

PILARISASI LEMPUNG ALAM DESA OUW DENGAN Al_2O_3 SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METIL ORANGE

B. M. Onaola¹, Y. Utubira^{1*}, J. B. Manuhuttu¹

¹Departement of Chemistry-FKIP, Pattimura University Ambon

*yeslia.utubira@gmail.com

ABSTRACT

Preparation and characterization of Al_2O_3 pillared natural as an adsorbent for methyl orange dyes clay has been studied. Pillarization of clay is carried out by intercalation of Al polycation in natural clay followed by calcination at 400°C for 2 hours. The synthesis results were characterized by XRD to see the basal spacing and surface area using the nitrogen gas adsorption method using the Surface Area Analyzer, while the analysis of the methyl orange dyes from the adsorption results was performed using a UV-VIS spectrophotometer. The results of the study using XRD obtained that the process of aluminum metal oxide pillarization (Al_2O_3) was successful, as evidenced by the occurrence of a shift in the d_{001} plane to a smaller angle followed by an increase in basal spacing on the Al_2O_3 pillared clay. Analysis of surface area, total pore volume, pore diameter, 57.743 m^2/g , 1.76 cm^3/g , 6.1015 Å respectively. Adsorption is done in batches with variations in contact time 5, 10, 15, 20, 25 minutes at a speed of 300 rpm and mass variations of 0.1, 0.2 and 0.3 g. The highest capacity and efficiency of adsorption of Al_2O_3 pillared clay on the adsorption of methyl orange dyes was highest at 5 minutes contact time ie 2.545 mg / g and 84.008%.

Keywords: Clay, pillarization, Al_2O_3 , methyl orange.

ABSTRAK

Telah dilakukan preparasi dan karakterisasi lempung alam terpillar Al_2O_3 sebagai adsorben zat warna metil orange. Pilarisasi lempung dilakukan melalui interkalasi polikation Al pada lempung alam yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 400 °C selama 2 jam. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan XRD untuk melihat *basal spacing* dan luas permukaan menggunakan metode adsorpsi gas nitrogen menggunakan *Surface Area Analyzer*, sedangkan analisis zat warna metil orange hasil adsorpsi dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Hasil penelitian menggunakan XRD diperoleh bahwa proses pilarisasi oksida logam aluminium (Al_2O_3) telah berhasil, dibuktikan dengan terjadinya pergeseran bidang d_{001} ke sudut yang lebih kecil diikuti dengan peningkatan basal spacing pada lempung terpillar Al_2O_3 . Analisis luas permukaan, volum total pori, diameter pori rata - rata masing-masing sebesar, 57,743 m^2/g , 1,76 cm^3/g , 6,1015 Å. Adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, 25 menit pada kecepatan 300 rpm serta variasi massa 0,1, 0,2 dan 0,3 g. Kapasitas dan efisiensi adsorpsi lempung terpillar Al_2O_3 pada adsorpsi zat warna metil orange yang paling tinggi pada waktu kontak 5 menit yakni 2,545 mg/g dan 84,008%.

Kata kunci: Lempung, pilarisasi, Al_2O_3 , metil orange

PENDAHULUAN

Maluku merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi sumber daya alam berupa tanah lempung yang cukup besar dan belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Masyarakat di Desa Ouw (Pulau Saparua) menggunakan lempung sebagai bahan dasar pembuatan batu bata dan juga kerajinan keramik (sempe), produktivitas ini telah berlangsung sejak dahulu tanpa mengetahui sifat-sifat mineral penyusunnya. Mineral lempung merupakan senyawa alumina silika terhidrat dengan kerangka struktur tiga dimensi terbuka yang terbangun oleh tetrahedral (SiO_4)⁴⁺ dan (AlO_4)⁵⁻ yang diikat dengan pemakaian bersama terhadap atom oksigen, membentuk saluran dan rongga yang teratur dalam kristal yang berukuran molekuler (Hamdan, 1992 dalam Suharto dkk, 2002).

Kelemahan dari lempung alam adalah rusaknya struktur lapis dan hilangnya porositas saat dipanaskan. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan proses penyisipan ion atau molekul ke dalam

jarak *interlamelar* pada lempung yang mengalami pemuaihan (Gil dan Gandia, 2003) yang dikenal dengan proses interkalasi. Pemanasan interkalat akan menghasilkan pilar, sehingga proses ini lebih dikenal dengan sebutan proses pilarisasi (Manohar dkk, 2006). Interkalasi lempung dengan cara menukar ion yang ada pada jarak antarlapis lempung dengan kation logam polihidroksi kemudian dipanaskan merupakan cara yang efektif untuk memodifikasi lempung sebagai adsorben, pendukung katalis dan juga penukar ion, (Salerno dan Mendioroz, 2001). Lempung terpillar didefinisikan sebagai turunan smektit yang kation-kationnya telah ditukarkan oleh kation-kation yang berukuran besar dan kation-kation tersebut berfungsi sebagai pilar atau tiang di antara lapisannya. Lempung smektit mempunyai struktur yang berlapis yang dapat dimodifikasi sehingga dihasilkan lempung alam terpillar yang mempunyai kemampuan adsorpsi lebih tinggi, stabilitas termal, dan luas permukaan yang besar (Taslimah, dkk.,2008).

Adsorpsi didefinisikan sebagai pengambilan molekul-molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorben atau oleh permukaan larutan (Kunti, 2009). Keuntungan metode adsorpsi yaitu memiliki efisiensi yang tinggi untuk meminimalisir senyawa yang tidak diinginkan, dapat digunakan untuk mengatasi senyawa organik beracun, cara penggunaan yang mudah, dan jenis adsorben yang bervariasi. Kapasitas adsorpsi lempung dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah luas permukaan, stuktur lapisan molekul, kapasitas tukar kation dan keasaman permukaannya, semakin tinggi karakter-karakter tersebut maka akan semakin baik daya adsorpsinya Adsorpsi merupakan alternatif terbaik untuk mengatasi pencemaran zat warna (Kunti, 2009). Dalam penelitian ini telah dilakukan modifikasi pada material lempung alam melalui pilarisasi oksida logam aluminium (Al_2O_3) dari *precursor* garam Al (AlCl_3) yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi zat warna metil orange.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan meliputi: Neraca analitik merk Ohaus, Ayakan ukuran 100 mesh, Stopwatch, Peralatan gelas, Oven memert, *Furnace*, Spatula, Batang pengaduk, Cawan petri, Hotplate, Corong, sheaker, Magnetik stirrer, Pipet tetes, Tabung reaksi dan rak, Lumpang serta alu, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Surface Area Analyzer* (SAA), Spektrofotometer UV-Vis.

Bahan-bahan yang digunakan meliputi: Lempung alam Desa Ouw (Pulau Saparua), AlCl_3 0,2M; NaOH 0,2M; AgNO_3 0,1M; Metil Orange 100 ppm; Akuades; Kertas saring biasa.

Prosedur Kerja

1. Preparasi Lempung

Lempung alam disuspensikan ke dalam air kemudian dibiarkan selama 5 menit. Suspensi yang terbentuk didekantasi dan diambil endapannya yang bebas dari pengotor. Hal ini diulang-ulang untuk mendapatkan berat endapan sebanyak 100 gram. Endapan kemudian di keringkan pada suhu 70°C selama 24 jam. Setelah kering, digerus dan di saring dengan ukuran 100 mesh.

2. Pembuatan Lempung Terpillar Al_2O_3

Pembuatan lempung terpillar alumina diawali dengan pembuatan larutan pemilar yaitu dengan cara menambahkan larutan AlCl_3 0,2M sedikit demi sedikit kedalam larutan NaOH 0,2M sehingga diperoleh pH 4. Kemudian ditambahkan akuades sampai volume 500 mL. Larutan pemilar *diaging* pada suhu 70°C selama 24 jam, kemudian didiamkan pada suhu kamar.

Selanjutnya sebanyak 20 gram lempung dimasukkan ke dalam 250 mL akuades sambil diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 3 jam. Suspensi yang terbentuk ditambahkan larutan pemilar 300 mL dan diaduk selama 5 jam menggunakan magnetik stirrer. Kemudian suspensi didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam dan dipisahkan. Residu yang didapat dicuci menggunakan akuades hingga bebas ion klorida. Lempung dipanaskan pada suhu 75°C hingga kering, kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 400°C selama 2 jam. Hasilnya kemudian dikarakterisasi dengan XRD serta analisis luas permukaan menggunakan *Surface Area Analyzer*.

3. Adsorpsi Zat Warna Metil Orange

Larutan metil orange 30 ppm sebanyak 10 mL, masing-masing dicampurkan dengan 100 mg lempung terpillar Al_2O_3 (adsorben), dan di aduk selama 5, 10, 15, 20, dan 25 menit. Jumlah zat warna metil orange yang teradsorpsi dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada $\lambda = 463$ nm dan ditentukan menggunakan kurva standar. Cara yang sama dilakukan dengan bervariasi berat adsorben yaitu 200 dan 300 mg.

Konsentrasi metil orange yang teradsorpsi oleh lempung dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Konsentrasi metil orange teradsorpsi (mg/g)} = \frac{(C_0 - C)V}{m}$$

Dimana:

- C_0 = Konsentrasi awal blanko (mg/)
- C = Konsentrasi metil orange pada filtrate (mg/L)
- V = Volume larutan (L)
- m = massa adsorben (gram)

Penentuan kapasitas adsorpsi dapat di hitung dengan persamaan:

$$x/m = \frac{C_0 - C_a}{m} \times V \dots \dots \dots$$

Keterangan:

- $\frac{x}{m}$ = kapasitas adsorpsi atau jumlah adsorbat teradsorpsi per-satuan massa adsorben (mg/g adsorben)
- V = volume larutan (mL)
- C_0 = konsentrasi awal larutan (ppm)
- C_a = konsentrasi akhir larutan (ppm)
- m = massa adsorben (gram)

Penentuan Efisiensi Adsorpsi dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots \text{ (Cahyaningrum, 2016).}$$

Dimana :

- C_0 = konsentrasi Metil orange sebelum adsorpsi
- C_e = konsentrasi Metil orange setelah adsorpsi

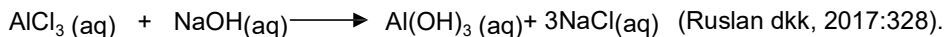
HASIL PENELITIAN

Preparasi Lempung Alam

Lempung merupakan material alam yang sangat potensial di Maluku tetapi belum di manfaatkan secara optimal, dan mempunyai sifat plastis pada keadaan basah sehingga banyak digunakan sebagai katalis, penukar ion dan adsorben. Dalam penelitian ini digunakan lempung alam asal Desa Ouw sebagai adsorben zat warna metil orange. Sebelumnya, lempung alam disuspensikan terlebih dahulu kemudian didekantasi untuk mendapatkan endapan yang bebas dari pengotor atau partikel lain yang dapat mengganggu proses interkalasi larutan pemilar ke dalam lempung sehingga tidak berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Lempung alam yang telah bebas pengotor, kemudian dikeringkan dan digerus yang bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel dari adsorben yang digunakan yang mana semakin besar luas permukaannya, semakin meningkat frekuensi kontak antara adsorben dan adsorbat (Hardyanti dkk, 2017), selanjutnya lempung diayak menggunakan ayakan 100 mesh yang bertujuan untuk menyeragamkan ukuran partikel.

Lempung Terpillar Al_2O_3

Larutan pemilar dibuat dengan cara menghidrolisis AlCl_3 menggunakan NaOH karena proses pemiliran merupakan proses pertukaran kation-kation yang terdapat pada antar lapis mineral lempung dengan agen pemilar dalam bentuk kationnya. Reaksi antara dan NaOH adalah sebagai berikut:



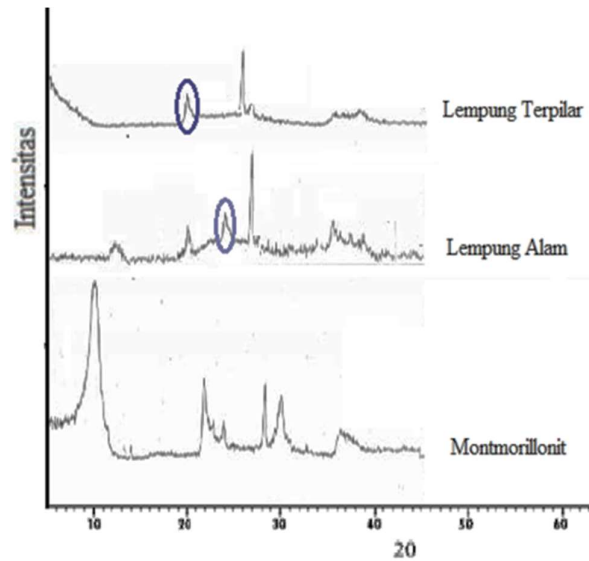
Alumina digunakan sebagai agen pemilar karena lempung terpillar Alumina mempunyai ukuran pori yang relatif seragam, hidrolisisnya mudah dikendalikan, dan ukuran pilarnya tidak terlalu peka oleh perubahan hidrolisisnya (Kurniawan dkk, 2017:148). Pembuatan larutan dilakukan pada suhu 70°C selama 24 jam, hal ini dilakukan karena pada proses pemanasan akan meningkatkan derajat polimerisasi yang disebabkan oleh peningkatan kecepatan hidrolisisnya (Kurniawan dkk, 2017:148). Proses perendaman lempung dalam akuades dan pengadukan selama 3 jam untuk membentuk suspensi lempung bertujuan agar *interlayer* lempung dapat terbuka karena sifat mengembang yang dimiliki lempung apabila dalam air. Kemudian ditambahkan larutan pemilar dalam suspensi lempung dan diaduk hingga homogen agar larutan pemilar terinterkalasi secara sempurna ke dalam struktur *interlayer* lempung. Larutan didiamkan selama 24 jam agar proses interkalasi logam pemilar ke dalam struktur *interlayer* lempung dapat terjadi secara sempurna, pertukaran antar kation lempung dan kation pemilar dapat terjadi.

Suspensi lempung yang telah diinterkalsi dipisahkan dan dicuci menggunakan akuades untuk menghilangkan larutan pemilar yang berlebih dan ion Cl^- . Pencucian suspensi lempung terinterkalasi dapat meningkatkan kualitas lempung terpillar, selain itu juga dapat meningkatkan distribusi pilar yang seragam, menghasilkan jarak antarlapis yang lebih besar dibandingkan tanpa pencucian (Cool dan Vansat, 1998). Proses pemanasan dilakukan pada suhu 75°C agar molekul-molekul air yang terperangkap dalam lempung keluar, selanjutnya lempung dikalsinasi pada suhu 400°C selama 2 jam. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Subagja dkk, (2014), menunjukkan bahwa proses penguraian pewarna metil orange akan berjalan dengan baik apabila proses kalsinasi dilakukan pada temperatur 400°C sampai dengan 500°C , karena mampu mengurangi konsentrasi metil orange mencapai 100% selama 2 sampai 3 jam. Kalsinasi merupakan perlakuan panas pada suatu senyawa agar terjadi dekomposisi sehingga senyawa berubah menjadi bentuk oksida (Ruslan dkk, 2017:329).

Karakterisasi Lempung Terpillar Alumina

1. Analisis Difraksi Sinar X Lempung Terpillar

Analisis XRD dilakukan untuk mengetahui perubahan *basal spacing* mineral lempung yang dihasilkan sebelum dilakukan pemiliran dan setelah dilakukan pemiliran. Mineral lempung merupakan zat padat kristalin dari senyawa alumina-silikat dengan ukuran partikel $2\ \mu\text{m}$. Lempung merupakan salah satu dari komponen tanah, terdiri dari mineral non lempung, lempung non kristal, zat organik yang berupa koloid dan endapan garam-garam organik. *Basal spacing* perlu diketahui agar dapat ditentukan peningkatan jarak antar lapis silikat lempung pada saat terbentuknya pilar. Selisih antara *basal spacing* (d_{001}) dari lempung terpillar dengan tebal lapisan silikat adalah tinggi pilar dari lempung terpillar. Montmorillonit sebagai penyusun utama dalam lempung dibuktikan dengan adanya puncak difraksi pada $2\theta = 17,59^\circ$, dan $25,04^\circ$ (Gambar 1). Puncak yang muncul pada (2θ) = $26,48$ ($d = 3,36\ \text{\AA}$) dengan intensitas 100% menandakan adanya mineral kuarsa yang dianggap sebagai impurities (pengotor). Mineral kuarsa merupakan komponen impurities (pengotor) yang umumnya terdapat bersama-sama dengan mineral alam, yang tersusun atas SiO_2 yang di tunjukan dengan adanya puncak yang pada difraktogram (Khotimah A, 2015). Puncak kuarsa memiliki intensitas yang tinggi terjadi karena struktur kuarsa relatif stabil terhadap suhu 400°C , Bai (2010) (dalam Sadiana, dkk (2017) menyatakan bahwa struktur kristal kuarsa akan mengalami kerusakan apabila dikalsinasi dengan temperatur diatas 1000°C dan akan terbentuk mulilite (Sadiana, dkk. 2017).

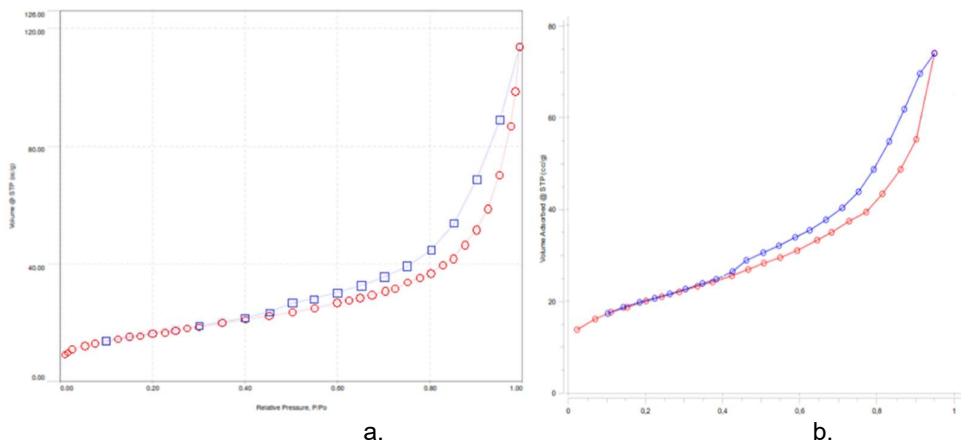


Gambar 1. Difraktogram Lempung alam dan lempung terpillar Al_2O_3

Dari hasil difraktogram seperti terlihat pada **Gambar 1**, bahwa terjadi peningkatan *basal spacing* (d_{001}) yang ditandai dengan bergesernya puncak (2θ) ke arah kiri yang terdapat pada lempung terpillar bila dibandingkan dengan difraktogram lempung alam. Pergeseran refleksi ke arah kiri (2θ lebih kecil), disebabkan oleh meningkatnya *d-spacing* d_{001} , hal ini terjadi karena telah terjadi pemasukan Al-polihidroksi yang mempunyai ukuran yang besar ke dalam antar lapis lempung sehingga mengakibatkan *basal spacing* lempung meningkat, namun difraktogram yang dihasilkan juga memiliki sifat kristalinitas yang rendah, hal ini ditandai dengan adanya puncak-puncak pada difraktogram yang tidak tajam (Darmawan dkk., 2005).

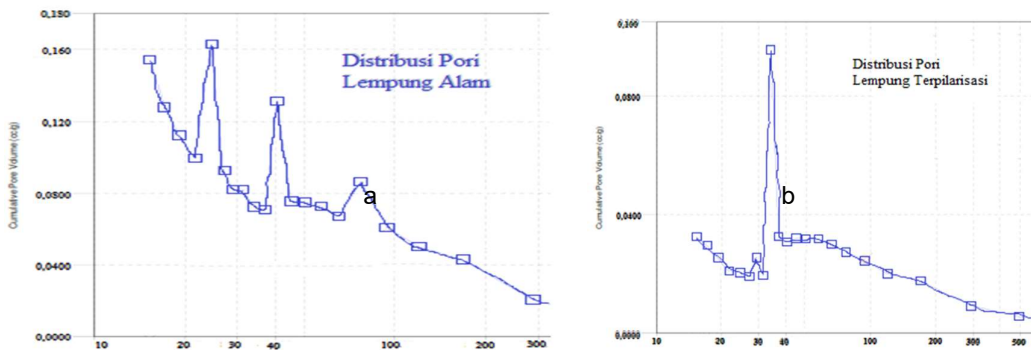
2. Analisis luas permukaan dan pori lempung alam dan lempung terpillarisasi

Karakteristik material adsorben sangat berpengaruh terhadap kinerjanya dalam proses adsorpsi, salah satunya adalah luas permukaan dan karakteristik pori. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi dengan metode isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 menggunakan *Surface Area Analyzer* yang bertujuan untuk mengetahui luas permukaan, volume pori pada lempung alam dan lempung terpillar. Grafik isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Adsorpsi-desorpsi gas N_2 (a) Material Lempung alam; (b). Lempung terpillar Al_2O_3

Analisa luas permukaan dilakukan dengan adsorpsi gas N_2 melalui metode Brunauer-Emmett-Teller (BET), sedangkan distribusi ukuran pori dianalisis menggunakan metode Barrett-Joyner-Halenda (BJH). Dalam menentukan luas permukaan dan pori menggunakan prinsip adsorpsi gas inert seperti Ar, N_2 , He dan lain sebagainya. Pada penelitian ini menggunakan gas N_2 yang diukur pada temperatur titik didihnya yaitu sebesar 77,3 K. Kurva adsorpsi desorpsi ini termasuk dalam tipe IV karena pada kurva tersebut terdapat *loop hysteresis*. Histerisis tipe ini sesuai untuk bahan yang memiliki bentuk celah atau adanya ruang yang terdapat antara dua plat paralel. Bahan tersebut sesuai dengan cirri - ciri dari lempung monmorilonit dan lempung terpillar. Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi gas N_2 tersebut memiliki tipe yang sama yaitu dikelompokkan sebagai isoterm adsorpsi tipe IV menurut klasifikasi Brunauer, Deming, Deming and Teller (BDDT). Distribusi ukuran pori untuk lempung alam serta lempung terpillar Al_2O_3 disajikan pada *Gambar 3a,b*.



Gambar 3. Distribusi pori (a). Lempung alam dan (b). lempung terpillar Al_2O_3

Distribusi ukuran pori yang diperoleh berkisar antara 15,153 nm sampai 299,99 nm yang menunjukkan adanya ukuran pori meso dan makro untuk material lempung alam (*Gambar 3a*), distribusi ukuran pori yang diperoleh berkisar antara 15,171 nm sampai 499,99 nm yang menunjukkan adanya ukuran pori meso dan makro untuk material lempung terpillar Al_2O_3 (*Gambar 3b*). Klasifikasi ukuran pori berdasarkan IUPAC terdapat tiga ukuran pori yaitu mikropori (<2 nm), mesopori (2-50 nm) dan makropori (>50) (Fatimah, 2014). Hasil distrbaribusi ukuran pori yang paling tinggi pada *Gambar 3a* diperoleh 24,910 nm yaitu 0,161 $cm^3/nm/g$ yang menunjukkan adsorpsi lebih didominasi oleh mesopori, begitu pula dengan lempung terpillar hasil distribusi ukuran pori yang paling tinggi pada *Gambar 3b*, di peroleh 35,091 nm yaitu 0,098 $cm^3/nm/g$ yang menunjukkan adsorpsi lebih didominasi oleh mesopori. Dari *Gambar 3a*. terlihat bahwa distribusi porinya tidak seragam, ukuran pori dari 15 nm sampai 19 nm jumlah porinya sangat tinggi tetapi terus mengalami penurunan yang cukup drastis dari volume 0,161 ke 0,080 cc/g . Namun setelah dipilar ukuran porinya menjadi seragam (*Gambar 3b*), hal ini disebabkan karena proses pemiliran yang dilakukan distribusi logam Al ke lempung alam merata. Isoterm adsorpsi tipe IV merupakan tipe adsorpsi untuk bahan yang didominasi oleh mesopori sebagai penyumbang terbesar total porositasnya. Mesopori dapat terbentuk karena susunan molekul-molekul dari monmorilonit berbentuk rumah kartu atau dari proses pilarisasi. Berdasarkan *Gambar 3* dapat dilihat bahwa pada tekanan P/Po menuju 0 volume gas yang diadsorpsi pada lempung terpillar lebih banyak dari pada lempung alam pada kondisi yang sama. Hal ini menandakan luas permukaan dan volume lempung terpillar lebih besar dari pada lempung alam.

Tabel 1. Luas Permukaan dan Pori Lempung Alam dan Lempung Terpillar Al_2O_3

Jenis sampel	Luas permukaan (m^2/g)	Volume total pori (cc/g)	Rerata jejari pori (nm)
Lempung alam	34,967	1,005	6,0177

Lempung terpilari Al ₂ O ₃	57,743	1,762	6,1015
---	--------	-------	--------

Berdasarkan data Tabel 1. menunjukkan nilai rerata jejari pori lempung terpilari Al₂O₃ sebesar 6,1015 Å yang lebih besar dibandingkan rerata jejari pori lempung alam sebesar 6,0177 Å. Nilai rerata jejari pori lempung terpilari Al₂O₃ yang lebih besar tersebut menunjukkan bahwa proses pemiliran pada lempung terpilari Al₂O₃ telah berhasil. Berhasilnya proses pemiliran tersebut juga ditunjukkan dengan adanya data pada peningkatan nilai volume total pori dan luas permukaan pada lempung yang sebesar 1,05 cc/g menjadi 1,762 cc/g dan 34,967 menjadi 57,743 pada lempung terpilari (Cromain dkk., 2003). Peningkatan luas permukaan spesifik dan volume total pori yang cukup signifikan, hal ini terjadi akibat kontribusi pori-pori baru dari pilar - pilar oksida alumina yang menyangga ruang antar lapis molekuler monmorilonit. Pilar -pilar oksida alumina yang menyangga ruang antar lapis monmorilonit dapat bersifat mesopore.

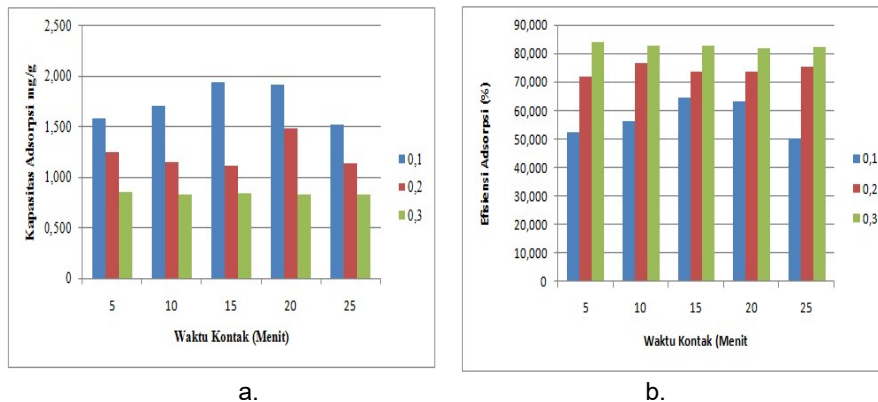
Adsorpsi Metil orange Menggunakan Lempung Terpilari Al₂O₃

Adsorpsi terhadap zat warna metil orange menggunakan lempung terpilari Al₂O₃ dilakukan dengan variasi waktu kontak dan massa adsorben. Variasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu kontak antara adsorben (lempung terpilari) dengan adsorbat untuk terjadi adsorpsi secara optimum, dan variasi massa adsorben bertujuan untuk mengetahui massa optimum dari adsorben dalam mengadsorpsi larutan zat warna metil orange. Jumlah adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi banyak sedikitnya adsorbat yang akan dijerap. Warna yang mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya jumlah massa adsorben yang digunakan. Hasil pengukuran absorbansi larutan metil orange setelah diadsorpsi pada masing-masing variasi waktu kontak ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Konsentrasi larutan metil orange Setelah Adsorpsi serta Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi pada masing-masing variasi waktu kontak

Waktu kontak (Menit)	Massa Adsorben (gram)	Konsentrasi Metil Orange		Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
		Sebelum Adsorpsi (ppm)	Sesudah Adsorpsi (ppm)		
5 menit	0,1 gram	30,296	14,423	1,587	52,396
10 menit			13,239	1,706	56,301
15 menit			10,803	1,949	64,341
20 menit			11,099	1,919	63,364
25 menit			15,127	1,517	50,068
5 menit	0,2 gram	30,296	8,535	1,253	71,828
10 menit			7,155	1,157	76,383
15 menit			8,028	1,113	73,501
20 menit			8,028	1,482	73,501
25 menit			7,521	1,138	75,175
5 menit	0,3 gram	30,296	4,845	0,848	84,008
10 menit			5,239	0,835	82,707
15 menit			5,183	0,837	82,692
20 menit			5,535	0,825	81,730
25 menit			5,338	0,831	82,381

Untuk lebih jelas, hubungan antara Kapasitas dan efisiensi adsorpsi larutan metil orange terhadap waktu kontak dan massa adsorben ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Hubungan Waktu Kontak dan Massa Adsorben Terhadap (a) Kapasitas Adsorpsi Metil Orange; (b). Efisiensi Adsorpsi Metil Orange

Berdasarkan *Gambar 4*, terlihat bahwa nilai kapasitas adsorpsi tidak sejalan dengan efisiensi adsorpsi. Sebagai contoh pada konsentrasi yang sama, kenaikan massa adsorben menurunkan kapasitas adsorpsi, tetapi meningkatkan efisiensi adsorpsi. Hal ini disebabkan oleh adanya sisi aktif adsorben yang belum semuanya berikatan dengan adsorbat. Kapasitas adsorpsi juga dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Hal ini menyangkut luas permukaan adsorben yang tersedia untuk dapat menyerap adsorbat. Penelitian terkait yang dilakukan oleh Sukir (2008) yang menyatakan bahwa semakin besar ukuran mesh, kapasitas adsorpsinya semakin tinggi. Hal ini berkaitan ukuran partikel yang semakin halus sehingga luas permukaan adsorben semakin besar, dengan demikian semakin banyak jumlah bagian aktif yang tersedia menyebabkan semakin banyak.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas dan efisiensi adsorpsi menggunakan lempung terpillar 0,3 yang paling tinggi untuk larutan metil orange yakni 0,848 mg/g dan 84,008 %, sedangkan untuk lempung terpillar 0,2 yakni 1,482 mg/g dan 76,383 %, dan untuk lempung terpillar 0,1 yakni 1,949 mg/g dan 64,341%. Data adsorpsi yang diperoleh menunjukkan bahwa variasi massa lempung terpillar yang memiliki efektivitas adsorpsi paling besar yaitu 84,008% untuk konsentrasi awal adsorbat sebesar 30 ppm. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wiyantoko, dkk (2017) tentang pengaruh aktivitas fisik pada zeolit alam dengan lempung lama terhadap adsorpsi metil biru diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 18,34 mg/g dengan konsentrasi 50 mg/L. Sementara penelitian Ramahdani (2005) tentang lempung alam yang telah diaktivasi fisik dengan cara pemanasan mampu mengadsorpsi senyawa metilen biru sebesar 3,8402 mg/g dengan konsentrasi 40 mg/L dengan waktu pengadukan 10 menit mampu menyerap metil biru sebesar 77,74%.

Penelitian Aytas dkk. (2009) telah mempelajari kemampuan penyerapan Uranium (VI) pada bentonit yang diaktivasi fisika. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa aktivasi fisika pada 100 °C selama 20 menit dapat memperbesar kemampuan penyerapan bentonit 15%. Sementara penelitian lainnya terhadap bentonit aktivasi asam menunjukkan bahwa *Acid activated Bentonite (ABN)* merupakan adsorben yang sangat efektif untuk menghilangkan *Naphthol Green dye*. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa proses adsorpsi terjadi pada 30 menit dapat menghilangkan zat warna 96.1 dengan konsentrasi optimum zat warna 200 ppm, massa 2 g/L pada pH 2 (Jayalakshmi dkk., 2014).

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi meliputi *basal spacing* 5,04 Å, luas permukaan 57,74 m²/g dan volume pori 1,762 cm³/g. Pada massa 0,1g adsorben waktu kontak optimum 15 menit dengan kapasitas dan efisiensi adsorpsi masing-masing 1,949 mg/g dan 64,341 %. Untuk massa 0,2 g adsorben waktu

kontak optimum 20 menit dengan kapasitas dan efisiensi adsorpsi masing-masing 1,482 mg/g dan 76,383 %, dan untuk 0,3 g adsorben waktu kontak optimum 5 menit dengan kapasitas dan efisiensi adsorpsi masing-masing 0,848 mg/g dan 84,008 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Aytas, S., Yurtlu, M. & Donat, R. 2009. Adsorption Characteristic Of U(VI) Ion Onto Thermally Activated Bentonite. *J. Hazard. Mater*, 172 (2-3), 667-740.
- Darmawan, Ahmad Suseno, Slamet Agus Purnomo. *Sintesis lempung terpillar titania*.
- Gil, A Dan Gandia, Lm. 2003. Microstructure And Quantitative Estimation Of The Micropore-Size Distribution Of An Alumina-Pillared Clay From Nitrogen Adsorption At 77 K And Carbon Dioxide Adsorption At 273 K. *Chemical Engineering Science*, Vol:58,3059-3075.
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Dya, S. H., Apriliani, E., Wibowo, E. A. P. (2017).Pemanfaatan Silika (SiO₂) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.Vol.3 No.2 Oktober 2017. ISSN 2406-8810.
- Jayalakshmi, L., Devadoss. V., Ananthakumar, K., & Kanthimathi, G.,2014. Adsorption efficiency of natural clay towards the removal of naphthol green dye from the aqueous solution equilibrium and kinetic studies. *International Research Journal of Environment Science*.3(5), 21-26
- Kunti S. P. D. Iga. 2009. *Kemampuan Batu Pasir Yang Dilapisi Besi Oksida (Fe₂O₃)* Jurna Bumi Lestari, Volume 9 No. 2, Hlm 254-262).
- Khotimah, A. 2015. Sintesis Katalis Ni/ Al₂O₃-Bentonik Untuk Proses Hidrorengkah Minyak Kelapa Menjadi Biogasolin. *Skripsi*. FMIPA. Universitas Tanjung Kura. Vol. 3(2), 23 – 29.
- Kurniawan, 2017. Pengaruh Konsentrasi Koagulan Pada Penyisihan Bod, Cod, Dan Tss Air Lindi Tpa Sentajo Dengan Menggunakan Kombinasi Koagulasiflokulasi Dan Ultrafiltrasi. *Skripsi*. Universitas Riau.
- Manohar, D. M., Noeline, B. F., And Anirudhan. T. S. 2006. Adsorption Performance Of Al-Pillared Bentonite Clay For The Removal Of Cobalt(II) From Aqueous Phase, *Applied Clay Science*, 31: 194-206.
- Muhdarina Dan Linggawati, A.2003. Pilarisasi Kaolinit Alam Untuk Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation. *Jurnal Natur Indonesia*. 6(1): 20-23.
- Ola, D. Pius ,2006. Imobilisasi Dithizon Pada Zeolit Alam Dan Kapasitas Adsorpsinya Dalam Menyerap Ion Pb (II) Dan Cd (II), Tesis, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Ramadhani, A. 2015. Kapasitas Adsorpsi Metil Biru Oleh Lempung Cegar Teraktivasi Asam Sulfat. *JOM FMIPA*, 2 (1):1-2.
- Taslimah, R. K. Dan Azmiawati, Choirici. 2008. Pilarisasi Lempung Dengan Al₂O₃ Untuk Agen Pemucat Minyak Sawit. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. Vol.4. No.3.
- Wiyantoko, B., Novi, P., Anffarini, D. A. 2017. Pengaruh aktivasi fisik pada Zeolit alam dan lempung alam terhadap adsorpsinya. *Proseding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajaran*. Jurusan Kimia FMIPA-UM.