

## INVESTIGASI SIFAT MAGNET DAN LUAS PERMUKAAN BENTONIT TERMAGNETISASI SEBAGAI ADSORBEN CEPAT PISAH

### *Investigation of Magnetic Properties and Surface Area of Magnetized Bentonite as Rapidly Separating Adsorbents*

Dyah Ayu Pramoda Wardani <sup>1\*)</sup>, Akhmad Damsyik <sup>1)</sup>, Karelius <sup>1)</sup>, Suyanta <sup>2)</sup>, Dwi Siswanta <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kampus Tunjung Nyaho, 73111, Kalimantan Tengah, Indonesia.

<sup>2)</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Kampus Bulak Sumur, DIY Yogyakarta, Indonesia.

<sup>1\*)</sup>e-mail: [dayupwardani@mipa.upr.ac.id](mailto:dayupwardani@mipa.upr.ac.id)

DOI: 10.20527/jstk.v15i2.9726

Submitted: December 14, 2020; Revised version accepted for publication: July 23, 2021

Available online: August 9, 2021

#### ABSTRAK

Bentonit merupakan material alam yang memiliki kecenderungan yang tinggi membentuk koloid, bentonit dapat membentuk suspensi jika menyerap air karena ukuran partikelnya membesar hingga beberapa kali lipat. Hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam proses pemisahannya dari fasa cair setelah proses adsorpsi. Tujuan penelitian ini adalah mensintesis bentonit dengan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan metode kopresipitasi sebagai salah satu upaya untuk memaksimalkan kemampuan adsorpsi dan mengurangi kelemahan dalam pemisahan adsorben setelah proses adsorpsi. Hasil sintesis tersebut mengakibatkan bentonit termagnetisasi memiliki sifat kemagnetan. Karakteristik bentonit termagnetisasi diharapkan dapat memudahkan dan mempercepat proses pemisahan setelah dilakukan adsorpsi. Dalam studi ini dikaji sifat kemagnetan bentonit termagnetisasi menggunakan instrumen VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) dan dikaji luas permukaan bentonit teraktivasi dan bentonit termagnetisasi menggunakan SSA (*Surface Sorption Analyzer*) berdasarkan persamaan BET. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis VSM memberikan nilai  $M_s$  pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni lebih besar 64 emu/g dibandingkan bentonit termagnetisasi 11 emu/g. Hasil analisis SSA menunjukkan luas permukaan spesifik dari material bentonit teraktivasi memiliki nilai 222  $\text{m}^2/\text{g}$  dan bentonit termagnetisasi memiliki 138  $\text{m}^2/\text{g}$ .

**Kata Kunci:** bentonit teraktivasi, bentonit termagnetisasi, sifat magnet, luas permukaan spesifik

#### ABSTRACT

*Bentonite is a natural material that has a high tendency to form colloids. Bentonite can form a suspension if it absorbs water because its particle size increases several times. This will cause difficulties in the separation process from the liquid phase after the adsorption process. Synthesis of bentonite with magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) to become magnetized bentonite is an effort to maximize its function and reduce these weaknesses. This synthesis gave magnetic properties in the material. The characteristics of magnetized bentonite are expected to facilitate and accelerate the separation process after adsorption. In this study, the magnetic properties of magnetized bentonite were examined using a VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) instrument and studied the surface area using SSA (*Surface Sorption Analyzer*) based on the BET equation. The results showed that VSM analysis gave  $M_s$  value to pure  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  greater (64 emu / g) than magnetized bentonite (11 emu / g). The results of the SSA analysis showed the specific surface area of activated bentonite had value of 222  $\text{m}^2/\text{g}$  and magnetized bentonite had value of 138  $\text{m}^2/\text{g}$ .*

**Keywords:** activated bentonite, magnetized bentonite, magnetic properties, specific surface area

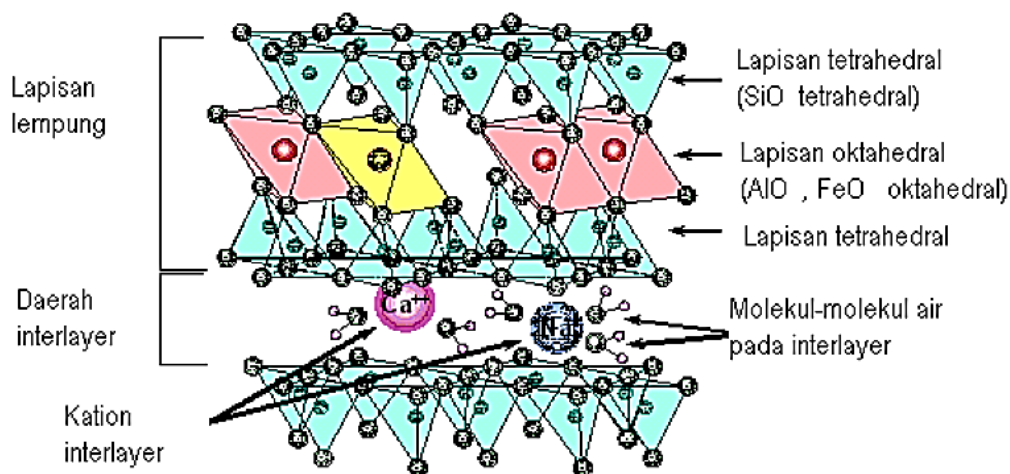
## PENDAHULUAN

Bahan alam yang layak digunakan sebagai bahan penjerap yang ekonomis salah satunya adalah bentonit. Bentonit merupakan material alam di Indonesia yang melimpah dan harganya murah. Bentonit di Indonesia yang merupakan aset potensial dapat ditemukan di beberapa lokasi seperti di Pulau Jawa dan Sumatera, dan sebagian berada di Pulau Kalimantan dan Sulawesi dengan jumlah lebih dari 380 ton (Syuhada dkk., 2009).

Bentonit merupakan material alam yang memiliki kecenderungan yang tinggi membentuk koloid, bentonit dapat membentuk suspensi jika menyerap air karena ukuran partikelnya membesar hingga beberapa kali lipat. Hal ini akan menimbulkan kesulitan dalam proses pemisahannya dari fasa cair setelah proses adsorpsi (Hamsah, 2007). Salah satu upaya untuk mengurangi kelemahan bentonit dalam pemisahan setelah proses adsorpsi dan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya adalah sintesis bentonit dengan magnetit

( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) menggunakan metode kopresipitasi. Hasil sintesis bentonit dengan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) akan menghasilkan sifat kemagnetan pada ruang antar lapis bentonit. Karakteristik bentonit termagnetisasi diharapkan dapat memudahkan dan mempercepat proses pemisahan setelah dilakukan adsorpsi menggunakan medan magnet eksternal dan dapat meningkatkan sifat adsorpsi yang lebih baik (Oliveira dkk., 2003).

Mineral khas yang terkandung dalam bentonit adalah monmorilonit. Monmorilonit memiliki konfigurasi struktur 2:1 yang terdiri dari dua silikon oksida tetrahedral dan satu aluminium oksida oktahedral. Atom silikon di ujung struktur mengikat empat atom oksigen pada struktur tetrahedral, terkadang tiga ikatan aluminium menggantikan empat ikatan silikon. Atom aluminium berkoordinasi dengan enam atom oksigen atau gugus-gugus hidroksil yang berlokasi pada ujung oktahedron (Syuhada dkk., 2009).  $\text{Al}^{3+}$  dapat disubstitusi oleh  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Ni}^+$ , dan kation lainnya.



**Gambar 1.** Struktur Monmorilonit (Alemdar dkk., 2005)

Air atau molekul lain dapat masuk ke dalam lapisan monmorilonit dikarenakan adanya atom-atom yang terikat pada setiap lapisan struktur Hal ini menyebabkan pergeseran kisi yang semakin besar ke arah vertikal. Atom Al yang dapat menggantikan atom Si menyebabkan adanya muatan negatif yang tersebar pada permukaan bentonit. Muatan negatif pada permukaan bentonit disebut sebagai situs aktif (*active site*) dimana situs aktif dapat mengikat kation dari senyawa logam atau senyawa-senyawa organik.

Muatan negatif pada permukaan lapisan bentonit juga disebabkan oleh adanya substitusi  $\text{Al}^{3+}$  dengan  $\text{Mg}^{2+}$  pada lapisan oktahedral dan substitusi  $\text{Si}^{4+}$  dengan  $\text{Al}^{3+}$  pada lapisan tetrahedral Substitusi tersebut dikenal sebagai substitusi isomorfik, yaitu proses penggantian kation dengan kation lain tetapi susunan kristalnya tidak akan berubah. Beberapa kation penyeimbang seperti  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  dan kation lainnya yang terdapat pada ruang antar lapis monmorilonit penyusun bentonit mampu menetralkan muatan negatif yang ada (Bhattacharyya dan Gupta, 2008).

Koyuncu (2008) telah membuktikan bahwa luas permukaan spesifik bentonit dapat ditingkatkan menggunakan larutan asam HCl, dimana sebelum aktivasi luas permukaan bentonit adalah  $71,95 \text{ m}^2/\text{g}$  dan setelah aktivasi menjadi  $109,80 \text{ m}^2/\text{g}$ . Hal ini juga membuktikan peningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap kontaminan organik

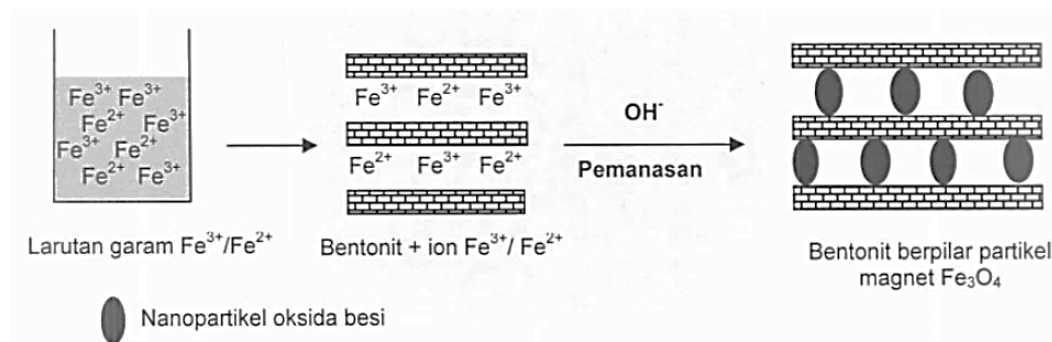
berupa 3-hidroksibenzaldehida sampai dengan dua kali lipatnya. Konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk aktivasi bentonit pernah dikaji dengan variasi konsentrasi 2, 3, dan 5 M. Konsentrasi HCl 2 M mampu menghilangkan pengotor pada ruang antar lapis bentonit tanpa merusak kristalinitas khas dari monmorilonit sebagai Kristal pembentuk bentonit. Bentonit teraktivasi ini sangat baik digunakan untuk sintesis bentonit termagnetisasi (Wardani, 2017).

Sintesis magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan metode kopresipitasi juga telah dilakukan dengan menggunakan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebagai precursor ion *ferro* ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan  $\text{FeCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  sebagai prekursor ion *ferri* ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dengan perbandingan rasio optimum  $\text{Fe}^{2+}:\text{Fe}^{3+}$  adalah 1:2, dan pembentukan magnetit optimum terjadi pada temperatur  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  (Wardani, 2017).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembuatan bentonit berpilar ini adalah jumlah spesies kation, prekursor, derajat hidrolisis, suhu reaksi, kecepatan penambahan reaktan dan kondisi penuaan larutan terhidrolisis (Laperche dan Bigham, 2002). Gambar 2 adalah ilustrasi pembuatan nanokomposit magnet oksida besi–bentonit dengan prekursor garam besi  $\text{Fe(III)/Fe(II)}$ .

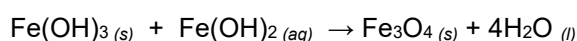
Menurut Fisli dan Yusuf (2010) pada tahap modifikasi, magnetit dibentuk pada ruang antar lapis bentonit dengan menggunakan prekursor  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  serta larutan pengendap berupa  $\text{NH}_4\text{OH}$  sampai

pada pH 10. Kenaikan pH ketika ditambahkan  $\text{NH}_4\text{OH}$  menyebabkan konsentrasi basa menjadi berlebih sehingga reaksi hidrolisis Fe(II) maupun Fe(III) menghasilkan pembentukan endapan.

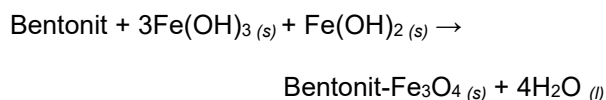


**Gambar 2.** Ilustrasi pilarisasi bentonit dengan partikel magnetik (Fisli dan Yusuf, 2010)

Spesies hidroksida besi yang terbentuk inilah yang akan berperan membentuk padatan magnetit dan terdistribusi pada ruang antar lapis bentonit. Selanjutnya, padatan yang diperoleh dipanaskan untuk mendehidrasi molekul air sehingga terbentuk spesies magnetit. Perkiraan reaksi sintesis magnetit yaitu:

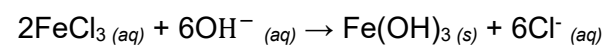
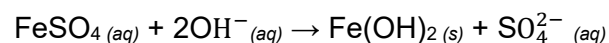


Perkiraan reaksi sintesis pembentukan magnetit pada ruang antar lapis bentonit:



Elektron spin tidak berpasangan dalam magnetit menghasilkan sifat kemagnetan pada magnetit. Momen magnetik yang dihasilkan dari setiap elektron spin tidak berpasangan ini menyebabkan resultan momen magnetik pada suatu atom menjadi lebih besar (Jeong dkk., 2005). Sebagian besar atom membentuk kelompok-kelompok yang sejajar dikarenakan adanya interaksi

Perkiraan reaksi yang akan terjadi adalah sebagai berikut:



medan magnet tiap atom yang kuat dengan atom tetangganya.

Stepova (2009) melaporkan bahwa dengan adanya deposisi besi oksida ke dalam bentonit dapat meningkatkan luas permukaan dan kemampuan adsorpsi bentonit termodifikasi magnetit terhadap  $\text{H}_2\text{S}$  semakin meningkat. Kemampuan adsorpsi Hg(II) meningkat hingga dua kali lipat setelah bentonit dimodifikasi dengan partikel magnet dan bentonit termodifikasi magnetit terpisah dari dalam larutan setelah 5 menit dengan bantuan medan magnet eksternal (Agnestisia dkk., 2017). Bentonit alam dapat dikombinasikan dengan magnetik oksida besi menjadi suatu komposit yang digunakan sebagai adsorben dengan kemampuan adsorpsi yang baik pada logam  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  (Oliveira dkk., 2003). Bentonit termodifikasi magnetit telah disintesis oleh beberapa peneliti sebelumnya diantaranya Agnestisia dkk. (2017) yang diaplikasikan untuk adsorpsi Hg(II), kemudian Sunarsih (2017) yang diaplikasikan untuk adsorpsi

Zn(II) dan Mn(II), Mufidayanti (2016) untuk adsorpsi Cr(III) dan Wardani (2017) untuk adsorpsi Cd(II) dan Cr(III). Bentonit termagnetisasi disintesis dari bentonit yang telah diaktivasi asam menggunakan HCl 2 M. Sintesis bentonit termagnetisasi memiliki komposisi optimum dengan rasio  $Fe^{2+}:Fe^{3+}$  adalah 1:2 dengan temperatur optimum pada 85 °C (Wardani, 2017).

Pada penelitian ini akan dikaji mengenai investigasi sifat magnet dan luas permukaan dari bentonit termagnetisasi yang dibandingkan dengan luas permukaan dari bentonit teraktivasi. Investigasi sifat magnet dilakukan dengan menggunakan *Vibration Sample Magnetometer* (VSM) dan luas permukaan menggunakan *Surface Sorption Analyzer* (SSA).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Vibrating Sample Magnetometer* 250 (VSM), *Surface Sorption Analyzer* (SSA) dan peralatan gelas. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bentonit, bahan-bahan lain dengan kualitas pro analisis produksi E-Merck yaitu  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , HCl 37%,  $AgNO_3$ ,  $NH_4OH$ , akuabides dari CV. Progo Mulyo, dan kertas Whatman 42 $\mu$ .

### Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu: (1) Pembersihan sampel, (2) Bentonit teraktivasi HCl, dan (3) Sintesis

bentonit termagnetisasi. Prosedur penelitian diuraikan sebagai berikut:

### Pembersihan sampel

Bentonit dicuci dengan air untuk membersihkannya dari pengotor kasar, kemudian selama 3 jam dioven pada temperatur 70 °C. Selanjutnya bentonit digerus dan diayak hingga lolos 100 mesh.

### Bentonit teraktivasi HCl

Bentonit yang sudah lolos 100 mesh ditimbang sebanyak 50 g, kemudian dicampurkan dengan 250 mL larutan HCl 2 M dipanaskan selama 3 jam pada temperatur 105 °C. Setelah itu, campuran disaring dan dicuci dengan akuabides hingga kadar klorinya berkurang, dengan cara meneteskan larutan  $AgNO_3$  0,1 M pada filtrat sisa saring. Padatan berwarna putih yang dihasilkan dikeringkan pada temperatur 75 °C dengan menggunakan oven selama 48 jam. Bentonit teraktivasi yang kering kemudian digerus dan diayak hingga lolos 200 mesh (Wardani, 2017). Bentonit teraktivasi dikarakterisasi luas permukaan spesifiknya dengan SSA berdasarkan persamaan BET.

### Sintesis bentonit termagnetisasi

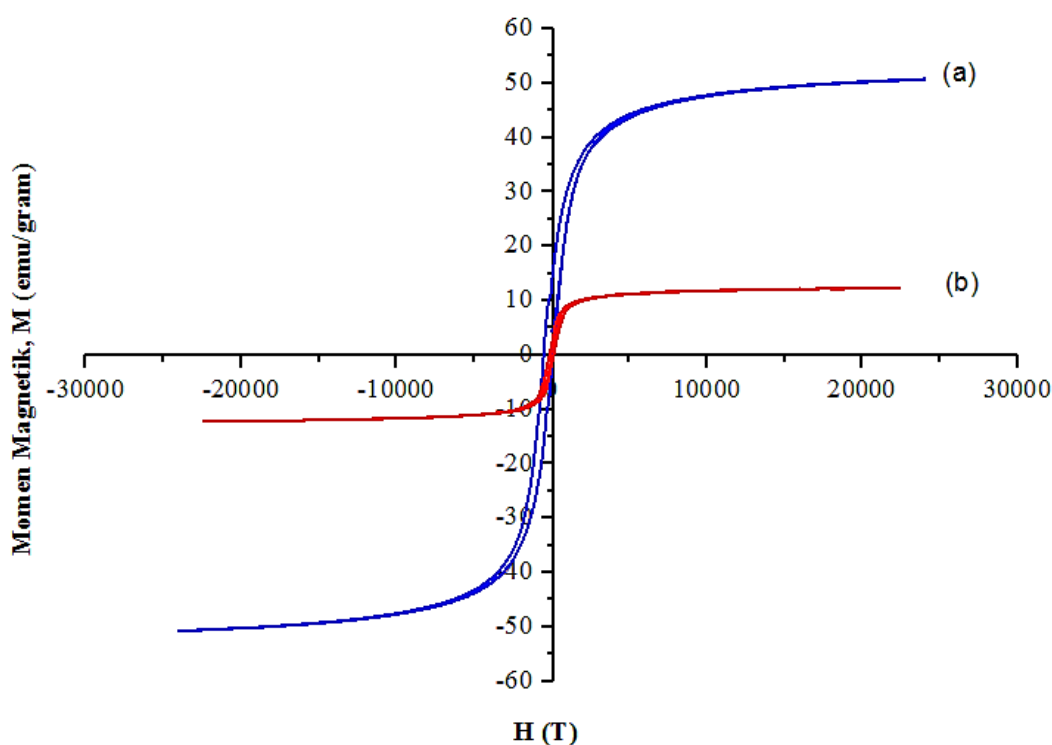
100 mL larutan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dibuat dengan konsentrasi 0,025 M dan 100 mL larutan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  dibuat dengan konsentrasi 0,05 M. Sebanyak 2 g bentonit teraktivasi dicampurkan dengan 100 mL masing-masing larutan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dan

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  di dalam gelas beker. Sintesis ini dilakukan pada temperatur 85 °C dan diaduk selama 1 jam, kemudian larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  1,3 M diteteskan kedalam campuran sehingga pH 11 dan terbentuk endapan coklat-kehitaman. Setelah proses sintesis, campuran tersebut dibiarkan kurang lebih 2 jam untuk menurunkan temperaturnya dan memastikan sintesis yang terjadi sudah sempurna. Endapan bentonit termagnetisasi dipisahkan dan dicuci dengan akuabides hingga pH 7 (netral), kemudian dikeringkan selama 4 jam pada suhu 75 °C dengan oven. Bentonit termagnetisasi yang telah kering digerus sampai terbentuk bubuk halus. Bentonit termagnetisasi dikarakterisasi menggunakan SSA dan VSM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Investigasi Sifat Magnet Bentonit Termagnetisasi

Salah satu karakteristik oksida besi jenis magnetit adalah memiliki sifat kemagnetan. Apabila ada pengaruh medan magnet yang lebih kuat maka magnetit tersebut akan tertarik. Hal ini diuji dengan menggunakan analisis *Vibrating Sampel Magnetometer* (VSM) dan dengan menarik bentonit termagnetisasi dengan medan magnet eksternal. Prinsip analisis VSM adalah memberikan medan magnet eksternal untuk menghasilkan momen magnet pada sampel yang dianalisis. Besarnya momen magnet yang dihasilkan oleh suatu material menunjukkan bahwa material tersebut lebih tertarik oleh magnet. Hasil analisis kemagnetan material bentonit termagnetisasi menggunakan VSM diperoleh kurva yang tersaji pada Gambar 3.





**Gambar 3.** Kurva magnetisasi material magnetit (a)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni dan (b) bentonit termagnetisasi

Pada kurva magnetisasi terdapat urutan balik (*loop*) yang hampir simetri. Luasan *loop* menunjukkan besarnya energi yang dibutuhkan untuk magnetisasi. Luasan *loop* dibandingkan antara  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni dengan bentonit termagnetisasi. Gambar 3(a) memiliki *loop* sementara Gambar 3(b) tidak memiliki *loop*. *Loop* pada Gambar 3(a) menunjukkan bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  tidak memiliki sifat superparamagnetik, hal ini terjadi disebabkan karena  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mengalami aglomerasi sehingga ukuran partikelnya menjadi lebih besar ( $>25$  nm). Gambar 3(b) tidak memiliki *loop*, menunjukkan bahwa bentonit termagnetisasi memiliki sifat superparamagnetik dan memiliki ukuran  $<25$  nm, hal ini terjadi disebabkan karena magnetit terdistribusi ke dalam lapisan bentonit.

Kurva histeresis memberikan informasi mengenai  $M_s$  (medan saturasi) untuk setiap material.  $M_s$  menunjukkan titik jenuh suatu material bila dikenakan medan magnet eksternal. Peningkatan kuat medan yang dikenakan pada suatu material mengakibatkan terjadinya perubahan momen magnet sampai mencapai titik jenuh. Kekuatan magnet dari magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni) jauh lebih besar dibandingkan komposit magnetit. Sifat kemagnetan ( $M_s$ )  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni adalah 64 (emu/g) dan bentonit termagnetisasi adalah 11 emu/g.

Nilai  $M_s$  pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni lebih besar dibandingkan bentonit termagnetisasi, hal ini menandakan bahwa proses pembentukan

komposit dengan material lain dapat mempengaruhi sifat kemagnetan dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  murni. Kemungkinan yang terjadi adalah ketika magnetit dikompositkan ke dalam ruang antar lapis bentonit yang memiliki struktur aluminosilikat dapat menutupi permukaan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sehingga situs aktif  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  akan terhalang dan karena daya tariknya melemah maka  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sulit bergerak mendekati medan magnet eksternal. Bentonit termagnetisasi memiliki sifat kemagnetan yang rendah, akan tetapi komposit tersebut masih dapat ditarik oleh medan magnet eksternal dan dapat dipisahkan dari larutan.

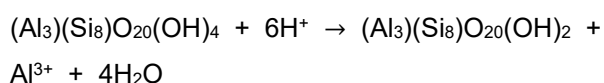
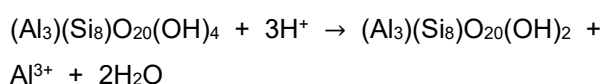
#### **Investigasi Luas Permukaan Bentonit Teraktivasi dan Bentonit Termagnetisasi**

Bentonit dapat ditingkatkan kemampuan adsorpsinya dengan pemurnian dan aktivasi. Sebelum tahap aktivasi, bentonit dibersihkan untuk menghilangkan pengotor kasar kemudian dikeringkan selama 3 jam pada temperatur  $70^\circ\text{C}$  bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terdapat pada ruang antar lapis bentonit. Kemudian untuk mendapatkan ukuran yang seragam, bentonit digerus dan diayak hingga lolos ayakan 100 mesh.

Bentonit diaktivasi dengan menggunakan larutan HCl 2 M. Penggunaan larutan asam ditujukan untuk memperbaiki karakteristik permukaan bentonit yang digunakan sebagai adsorben. Aktivasi bentonit ini menghilangkan pengotor dalam pori bentonit sehingga diharapkan pori pada ruang antar lapis bentonit lebih terbuka

sehingga meningkatkan luas permukaan spesifik pori dan situs aktifnya. Larutan HCl mampu melarutkan senyawa yang bersifat anorganik dan dapat menjadi sumber ion hidrogen ( $H^+$ ) yang dapat didonorkan untuk mengimbangi situs aktif pada ruang antar lapis bentonit. Proses aktivasi dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang ada pada permukaan bentonit berupa garam-garam Ca dan Mg. Pengotor yang larut dalam fasa cair, seperti kation  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , dan  $Ca^{2+}$  yang ada pada ruang antar lapis bentonit bertukar dengan ion hidrogen ( $H^+$ ) dari larutan HCl. Filtrat yang dihasilkan dari proses aktivasi bentonit dengan larutan HCl berwarna kuning kehijauan, hal ini mengindikasikan adanya kation pengotor yang larut. Setelah dicuci dan dikeringkan didapatkan padatan bentonit teraktivasi yang berwarna putih.

Proses dealuminasi dapat terjadi jika konsentrasi  $H^+$  yang digunakan cukup tinggi. Dealuminasi adalah peristiwa terlepasnya Al dari struktur bentonit. Reaksi yang terjadi pada proses dealuminasi dalam bentonit dituliskan pada persamaan kimia berikut ini:



Analisis *Surface Sorption Analyzer* (SSA) berdasarkan persamaan BET bertujuan untuk mengkaji luas permukaan spesifik bentonit, bentonit teraktivasi dan bentonit termagnetisasi. Informasi luas permukaan spesifik dibutuhkan untuk

membuktikan masuknya partikel magnetit ke dalam struktur bentonit. Hasil menunjukkan bahwa bentonit memiliki luas permukaan spesifik  $12 \text{ m}^2/\text{g}$  sementara bentonit teraktivasi memiliki luas permukaan spesifik  $222 \text{ m}^2/\text{g}$ . Bentonit termagnetisasi memiliki luas permukaan spesifik sebesar  $138 \text{ m}^2/\text{g}$ , lebih kecil bila dibandingkan dengan bentonit teraktivasi. Kecilnya luas permukaan spesifik bentonit termagnetisasi menunjukkan bahwa pada ruang antar lapis bentonit telah terbentuk partikel magnetit. Pembentukan magnetit menyebabkan penambahan partikel dari kation-kation yang menempati ruang pada ruang antar lapis bentonit. Penurunan luas permukaan tersebut terjadi karena distribusi magnetit yang tidak merata, sebagian partikel masuk ke dalam ruang antar lapis bentonit dan sebagian berada pada permukaan bentonit.

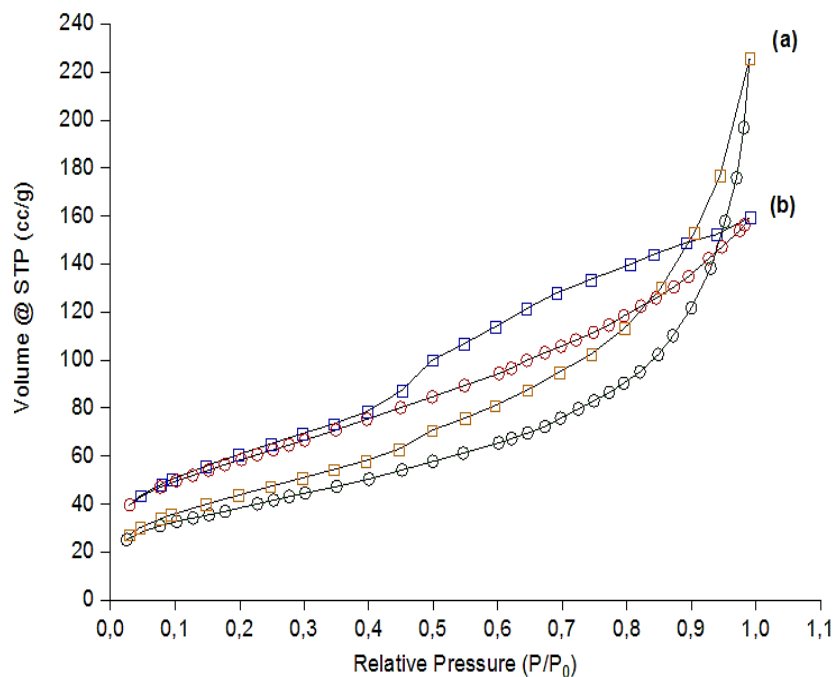
Penentuan total luas permukaan dan struktur pori suatu padatan bisa dilakukan dengan adsorpsi nitrogen yang merupakan adsorpsi fisik dalam metode BET. Syarat penggunaan persamaan BET harus untuk isotherm adsorpsi yang memiliki nilai  $P/P_0$  antara 0,05 sampai 0,3. Gambar 4 menunjukkan isotherm adsorpsi dan desorpsi nitrogen pada bentonit teraktivasi dan bentonit termagnetisasi. Gambar 4 (a) dan (b) adalah grafik jumlah adsorpsi dan desorpsi nitrogen terhadap tekanan relatif ( $P/P_0$ ). Pola serupa pada Gambar 4 (a) dan (b) menunjukkan bahwa pertama, pada tekanan relatif ( $P/P_0$ ) rendah terjadi kenaikan adsorpsi dan desorpsi secara cepat. Kedua, pada pertengahan naik perlahan. Ketiga, naik



lagi dengan cepat pada tekanan relatif ( $P/P_0$ ) mendekati satu. Fenomena pertama terjadi karena interaksi antara molekul gas yang teradsorpsi dengan gas yang berenergi pada permukaan padatan. Pada tahap ini telah terbentuk lapisan tunggal. Fenomena kedua menunjukkan adanya lapisan berlapis (multilayer) yang terbentuk dan pada fenomena ketiga, terjadi kondensasi molekul gas yang teradsorpsi, selain itu juga terlihat adanya *loop* histeresis pada daerah pertengahan.

Isoterm adsorpsi yang ditunjukkan pada Gambar 4(a) dan (b) merupakan isoterm

adsorpsi tipe IV. Isoterm adsorpsi tipe IV adalah jenis adsorpsi pada padatan dengan ukuran pori 2-50 nm yang dikategorikan sebagai padatan berpori meso. Efek pembatasan jumlah lapisan pada pori permukaan padatan suatu adsorbat menyebabkan terjadinya kondensasi kapiler. Kondensasi kapiler ini menyebabkan terbentuknya histeresis pada tekanan relatif yang hampir sama dari 0,55 sampai 0,8. Hal ini menandakan adanya distribusi ukuran pori yang hampir serupa yaitu sekitar 3-6 nm.



**Gambar 4.** Isoterm adsorpsi dan desorpsi nitrogen (a) bentonit termagnetisasi dan (b) bentonit teraktivasi

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa hasil investigasi sifat magnet bentonit termagnetisasi memberikan nilai  $M_s$  sebesar 11 emu/g, sementara nilai  $M_s$   $Fe_3O_4$  murni adalah 64

emu/g. Hasil investigasi luas permukaan bentonit teraktivasi adalah  $222 \text{ m}^2/\text{g}$  dan bentonit termagnetisasi adalah  $138 \text{ m}^2/\text{g}$ .

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya yang telah menjadi penyelenggara hibah penelitian dan pengabdian kepada masyarakat pada Tahun 2020 dan Laboratorium Pendidikan Kimia Universitas Palangka Raya yang menyediakan sarana untuk melaksanakan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agnestisia, R., Narsito, N. and Suyanta, S., Bentonit Termodifikasi Magnetit Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Hg (II). *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 10(1), pp.8-25.
- Alemdar, A., Öztekin, N., Erim, F.B., Ece, Ö.I. and Güngör, N., 2005. Effects of polyethyleneimine adsorption on rheology of bentonite suspensions. *Bulletin of Materials Science*, 28(3), pp.287-291.
- Alshameri, A., Abood, A.R., Yan, C. and Muhammad, A.M., 2014. Characteristics, modification and environmental application of Yemen's natural bentonite. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(3), pp.841-853.
- Benguella, B. and Yacouta-Nour, A., 2009. Adsorption of bezanyl red and nylomine green from aqueous solutions by natural and acid-activated bentonite. *Desalination*, 235(1-3), pp.276-292.
- Bhattacharyya, K.G. and Gupta, S.S., 2008. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: a review. *Advances in colloid and interface science*, 140(2), pp.114-131.
- Chirita, M., Grozescu, I., Taubert, L., Radulescu, H. and Princz, E., 2009. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-nanoparticles, physical properties and their photochemical and photoelectrochemical applications. *Chem. Bull*, 54(68), pp.1-8.
- Gnanaprakash, G., Ayyappan, S., Jayakumar, T., Philip, J. and Raj, B., 2006. Magnetic nanoparticles with enhanced  $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> to  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> phase transition temperature. *Nanotechnology*, 17(23), p.5851.
- Hajjaji, M. and El Arfaoui, H., 2009. Adsorption of methylene blue and zinc ions on raw and acid-activated bentonite from Morocco. *Applied Clay Science*, 46(4), pp.418-421.
- Hamsah, D., 2007. Pembuatan. *Pencirian dan Uji Aplikasi Nanokomposit Berbasis Montmorilonit dan Besi Oksida, Skripsi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor*.
- Harris, L.A., 2002. *Polymer stabilized magnetite nanoparticles and poly (propylene oxide) modified styrene-dimethacrylate networks*. Virginia Polytechnic Institute and State University..
- Koyuncu, H., 2008. Adsorption kinetics of 3-hydroxybenzaldehyde on native and activated bentonite. *Applied Clay Science*, 38(3-4), pp.279-287.
- Luckham, P.F. and Rossi, S., 1999. The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions. *Advances in colloid and interface science*, 82(1-3), pp.43-92.
- Moskowitz, B.M., 1991, June. Hitchhiker's guide to magnetism. In *Environmental Magnetism Workshop (IRM)* (Vol. 279, No. 1, p. 48). Univ. of Minn., Minneapolis, Minn: Inst. for Rock Magnetism.
- Oliveira, L.C., Rios, R.V., Fabris, J.D., Sapag, K., Garg, V.K. and Lago, R.M., 2003. Clay-iron oxide magnetic composites for the adsorption of contaminants in water. *Applied Clay Science*, 22(4), pp.169-177.

- Wardani, D. A. P., Suyanta, dan Siswanta, D.. 2017. *Bentonit Termagnetisasi sebagai Adsorben Cepat Pisah pada Adsorpsi Ion Logam Cd(II) dan Cr(III)*. Tesis Program Pascasarjana. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Stepova, K.V., Maquarrie, D.J. and Krip, I.M., 2009. Modified bentonites as adsorbents of hydrogen sulfide gases. *Applied Clay Science*, 42(3-4), pp.625-628.
- Suyanta, S., Eko Sri, K., Muhamad, M., Citra, P., and Dian, P. 2014. Comparative Study Of Methods In The Synthesis Of Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), In, *Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences 2014*. UNY. Yogyakarta.
- Syuhada, S., Wijaya, R., Jayatin, J. and Rohman, S., 2009. Modifikasi bentonit (clay) menjadi organoclay dengan penambahan surfaktan. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2(1), pp.48-51..