunakan kecepatan konstan pada suatu sampel, kemungkinan zat yang terpisahkan tidak hanya berdasar beda density tetapi juga berdasar beda diameter. Karena pada batuan kaolin terdapat satu unsur yang memiliki diameter yang berbeda-beda, maka jika ada dua konstanta yang berbeda (density dan diameter) pengumpulan atau pengendapan yang terjadi dapat berupa keseragaman diameter yang berbeda-beda dan bukan pengendapan unsur yang berbeda satu sama lain atas dasar densitas. Maka dari evaluasi dan analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa harus ada penyeragaman diameter untuk satu sample elutriasi.

### KESIMPULAN

Kenaikan konsentrasi yang relatif tinggi adalah ketika dipakai kecepatan aliran fluida yang mendekati untuk diameter butir yang paling kecil atau yang paling besar diperoleh dari persamaan.

Jumlah alumina yang dapat diambil sedikit (*recovery* kecil). Diameter butir yang kecil menyebabkan kecepatan aliran fluida kecil sehingga kecepatan prosesnya juga kecil. Proses elutriasi untuk memisahkan campuran padatan yang berbeda densitas dapat efektif jika diameter butir besar.

Proses pembakaran pada suhu 800°C dapat memutus ikatan kompleks silika alumina. Ikatan antara alumina dan silika dapat terpecah, ini diketahui dari meningkatnya kadar silika bebas. Data perbandingannya disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Kadar impuritis dan alumina sebelum dan setelah kalsinasi

	Silika	Alumina
Sebelum	0,4852	0,5147
Sesudah	0,4952	0,5047

Dari tabel tersebut diketahui peningkatan jumlah silika bebas dalam bahan tersebut. Proses elutriasi untuk memisahkan campuran padatan yang berbeda densitas dapat efektif jika diameter butir besar.

Banyaknya pemisahan elutriasi sebanding dengan besar flow aliran yang digunakan. Setelah proses elutriasi, kadar alumina meningkat menjadi 76,81%. Ini membuktikan bahwa proses elutriasi dapat memisahkan silika bebas, tetapi proses elutriasi tersebut tidak dapat memisahkan secara sempurna semua senyawa bebas yang ada, sehingga konsentrasi yang diinginkan tidak sempurna. Proses pemisahan dengan kalsinasi dan elutriasi memerlukan waktu yang lama dan tidak efisien, tetapi cara ini relatif lebih murah. Sedangkan bila menggunakan katalis, hasil yang didapat bisa lebih baik, akan tetapi cara ini lebih mahal.

Jika diinginkan *recovery* yang lebih besar, perlu dipakai fluida yang densitasnya mendekati densitas salah satu bahan. Jika diameter padatan kecil, elutriasi hanya efektif digunakan untuk memisahkan fraksi diameter padatan. Jika digunakan untuk memisahkan campuran padatan, tidak memberkan hasil maksimal dengan menggunakan fluida konvensional (air atau udara). Perlu dilakukan variasi tinggi *freeboard* untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adham, K., 2001, *Classified Particle Using Fluidized Beds*, CEP Magazine, September
- Bosma, J.C. and A. C. Hoffman, 2002, *Feasibility Study of Particle Classification in Fluidized Beds with Internal Baffles*, unpublished paper, University of Groningen, the Netherlands and University of Bergen, Norway
- Brown, G.G., 1950, "Unit Operations", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Davidson, J.F., and Harrison, D., 1985, "Fluidization", Academic Press, London
- Gibilaro, L.G. and P.N. Rowe, 1974, *A Model for a Segregating Gas Fluidized Bed*, Chemical Engineering Science, 29, 1403-1412

- Grimshaw, R.W. and Searle, A.B., 1960, The Chemistry and Physics of Clay and other Materials, 3<sup>rd</sup> ed., Ernest Benn Limited, London
- Hoffmann, A. C., L.P.B.M. Jansen and J. Prins, 1993, *Particle Segregation in Fluidized Binary Mixtures*, Chemical Engineering Science, 48(9), 1583-1592.
- Kunii, D., and Levenspiel, O., 1969, "Fluidization Engineering", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Leva, M., 1959, "Fluidization", Mc Graw Hill Book Company, Inc., New York
- Li, J., and Kato, K., 2001, "Estimation of the Critical Particle Size of Elutriation of Very Small Particle from Fluidized Bed", J. Chem. Eng. Japan, 34, 892 -898
- Naimer, N. S., T. Chiba and A. W. Nienow, 1982, *Parameter Estimation for Solid Mixing/ Segregation Model for Gas Fluidized Beds*, Chemical Engineering Science, 37(7), 1047-1057
- Norton, W.H., and Matson, F.R., 1957, "Element of Ceramics", Addison Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts
- Sutton, W.H., and Matson, F.R., 1956, "Factor Affecting Strength of Clay in the Temperature Range 110–800<sup>o</sup>C", Jour Am. Ceram. Soc., 39
- Norton, F.H., 1952, Element of Ceramics, 2<sup>nd</sup> ed., Eddison Wesley Publishing Company, New York
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1999, Perry's Chemical Engineer's Handbook, 7<sup>th</sup> ed., McGRaw Hill Companies, Inc, New York
- Rhodes, M., 2001, Introduction to Particle Technology, 3<sup>rd</sup> ed., John Wiley and Sons, West Sussex