

## ISOLASI DAN KARAKTERISASI *MONTMORILLONITE* DARI BENTONIT SUKABUMI (INDONESIA)

Adel Fisli<sup>1</sup>, Sumardjo<sup>1</sup> dan Mujinem<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN  
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) - BATAN  
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI *MONTMORILLONITE* DARI BENTONIT SUKABUMI (INDONESIA).** Isolasi *montmorillonite* dari bentonit lokal tanpa menggunakan bahan kimia telah dilakukan. Proses isolasi meliputi; pelarutan dalam air, pemberian gelombang ultrasonik dan proses sedimentasi secara alami. Endapan yang terbentuk selama selang waktu tertentu dalam proses sedimentasi dikarakterisasi dengan XRD, XRF dan BET. Endapan: 0 menit hingga 15 menit (fraksi 1) dan endapan 15 menit - 3 hari (fraksi 2) adalah fraksi kasar yang banyak mengandung mineral impuritas, seperti: *clinoptilolite*, *quartz*, *illite*, *analcime* dan *dolomite*. Sedangkan endapan 3 hari hingga 7 hari (fraksi 3) dan endapan >7 hari (fraksi 4) adalah fraksi halus yang mempunyai ukuran partikel 2,17  $\mu\text{m}$  dan 0,75  $\mu\text{m}$ , luas permukaan 77,26  $\text{m}^2/\text{g}$  dan 86,08  $\text{m}^2/\text{g}$ , ukuran pori 15,25  $\text{\AA}$  dan 15,01  $\text{\AA}$  dan volume pori 0,05891  $\text{mL/g}$  dan 0,06460  $\text{mL/g}$ . Disimpulkan bahwa fraksi 3 dan fraksi 4 adalah *montmorillonite* murni yang telah dapat diisolasi dari bentonit lokal.

**Kata kunci :** *Montmorillonite*, Bentonit, Proses sedimentasi

### ABSTRACT

**ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF *MONTMORILLONITE* FROM BENTONITE OF SUKABUMI (INDONESIA).** Isolation of *montmorillonite* from local bentonites without using chemicals materials have been done. Isolation process were done by dissolving betonites in water, followed by ultrasonication and gravitational sedimentation process. The sediment obtained for several time interval were characterized using XRD, XRF Spectrometer and BET facility for determining the phase, elemental composition and surface area respectively. The sediment of 0-15 minute interval (fraction 1) and in 15 minute – 3 day interval (fraction 2) were coarse fraction which containing many impurity, such as; *clinoptilolite*, *quartz*, *illite*, *dolomite* and *analcime*. While sediment obtained from 3 – 7 day interval (fraction 3) and > 7 day interval (fraction 4) were fine fraction which have particle size of 2,17  $\mu\text{m}$  and 0,75  $\mu\text{m}$ , surface areas of 77,26  $\text{m}^2/\text{g}$  and 86,08  $\text{m}^2/\text{g}$ , pore size of 15,25  $\text{\AA}$  and 15,01  $\text{\AA}$  and pore volume of 0,05891  $\text{ml/g}$  and 0,06460  $\text{ml/g}$ . It can be concluded that fraction 3 and 4 were pure *montmorillonite* which have been isolated from the local betonites.

**Key words :** *Montmorillonite*, Bentonite, Sedimentation process

### EPENDAHULUAN

Indonesia kaya dengan sumber daya mineral alam bentonit. Keberadaannya tersebar di pulau-pulau besar Indonesia, diantaranya pulau Jawa, pulau Sumatera, pulau Kalimantan dan pulau Sulawesi, dengan cadangan diperkirakan lebih dari 380 juta ton. Beberapa lokasi yang sudah dan sedang dieksploitasi, yaitu di Tasikmalaya, Leuwiliang dan Nanggung. Namun demikian, penggunaan bahan ini di Indonesia masih bernilai rendah [1]. Hal ini dapat dilihat pada data statistik impor dan ekspor bentonit di Indonesia dari tahun 1997 hingga tahun 2003 dalam Tabel 1.

Bentonit adalah bahan yang serbaguna dan secara luas digunakan dalam berbagai bidang

penggunaan, baik digunakan secara langsung ataupun digunakan setelah melalui perlakuan tertentu terlebih dahulu. Pemakaian secara langsung, bentonit ini dapat digunakan untuk pelumas pengeboran minyak, peletisasi biji besi, pemurnian air buangan, bahan bangunan dan cetakan pelehan biji mineral [2]. Sedangkan pemakaian yang membutuhkan perlakuan terlebih dahulu adalah sebagai *bleaching earth* yaitu melalui proses pengaktifan sebelum digunakan [3].

*Montmorillonite* adalah mineral utama yang dikandung oleh bentonit. Kualitas dan karakteristik bentonit sebagian besar tergantung pada kualitas dan kuantitas dari *montmorillonite* yang dikandungnya.

Tabel 1. Statistik bentonit Indonesia tahun 1997 - 2003 [1]

	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
Produksi (ton)	99,666	270,000	225,000	231,000	155,500	117,500	108,500
Konsumsi (ton)	224,718		196,928	193,031	128,607	108,251	107,404
Ekpor (ton)	72,513	114,502	62,835	63,083	41,651	18,614.	20,257
Impor (ton)	35,141	43,883	35,514	25,005	14,785	9,448.59	19,338

Montmorillonite murni dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang penggunaan, seperti kertas fotokopi tanpa karbon, adsorben selektif, pengobatan, membran, organoclay, polymeric clay, pillared clay, nanoclay dan produksi katalis [4-6].

Oleh karena itu, isolasi montmorillonite dari bentonit adalah sangat penting. Namun demikian, tidak ada prosedur yang khusus untuk mengisolasi bahan ini dari bentonit. Metode pemurnian yang spesifik untuk setiap bentonit butuh pengembangan yang tergantung pada sifat-sifat mineral clay dan nonoclay yang dikandungnya.

Bentonit alam tidak hanya mengandung satu mineral montmorillonite, tetapi juga mengandung mineral impuritas, seperti; calcite, quartz, clinoptilolite, iron oxide, feldspars dan humic acids. Untuk memisahkan impuritas ini ada dua cara yang dapat dilakukan yaitu cara kimia dan cara sedimentasi. Calcite, iron oxide dan humic acid dapat dipisahkan dengan cara kimia. Sedangkan quartz, feldspar, clinoptilolite yang mempunyai ukuran partikel yang lebih besar dapat dipisahkan dengan cara sedimentasi [7].

Dalam hal pemurnian montmorillonite dari pengotornya yang harus diperhatikan adalah tidak merubah secara signifikan sifat fisik dan kimia dari montmorillonite. Cara sedimentasi adalah cara yang paling aman untuk mengisolasi montmorillonite supaya tidak terjadi perubahan sifat fisik dan kimianya.

Prosedur ini biasanya meliputi pelarutan sampel di dalam air demineral, anti penggumpalan (disaggregating) dengan menggunakan ultrasonik dan pengendapan/sedimentasi (cara grafitasi atau sentrifugasi) untuk mengambil fraksi dimana semakin lama waktu endapan semakin kecil fraksi yang diperoleh.

Montmorillonite secara alamiah mempunyai ukuran partikel yang sangat halus (<2µm) dan salah satu cara untuk memisahkannya dari partikel kasar adalah dengan cara sedimentasi ini. Biasanya partikel kasar yang mempunyai ukuran partikel >2 µm adalah mineral quartz, feldspar, clinoptilolite dan calcite [8].

Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi montmorillonite dari bentonit lokal sedapat mungkin dan menentukan sifat-sifat fisikokimia dari bentonit alam, fraksi intermediate dan montmorillonite murni.

## METODE PERCOBAAN

Sampel bentonit disediakan oleh perusahaan PT. Krismalindo Primasakti yang diambil dari daerah Sukabumi. Sampel bentonit diterima dalam bentuk bubuk halus lolos pada mata ayakan 200 mesh (< 74 µm). Setelah sampai di laboratorium, sampel bentonit ini dipanaskan pada suhu 105 °C selama 4 jam didalam oven dan setelah itu disimpan dalam desikator. Sampel ini diberi kode BA.

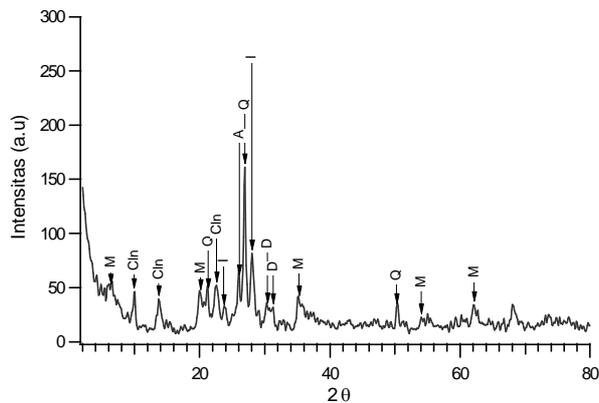
Metode fraksinasi bentonit dilakukan dengan cara sedimentasi: Suspensi bentonit dibuat dengan menimbang sebanyak 40 gram bentonit dan dimasukkan ke dalam 2 L air demineral. Suspensi bentonit selanjutnya diberi gelombang ultrasonic selama 15 menit dengan daya 750 Watt pada suhu kamar. Kemudian suspensi dibiarkan ditempat yang datar serta dijauhkan dari segala getaran. Endapan yang terjadi dalam 15 menit diambil dengan cara menuang suspensi melayang ke wadah yang lain. Endapan ini diberi kode dengan F<sub>1</sub> (fraksi 1). Fraksi yang melayang ini diaduk kembali 10 putaran dengan batang pengaduk dan dibiarkan. Endapan terbentuk dalam 3 hari diambil dengan cara yang sama sebelumnya. Fraksi ini disebut F<sub>2</sub> (fraksi 2). Fraksi melayang kembali diaduk 10 putaran dengan batang pengaduk dan dibiarkan. Endapan yang terbentuk dalam 1 minggu diberi kode F<sub>3</sub> (fraksi 3). Sedangkan fraksi melayang setelah 1 minggu airnya diuapkan, endapan yang diperoleh diberi kode F<sub>4</sub> (fraksi 4). Masing-masing fraksi F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> dan F<sub>4</sub> dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam, kemudian digerus hingga mencapai ukuran butir lolos dengan mata ayakan 200 mesh. Fraksi-fraksi ini disimpan dalam desikator.

Masing-masing fraksi di karakterisasi meliputi; karakterisasi fasa dilakukan dengan teknik difraksi sinar-x pada rentang sudut pengukuran 2° sampai dengan 80° dengan target Cu-Kα (λ = 0,154 Å) menggunakan X-Ray Diffractometer XD-610, Shimadzu di Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir-BATAN. Pengukuran ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan alat Sedi Graph 5100 Micromeritics di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN. Pengukuran luas permukaan dan volume pori bahan diukur dengan alat Quantachrome Corporation yang di jalankan dengan Software NOVA Data Analysis Package Ver. 2.00. Penentuan komposisi unsur menggunakan alat XRF Element Analyzer JSX-3211 di Jurusan Fisika-UI.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

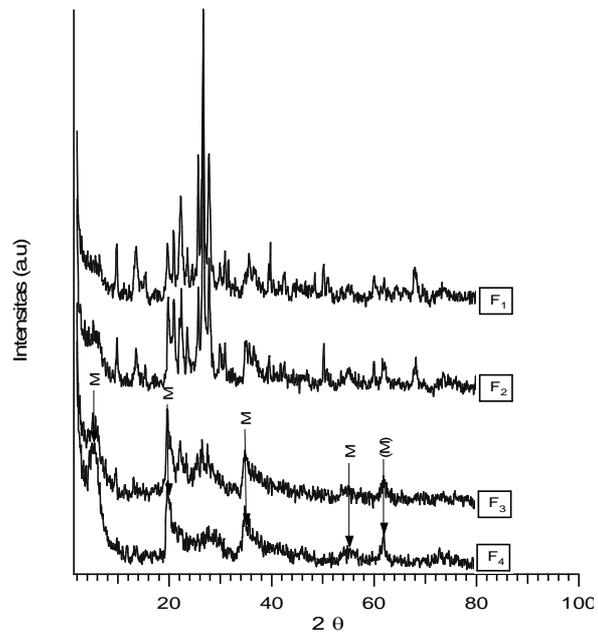
Dalam karakterisasi dengan difraksi sinar-x, ciri khas mineral *montmorillonite* dicirikan dengan kemunculan puncak spektrum pada daerah sudut kecil yang merupakan difraksi bidang  $d_{001}$  yang dikenal dengan bidang ruang basal. Besar jarak ruang basal ini cukup bervariasi dalam rentang sudut  $3^\circ$  sampai dengan  $9^\circ$ . Ada banyak faktor yang mempengaruhi jarak ruang basal ini, diantaranya sifat alamiah *montmorillonite*, jenis kation antar-lambaran, kandungan air dan kelembaban udara pada saat pengukuran dengan XRD [9]. Pada sudut besar juga muncul puncak difraksi lain seperti yang ditunjukkan dalam mineral *montmorillonite-21A* (29-1499) dalam JCPDS [10], di antaranya;  $4,106(100)$ ,  $19,936(55)$ ,  $35,022(35)$ ,  $54,231(8)$ ,  $62,027(25)$ .

Hasil karakterisasi difraksi sinar-X dari bentonit alam yang di ambil di daerah Sukabumi dapat dilihat dalam Gambar 1. Hasil identifikasi puncak-puncak menunjukkan bentonit ini mengandung mineral *montmorillonite* (M). Puncak-puncak yang menunjukkan adanya mineral *montmorillonite* adalah puncak pada;  $5,79^\circ$ ,  $19,997^\circ$ ,  $35,066^\circ$ ,  $54,472^\circ$  dan  $62,061^\circ$ . Disamping *montmorillonite* bentonit ini juga mengandung beberapa impuritas seperti; *clinoptilolite* (Cln), *quartz* (Q), *illite* (I), *analcime* (A) dan *dolomite* (D).



Gambar 1. Difraksi sinar-X dari bentonit alam.

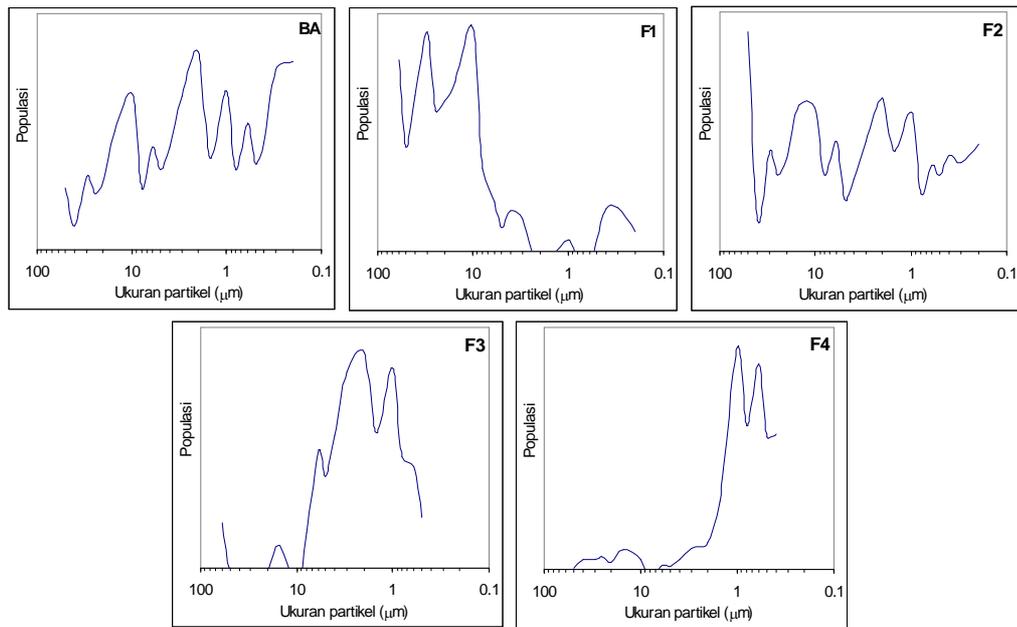
Hasil difraksi sinar-x dari masing-masing fraksi bentonit dapat dilihat dalam Gambar 2. Dalam gambar ini terlihat, fraksi  $F_1$  dan fraksi  $F_2$  yang merupakan fraksi kasar dari bentonit banyak mengandung impuritas *clinoptilolite*, *quartz*, *illite*, *analcime* dan *dolomite*. *Montmorillonite* juga ada di dalam fraksi  $F_1$  dan fraksi  $F_2$  yang ditunjukkan dengan munculnya puncak karakteristik *montmorillonite* pada  $5,79^\circ$ . *Montmorillonite* dalam fraksi 1 dan fraksi 2 ini diduga adalah *montmorillonite* yang masih membentuk gumpalan-gumpalan di dalam rongga-rongga struktur kristal bahan impuritas yang sulit untuk dipisahkan. Usaha untuk memecahkan gumpalan-gumpalan (*disaggregating*) supaya partikel *montmorillonite* terpisah dengan impuritas telah dilakukan dengan cara pemberian gelombang ultrasonik [11]. Namun demikian



Gambar 2. Difraksi sinar x dari fraksi bentonit.

perlakuan gelombang ultrasonik juga terbatas karena pemberian gelombang ultrasonik yang terlalu lama dapat mengakibatkan rusaknya struktur *montmorillonite* [12]. Dalam fraksi  $F_3$ , puncak-puncak spektrum yang berasal dari *montmorillonite* terlihat sangat dominan. Semakin lama waktu pengendapan, yaitu endapan yang diperoleh lebih dari 1 minggu (fraksi  $F_4$ ) maka semakin murni *montmorillonite* yang dapat diperoleh.

Sebaran ukuran partikel bentonit masing-masing fraksi dapat dilihat dalam Gambar 3. Bentonit alam (BA) dilarutkan dalam air dan diultrasonik selama 15 menit terlihat mempunyai sebaran ukuran partikel bervariasi dari  $30 \mu\text{m}$  sampai dengan  $<0,2 \mu\text{m}$ . Partikel bentonit yang mempunyai ukuran lebih besar dari  $10 \mu\text{m}$  dapat dipisahkan dari suspensi bentonit pada waktu pengendapan dalam 15 menit (fraksi  $F_1$ ). Fraksi ini adalah fraksi kasar dari bentonit. Sedangkan endapan yang terbentuk dalam waktu endapan 3 hari (fraksi  $F_2$ ) sebaran ukuran partikelnya cukup bervariasi yaitu;  $10 \mu\text{m}$ ,  $2 \mu\text{m}$  dan  $1 \mu\text{m}$ . Partikel yang mempunyai ukuran  $2 \mu\text{m}$  dan  $1 \mu\text{m}$  didalam fraksi  $F_2$  adalah partikel *montmorillonite*. Keberadaan partikel ini didalam fraksi 2 mungkin disebabkan terbawa pada saat proses sedimentasi oleh partikel impuritas yang mempunyai ukuran besar. Sedangkan endapan dalam waktu 3 hari sampai dengan 1 minggu diperoleh partikel halus dengan ukuran  $2 \mu\text{m}$  dan  $1 \mu\text{m}$  ( $F_3$ ). Ukuran partikel yang diperoleh dengan lebih lama dari 1 minggu adalah  $1 \mu\text{m}$  dan  $0,5 \mu\text{m}$  ( $F_4$ ). Ukuran partikel rata-rata pada masing-masing fraksi adalah  $23,75 \mu\text{m}$  (fraksi  $F_1$ );  $3,27 \mu\text{m}$  (fraksi  $F_2$ );  $2,17 \mu\text{m}$  (fraksi  $F_3$ ) dan  $0,75 \mu\text{m}$  (fraksi  $F_4$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa partikel halus *montmorillonite* telah dapat diisolasi dari bentonit pada waktu pengendapan lebih lama dari 3 hari.



Gambar 3. Grafik penyebaran ukuran partikel dari masing-masing fraksi bentonit.

Tabel 2 adalah prosentase masing-masing fraksi bentonit yang diperoleh dengan metode sedimentasi. Dari analisis XRD, F<sub>3</sub> dan F<sub>4</sub> adalah fraksi *montmorillonite* yang berhasil diisolasi sebanyak 17,28 % dari berat total bentonit. Sebenarnya, kandungan *montmorillonite* didalam bentonit lebih tinggi dari hasil tersebut karena didalam F<sub>1</sub> dan F<sub>2</sub> masih terdapat *montmorillonite*. *Montmorillonite* yang dapat diisolasi dari bentonit Sukabumi ini lebih rendah dari bentonit Turki isolasi. Bentonit Turki 1 minggu dapat mencapai 50% [13]. Hal ini disebabkan kandungan impuritas yang ada didalam bentonit Sukabumi (Indonesia) lebih tinggi dari bentonit Turki.

Tabel 2. Prosentase masing-masing fraksi bentonit yang diperoleh.

No	Sampel	% Berat
1	Fraksi 1	58,1
2	Fraksi 2	24,7
3	Fraksi 3	6,0
4	Fraksi 4	11,2
	Jumlah	100,0

Tabel 3 adalah komposisi kimia dari masing-masing fraksi bentonit yang telah dipisahkan. Di dalam data ini terlihat kandungan dominan di dalam setiap fraksi adalah silika dan alumina. Semakin lama waktu pengendapan maka kecendrungan kandungan silika menurun tetapi kandungan alumina meningkat. Penurunan kandungan silika dan peningkatan kandungan alumina dengan semakin lama waktu pengendapan menunjukkan semakin dominannya kandungan *montmorillonite*. Hal ini mengingat

struktur lembaran *montmorillonite* disusun oleh lapisan 2 tetrahedral yang mengandung silika dan 1 lapisan oktahedral yang mengandung alumina [14]. Komposisi kimia mineral alam *montmorillonite* bervariasi sekali yang tergantung pada sifat alamiah dari *montmorillonite*. Hasil komposisi kimia *montmorillonite* dari beberapa negara dapat dilihat dalam Tabel 3. Kandungan kimia Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam *montmorillonite* yang diperoleh cukup tinggi bila dibandingkan dengan *montmorillonite* Turki dan Thailand. Ada dua kemungkinan keberadaan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> di dalam *montmorillonite*, yaitu; pertama akibat terjadi penggantian unsur Si yang mempunyai bilangan oksidasi 4 dengan unsur bilangan oksidasi lebih rendah (bilangan oksidasi 3) seperti Fe [4]. Fe ini menyatu dalam struktur *montmorillonite*. Sedangkan Fe yang lain sebagai impuritas didalam *montmorillonite* [7]. Mengingat didalam karakterisasi XRD puncak Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tidak kelihatan hal ini mungkin disebabkan kebanyakan Fe berada dalam struktur *montmorillonite*.

Adsorpsi isothermal nitrogen oleh sampel fraksi bentonit F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> dan F<sub>4</sub> pada 77 K dapat dilihat dalam Gambar 4. p adalah tekanan parsial nitrogen, p<sup>o</sup> tekanan jenuh nitrogen, p/p<sup>o</sup> adalah tekanan parsial relatif nitrogen dihubungkan dengan jumlah nitrogen yang terserap pada sampel. Dalam Gambar 4 terlihat semakin meningkat kemurnian *montmorillonite* maka kapasitas adsorpsinya juga meningkat dengan urutan fraksi sebagai berikut F<sub>1</sub> < F<sub>2</sub> < F<sub>3</sub> < F<sub>4</sub>. Peningkatan jumlah N<sub>2</sub> yang teradsorpsi pada suatu bahan berbanding lurus dengan luas permukaan bahan. Hasil ini sesuai dengan hasil pengukuran luas permukaan masing-masing fraksi yaitu F<sub>1</sub> < F<sub>2</sub> < F<sub>3</sub> < F<sub>4</sub> yang dapat dilihat pada Tabel 4. Peningkatan luas permukaan ini disebabkan semakin kecilnya ukuran partikel dan meningkatnya volume pori

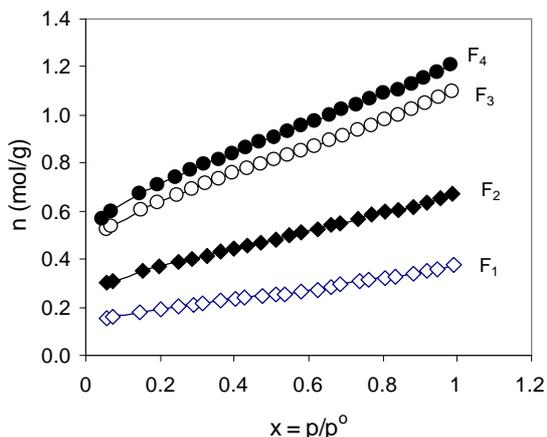
Tabel 3. Komposisi kimia dari masing-masing fraksi hasil XRF.

	Fraksi I (%)	Fraksi II (%)	Fraksi III (%)	Fraksi IV (%)	Mont. Thailand [1]. (%)	Mont. Turki [13] (%)
SiO <sub>2</sub>	73,9	71,8	62,9	61,2	56-60	65 -62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,6	12,6	16,7	16,7	16-18	16 – 20
K <sub>2</sub> O	4,4	4,2	2,8	2,2	0,3 – 0,5	0,5 -0,4
CaO	4,2	2,8	2,6	2,8	1,2 – 2,1	0,7 -0,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,9	6,2	11,3	13,5	5 – 7	4 -5
TiO <sub>2</sub>	0,8	1,1	1,3	0,7	1,2 -1,5	0,2 – 0,7

Tabel 4. Hasil pengukuran luas permukaan, ukuran pori dan volume pori dari fraksi bentonit.

No	Fraksi	Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Ukuran pori (Angstrom)	Volume pori (mL/g)
1	Fraksi 1 (F <sub>1</sub> )	23,16	17,40	0,02016
2	Fraksi 2 (F <sub>2</sub> )	44,55	16,21	0,03611
3	Fraksi 3 (F <sub>3</sub> )	77,26	15,25	0,05891
4	Fraksi 4 (F <sub>4</sub> )	86,08	15,01	0,06460

bahan ini. Peningkatan volume pori berhubungan dengan porositas bahan yang merupakan sifat karakteristik dari *montmorillonite*. Secara kuantitatif *montmorillonite* dari bentonit lokal lebih rendah dibandingkan dengan bentonit Turki, namun demikian secara kualitatif *montmorillonite* lokal lebih baik.



Gambar 4. Adsorpsi isotermal nitrogen pada fraksi bentonit.

Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran luas permukaan dan volume pori *montmorillonite* lokal lebih baik dari *montmorillonite* Turki yang hanya 27 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> hingga 43 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> dan 0,055 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup> hingga 0,065 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup> [13]. Bahkan kualitas *montmorillonite* lokal lebih baik dari pada *montmorillonite* KSF Standard Aldrich yang hanya 20 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> hingga 40 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> dan 0,023 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup> [15].

## KESIMPULAN

*Montmorillonite* telah berhasil di isolasi dari bentonit lokal dengan menggunakan metode sedimentasi tanpa menggunakan bahan kimia. Partikel yang melayang setelah dibiarkan selama 3 hari adalah mineral *montmorillonite* dengan karakteristik: ukuran partikel ≤ 2,17 μm, luas permukaan 77,26 m<sup>2</sup>/g hingga 86,08 m<sup>2</sup>/g, ukuran pori 15,25 Å hingga 15,01 Å, volume pori 0,05891 mL/g hingga 0,06460 mL/g. Secara kualitas (luas permukaan dan volume pori) *montmorillonite* Sukabumi (Indonesia) lebih baik dari *montmorillonite* KSF Aldrich meskipun secara kuantitas isolasi masih rendah. Pengisolasi *montmorillonite* dari bentonit Sukabumi yang ada di lokasi lain di Indonesia yang kandungan *montmorillonite* tinggi untuk diperoleh efisiensi isolasi yang lebih baik.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Setyo Purwanto, M.Eng., selaku Kepala Bidang Karakterisasi dan Analisis Nuklir PTBIN-BATAN, Dra. Mujamilah, M.Sc selaku Kepala Kelompok Nanomaterial untuk Biomedis dan Lingkungan. Drs. Bambang Sugeng, PTBIN-BATAN yang membantu mengukur XRD dan Nurwijayadi PTAPB-BATAN Yogyakarta yang telah mengukur BET.

## DAFTAR ACUAN

- [1] PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MINERAL dan BATUBARA, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral (2005)
- [2]. WOLFE T. A., DEMEREL T. and BAUMANN E. R., *Clay and Clays Mineral*, **33** (2001) 301-311
- [3] DIAZ F. R. V. and SANTOS P. S., Studies on The Acid Activation of Brazilian Smectite Clays, *Quim. Nova*, **24** (2001) 345-353
- [4]. VACCARI A. Preparation and Catalytic Properties of Cationic and Anionic Clays, *Catal. Today*, **41** (1998)53-71

- [5]. ALEXANDRE M. and DUBOIS P , Polymer-Layered Silicate Nanocomposites: Preparation, Properties and Uses of a New Class of Materials, *Materials Science and Engineering*, **28** (2000) 1-63
- [6]. DYERA., T. GALLARDO, in: *Recent Developments in Ion Exchange* Vol. 2, P.A. WILLIAMS M.J. HUDSON (Eds), Elsevier Applied Science, London, UK, (1980) 75
- [7]. LARS AMMANN, Cation Exchange and Adsorption on Clays and Clay Minerals, *Dissertation*, Christian-Albrechts-Universitat, (2003)
- [8]. JACSON, M. L., *Soil Chemical Analysis Advanced Course*, 2<sup>nd</sup> Edition. Published by the author Madson, Wisconsin (1979)
- [9]. STEVE J. CHIPERA and DAVID L. BISH, Baseline Studies of The Clay Minerals Society Source Clays: Powder x-Ray Diffracton Analysis, *Clays and Clays Minerals*, **49**(5) (2001) 398-409
- [10]. JCPDS, by ICDD (1998)
- [11] DIEMAR PETERS, Ultrasound in materials Chemistry, *J. Mater.Chemistry.*, **6**(10) (1996) 1605-1618
- [12]. DUONG L. V. and KLOPROGGE J. T., An Improved Route for the Synthesis of Al-13-Pillared Montmorillonite Catalysts, *J. Porous Mater.*, **14** (2007) 71-79
- [13]. M. ONAL, Y. SARIKAYA and TALEMDAROGLU, Isolation and characterization of a Smectite as a Micro-Mesoporous Material from a Betonies, *Turk J. Chem.*, **27** (2003) 683-693
- [14]. NEWMAN A.C.D, *Chemistry of Clays and Clay Minerals*, Longman Scientific Technical, Mineralogical Society, London (1987)
- [15]. Technical Information Bulletin AI-143 Mineral Adsorbents, Filter Agents and Drying Agents. Aldrich