

Silika Berpori dari Kaolin Alam Lampung dan Kajian Aplikasinya terhadap Adsorpsi Rhodamin B

Porous Silica from Lampung Natural Kaolinite and Its Application Study to Rhodamine B Adsorption

Lilis Hermida, Indah Lestari, Joni Agustian

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandarlampung, 35145
Email : lilish60@gmail.com

Abstrak –Kaolin merupakan salah satu hasil tambang Provinsi Lampung yang jumlahnya cukup melimpah namun pemanfaatannya belum maksimal. Pada umumnya, material berpori dapat digunakan sebagai adsorben. Pada kajian ini, kaolin alam Lampung digunakan sebagai bahan utama untuk mensintesis silika berpori. Pada proses sintesis, kaolin diaktivasi pada suhu 850°C kemudian di *etching* pada suhu 80°C menggunakan asam klorida (HCl) selama 5 jam, 7 jam, 8 jam, dan 9 jam untuk mendapatkan beberapa jenis silika berpori. Silika berpori yang dihasilkan di karakterisasi dengan adsorpsi-desorpsi Nitrogen, FTIR, dan SEM-EDX, kemudian silika berpori yang dihasilkan digunakan untuk uji adsorpsi rhodamin B. Silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam mencapai persentase *removal* rhodamin B tertinggi (17,85%). Adsorpsi rhodamin B mengikuti adsorpsi monolayer pada permukaan yang homogen dengan kapasitas adsorpsi maksimum 1,58 mg/g.

Kata kunci : Kaolin, Silika Berpori, adsorpsi, Rhodamin B

Abstract - Natural Kaolinite is the one of Lampung Province mining products which is quite abundant but its use has not been maximal. In this study, porous silica was synthesized using Lampung natural kaolinite. In the synthesis, natural kaolin was activated at 850°C, then etched at 80°C in the presence of hydrochloric acid for 5 hours, 7 hours, 8 hours, and 9 hours to obtain various porous silicas. The obtained porous silicas were characterized by nitrogen adsorption-desorption, FTIR, and SEM-EDX, then porous silica were tested for rhodamine B adsorption. The porous silica etched at 7 hours achieved the highest rhodamine B removal (17,85%). Rhodamine B adsorption follows the monolayer adsorption on homogeneous surfaces with maximum adsorption capacity 1,58 mg/g.

Keyword : Kaolinite, Porous Silica, adsorption, Rhodamine B

I. PENDAHULUAN

Kaolin atau “Kaolinite” merupakan hasil tambang Indonesia yang termasuk dalam jenis mineral *clay* dengan formula $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ dan telah digunakan dalam berbagai industri, namun pemakaiannya masih belum maksimal karena hanya digunakan sebagai bahan pendukung dalam industri keramik, kertas, karet, kosmetik, plastik, dan cat. Kabupaten Way Kanan adalah salah satu kabupaten di Provinsi Lampung yang memiliki potensi hasil tambang berupa kaolin. Berdasarkan data bahan galian kabupaten Way Kanan, terdapat potensi kaolin yang belum dikelola dan jumlahnya sangat besar yaitu sekitar 9.241.700 ton [1]. Kaolin memiliki kandungan SiO_2 (46,6%) [2] sehingga kaolin dapat digunakan sebagai bahan baku silika berpori. Silika berpori telah banyak dikembangkan karena aplikasinya dalam berbagai bidang, salah satunya sebagai adsorben [3]-[4].

Disamping itu industri yang menggunakan zat pewarna organik (*organic dyes*) merupakan salah satu industri yang memberikan dampak negatif berupa penurunan kualitas pada lingkungan [5]. Pada industri tekstil salah satu zat warna sintetik yang umum

digunakan adalah rhodamin B karena ekonomis dan mudah didapatkan. Buangan pewarna yang dihasilkan dari industri tekstil tidak hanya berdampak pada kualitas lingkungan, namun menyebabkan gangguan kesehatan karena sifat beracun dan karsinogenik [6].

Penelitian mengenai sintesis silika berpori dari bahan baku kaolin alam telah berhasil dilakukan [3], [4], [7], [12]. Silika berpori tersebut di sintesis melalui proses kalsinasi dan *acid leaching* [7]. Pada penelitian sebelumnya kaolin alam di haluskan terlebih dahulu menggunakan *planetary mill*, kemudian pada proses *acid leaching* asam yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4). Dari penelitian tersebut diperoleh silika berpori dengan ukuran pori 1,9 nm [7]. Namun, hasil dari penelitian tersebut belum diaplikasikan. Selain itu, penelitian tentang sintesis silika berpori dari kaolin alam menggunakan metode *acid treatment* juga telah dilakukan [8]. Pada penelitian tersebut, kaolin alam diaktivasi kimia menggunakan asam sulfat (H_2SO_4). Proses *acid treatment* dilakukan dengan cara merefluks kaolin alam dengan asam sulfat (H_2SO_4) untuk melarutkan ion Al^{3+} pada kaolin alam. Dari penelitian tersebut, didapatkan silika dengan ukuran pori 1,8 nm, namun hasil dari penelitian ini belum diaplikasikan.

Proses *etching* dapat digunakan untuk melarutkan kandungan silika (SiO₂) atau alumina (Al₂O₃) dalam mineral alam. *Selective etching* pada kaolin alam menggunakan asam kuat yaitu asam klorida (HCl) dengan waktu *etching* selama 6 jam dapat memperbesar volume pori silika, hal ini disebabkan karena HCl dapat melarutkan komponen alumina (Al₂O₃) dalam kaolin [3].

Waktu *etching* juga dapat mempengaruhi karakteristik pori material. Namun, sintesis silika berpori dari kaolin alam dengan variasi waktu *etching* dan kajian aplikasinya terhadap adsorpsi rhodamin B belum pernah diteliti. Oleh karena itu, penelitian yang akan dilakukan adalah sintesis silika berpori yang berasal dari kaolin alam lampung dengan variasi waktu *etching* 5 jam, 7 jam, 8 jam, dan 9 jam menggunakan asam klorida (HCl) untuk mendapatkan silika berpori yang sesuai untuk uji adsorpsi terhadap rhodamin B. Karakterisasi melalui analisa adsorpsi-desorpsi N₂, FTIR, dan SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui karakteristik material berpori yang dihasilkan. Konsentrasi akhir rhodamin B dalam larutan dapat diketahui melalui analisis spektrofotometri UV-Vis.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu ayakan ukuran 200 mesh, *furnace*, *waterbath*, *oven*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah kaolin alam lampung dengan komposisi silika (SiO₂) 67,52% dan alumina (Al₂O₃) 15,04% dan komponen lainnya yang terdapat pada **Tabel 1**. Kemudian larutan HCl (Pro Analysis) 35%, zat warna rhodamin B yang diperoleh dari Balai Lingkungan-Unit Pelaksanaan Teknis Daerah (BLK-UPTD) Provinsi Lampung, dan aquades.

B. Prosedur Penelitian

1) Sintesis Silika Mesopori

Metode ini mengadaptasi metode penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [3]. Kaolin alam diayak menggunakan ayakan ukuran 200 mesh, kemudian kaolin alam diaktivasi menjadi metakaolin (kaolin yang telah kalsinasi) pada suhu 850 °C selama 4 jam. Proses *etching* dilakukan dengan menambahkan 5 gram metakaolin ke dalam 100 mL larutan HCl (5 mol/L) kemudian campuran tersebut dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 80°C dengan variasi waktu *etching* yaitu 5 jam, 7 jam, 8 jam, dan 9 jam. Kemudian, sampel disaring dan dibilas dengan aquades lalu dikeringkan di dalam *oven* pada suhu 110°C selama 12 jam untuk mendapatkan silika berpori. Silika berpori yang telah didapatkan diberi label SB(x), dimana SB menyatakan silika berpori dan x menyatakan waktu *etching*.

Tabel 1. Komposisi kaolin alam berdasarkan analisis XRF

<i>Chemical Composition</i>	Komposisi (%)
SiO ₂	67,52
Al ₂ O ₃	15,04
Fe ₂ O ₃	1,85
TiO ₂	0,18
CaO	0,75
Na ₂ O	0,99
K ₂ O	3,78
MnO	0,11
MgO	0,21
P ₂ O ₅	0,033
SO ₃	0,085
Cr ₂ O ₃	0,03
CuO	0,001
NiO	0,018
PbO	0,005
SrO	0,013
ZnO	0,019

2) Karakterisasi Silika Berpori

Kaolin yang telah dikalsinasi dan silika berpori di karakterisasi melalui analisa isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen, *fourier transformed infrared spectroscopy* (FTIR), *scanning electron microscope* (SEM-EDX).

3) Uji Adsorpsi

Pada kajian ini, kinerja adsorpsi silika berpori diuji terhadap zat warna rhodamin B dengan langkah-langkah sebagai berikut: 25 mg silika berpori dicampurkan dengan 20 mL larutan rhodamin B (10 mg/L) dalam erlenmeyer 200 mL, kemudian campuran tersebut diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 170 rpm selama 24 jam pada suhu ruang untuk mencapai kesetimbangan. Selanjutnya, larutan rhodamin B dipisahkan dari silika berpori dengan cara penyaringan. Kemudian konsentrasi akhir larutan rhodamin B dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 553 nm. Jumlah rhodamin B yang diserap silika berpori, Q_e (mg/g) [3] dan persentase *removal* rhodamin B [9] dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{W} \quad (1)$$

$$\% \text{ removal Rhodamin B} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

dimana C₀ dan C_e (mg/L) merupakan konsentrasi rhodamin B pada keadaan awal (mg/L) dan saat kesetimbangan, V (L) adalah volume larutan, dan W (g) merupakan massa adsorben.

C. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Distribusi molekul rhodamin B pada saat kesetimbangan dalam adsorben dan larutan sangat penting untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum. Beberapa model isoterm dapat digunakan untuk mendeskripsikan distribusi adsorpsi pada saat kesetimbangan. Model isoterm yang sering digunakan untuk memahami sistem adsorpsi diantaranya model isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Model isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi monolayer pada permukaan yang homogen. Model isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan yang homogen dengan energi adsorpsi yang berbeda dan terjadi pada bagian yang tidak identik [10].

Bentuk linear dari persamaan isoterm Langmuir adalah:

$$\frac{C_s}{Q_s} = \frac{1}{Q_m b} + \frac{C_s}{Q_m} \quad (3)$$

Bentuk linear persamaan isoterm Freundlich adalah:

$$\log Q_s = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_s \quad (4)$$

Dimana Q_e merupakan jumlah adsorbat terserap per massa adsorben pada kesetimbangan (mg/g), C_e adalah konsentrasi larutan saat kesetimbangan (mg/L) K_f merupakan kapasitas adsorpsi relatif adsorben (mg/g), $1/n$ merupakan konstanta yang menunjukkan intensitas proses adsorpsi, Q_m merupakan kapasitas adsorpsi lapisan tunggal (*monolayer*) (mg/g) dan b merupakan konstanta yang berhubungan dengan energi adsorpsi (L/mg). Dari hasil plot linear C_s/Q_e terhadap C_e (model Langmuir) dan $\log Q_e$ terhadap $\log C_e$ (model Freundlich) akan diperoleh nilai koefisien korelasi (R^2) yang menunjukkan kecenderungan model isoterm yang sesuai untuk proses adsorpsi yang terjadi [11].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik pori untuk kaolin yang telah dikalsinasi dan silika berpori berdasarkan hasil analisis isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen ditunjukkan pada **Tabel 2**. Bertambahnya waktu *etching* dari 5 jam, 7 jam, 8 jam, hingga 9 jam menyebabkan berkurangnya luas permukaan spesifik yaitu dari 35,69 hingga 32,46 m²/g. Hal ini disebabkan karena perubahan mikrostruktur saat proses *etching* berlangsung, selain itu diduga semakin banyak pori dengan ukuran lebih besar yang terbentuk pada permukaan sampel, sehingga menyebabkan luas permukaan pada silika berpori berkurang. Silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam memiliki volume pori terbesar yaitu 0,0943 cc/g. Volume pori pada silika berpori cenderung lebih besar apabila dibandingkan dengan kaolin yang telah dikalsinasi dan silika berpori dengan waktu *etching* 5 jam, 8 jam, dan 9 jam. Kandungan asam pada proses *etching* dapat melarutkan komponen alumina (Al₂O₃) pada kaolin yang telah dikalsinasi [4], sehingga komponen alumina pada kaolin akan berkurang dan

volume pori pada silika berpori menjadi lebih besar. Proses *selective etching* pada mineral alam biasanya akan menghasilkan mikropori dengan celah lebar yang terbentuk diantara lapisan silika tetrahedral [12]-[13]. Oleh karena itu, pori yang terbentuk pada sampel ini sebagian besar adalah mikropori.

Berdasarkan uji adsorpsi yang dilakukan pada silika berpori terhadap rhodamin B, dari data pada **Tabel 3** diketahui bahwa silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam memiliki persentase *removal* terhadap rhodamin B yang paling tinggi yaitu 17,85 % apabila dibandingkan dengan variasi waktu *etching* lainnya. Dari data tersebut, diduga bahwa semakin lama waktu *etching* akan menyebabkan struktur permukaan silika semakin rusak sehingga semakin sulit untuk menyerap molekul rhodamin B. Selain itu, persentase *removal* kaolin kalsinasi lebih kecil dari semua sampel silika berpori yang telah melalui proses *etching*. Hal ini membuktikan bahwa proses *etching* mempengaruhi karakteristik pori [4].

Berdasarkan data D_{BJH} pada **Tabel 2**, diketahui bahwa semua silika berpori dengan variasi waktu *etching* yang dihasilkan memiliki karakteristik mikropori (<2 nm) [8]. Molekul rhodamin B memiliki ukuran partikel 1,6 nm [14], masih lebih kecil dari ukuran pori yang dimiliki oleh semua sampel silika berpori. Namun karena volume pori SB 5 jam, SB 8 jam, dan SB 9 jam lebih kecil daripada volume pori SB 7 jam, maka hal ini akan berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi silika berpori yang ditunjukkan oleh persentase *removal* adsorben.

Silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam memiliki volume pori dan persentase *removal* terhadap rhodamin B paling besar dibandingkan dengan silika berpori dengan waktu *etching* 5 jam, 8 jam, dan 9 jam. Karena hal tersebut, maka dilakukan karakterisasi lebih lanjut dengan spektra FTIR dan SEM pada silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam untuk mengidentifikasi material serta komposisi ikatan unsur yang terdapat dalam campuran bahan dan struktur morfologi silika berpori.

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi material dan komposisi ikatan unsur yang terdapat dalam campuran bahan. **Tabel 4** merupakan data gugus fungsi standar dari kaolin. Hasil analisis spektrum FTIR antara kaolin kalsinasi dan silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam ditampilkan pada **Gambar 1** dan **Tabel 4**. Hasil analisis spektrum FTIR menunjukkan bahwa bilangan gelombang pada kaolin kalsinasi sebesar 1026,92 cm⁻¹ dan 1039,55 cm⁻¹ pada silika berpori menunjukkan adanya ikatan *stretching* Si-O pada kedua sampel tersebut. Selain itu, spektra FTIR juga menunjukkan adanya ikatan Si-O pada sampel kaolin kalsinasi dan silika berpori pada bilangan gelombang 779,92 cm⁻¹ dan 782,45 cm⁻¹. Pada sampel kaolin kalsinasi, spektra IR menunjukkan adanya kandungan Al-O-Si yang terjadi pada bilangan gelombang 589,08 cm⁻¹, sedangkan pada sampel silika berpori puncak pada bilangan gelombang tersebut menghilang. Hal ini menunjukkan bahwa proses

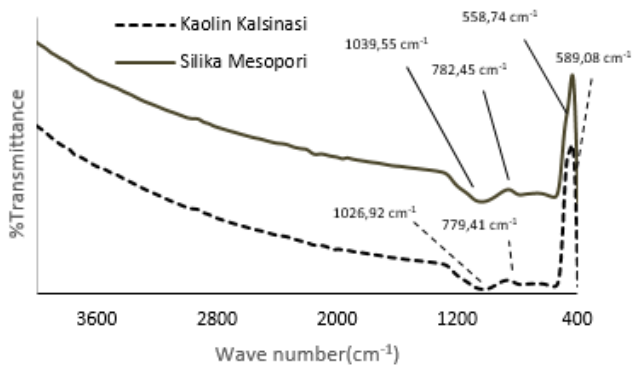
etching dengan HCl menyebabkan terjadinya proses dealuminasi pada sampel silika berpori yang menyebabkan kandungan alumina (Al_2O_3) pada silika berpori berkurang. Proses *acid treatment* menyebabkan berkurangnya persentase alumina karena pada proses tersebut terjadi pemutusan ikatan dan pembentukan ion Al yang akan larut dalam pelarut [15].

Tabel 2. Tabel Parameter Porositas Sampel

Sampel	Surface area (m^2/g)	Pore Volume (cc/g)	D_{BJH} (nm)
Kaolin Kalsinasi	21,75	0,0568	1,914
SB 5 jam	35,69	0,0878	1,915
SB 7 jam	33,33	0,0943	1,913
SB 8 jam	34,46	0,0863	1,94
SB 9 jam	32,46	0,0838	1,913

Tabel 3. Persentase *Removal* Sampel terhadap Rhodamin B

Sampel	% Removal
Kaolin Kalsinasi	0,24
SB 5 jam	7,34
SB 7 jam	17,85
SB 8 jam	16,37
SB 9 jam	11,29



Gambar 1. Hasil Analisis FTIR Kaolin Kalsinasi dan Silika Berpori

Tabel 4. Karakteristik dari FTIR Kaolin Kalsinasi dan Silika Berpori Standar

Jenis Ikatan IR	Panjang Gelombang (cm^{-1})	Referensi
H-OH	1731-1589	Belver dkk. [16]
Si-O <i>Stretching</i>	1120-1000	Madejova [17]
Si-O	829-767	Abdullayev dkk. [18]
Al-O-Si	580	Curteanu dkk. [19]

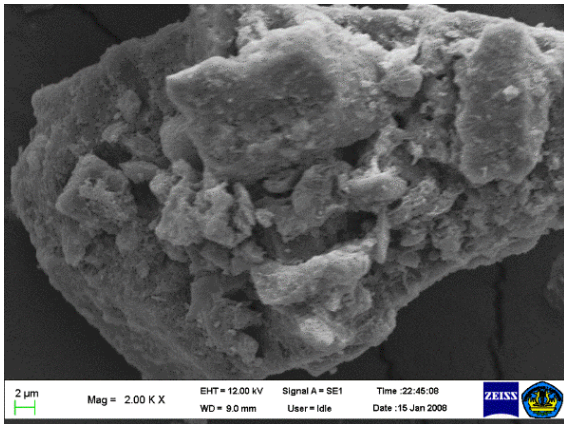
Tabel 5. Hasil Analisis FTIR Kaolin Kalsinasi dan Silika Berpori

Panjang Gelombang (cm^{-1})		
Kaolin Kalsinasi	Silika berpori	Interpretasi
1026,92	1039,55	Si-O <i>Stretching</i>
779,41	782,45	Si-O
589,08	-	Al-O-Si
-	558,74	Si-O

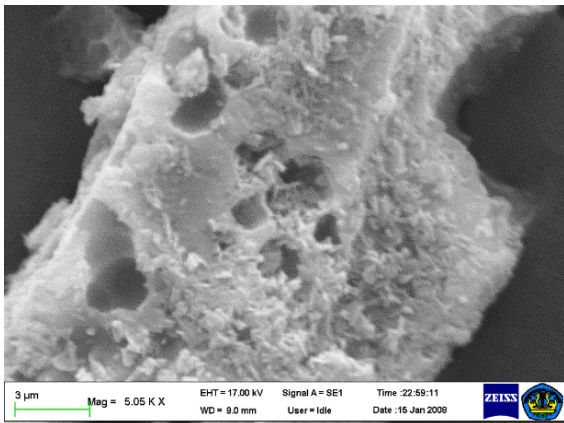
Untuk analisis SEM-EDX hanya dilakukan untuk 1 (satu) sampel yaitu silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam. **Gambar 2** menunjukkan hasil analisis SEM-EDX yang menunjukkan morfologi dan komposisi unsur yang terdapat dalam sampel silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam. **Gambar 2 (a)** menunjukkan morfologi silika berpori dengan perbesaran 2000x yang dihasilkan dengan waktu *etching* 7 jam. Terlihat bahwa partikel terbesar yang muncul dibentuk oleh beberapa lapisan tipis partikel yang menumpuk bersamaan untuk membentuk gumpalan atau tumpukan, Pada **Gambar 2 (b)** merupakan morfologi silika berpori dengan perbesaran 5000x dapat terlihat bahwa silika berpori memiliki permukaan yang lebih kasar namun terlihat adanya lubang pori pada permukaan silika Hasil ini mirip seperti yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya [7], namun terdapat perbedaan pada proses awal sebelum sintesis, yaitu dilakukan proses *grinding* (penggilingan) pada kaolin alam sehingga membuat ukuran partikel kaolin alam menjadi lebih kecil yang akan berdampak kepada luas permukaan yang semakin besar namun ukuran pori yang semakin kecil. Seperti yang terlihat pada **Gambar 3**, gumpalan-gumpalan yang terbentuk pada silika berpori sangat melekat satu sama lainnya, hal ini disebabkan karena adanya proses *grinding* (penggilingan).

Berbeda dengan silika berpori yang didapatkan dengan proses refluks dengan asam sulfat (H_2SO_4) [8], dari **Gambar 4** dapat dilihat bahwa permukaan silika terlihat lebih halus, dan terlihat gumpalan-gumpalan yang terpisah. Hal ini disebabkan karena proses *acid treatment* yang digunakan berbeda.

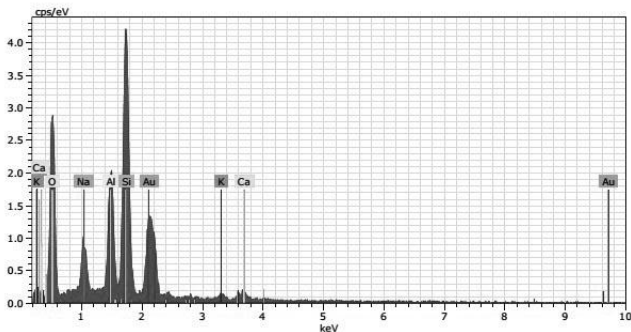
Proses *etching* dapat mempengaruhi pori yang terbentuk pada silika berpori, kandungan alumina yang terdapat pada kaolin dapat larut pada kondisi asam atau basa. Kaolin alam yang dikalsinasi pada suhu $<950^\circ C$ memiliki struktur amorf [3].



(a)

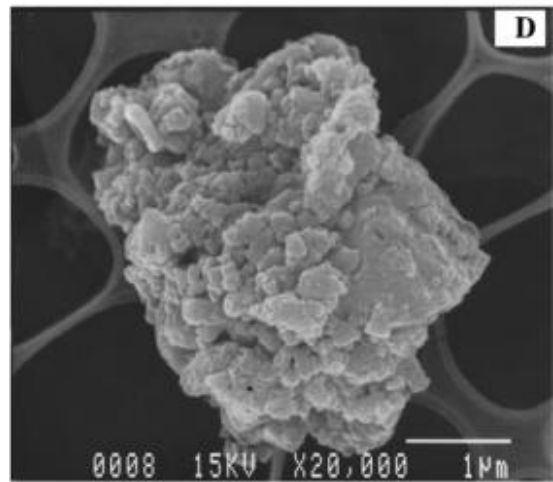


(b)

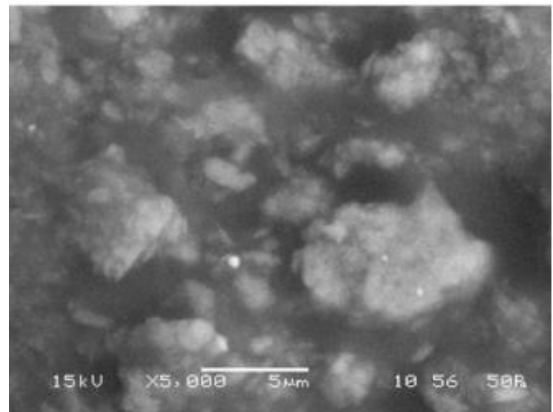


(c)

Gambar 2. Hasil Analisa SEM Silika Berpori (a) Perbesaran 2000x (b) Perbesaran 5000x (c) Grafik Spektrum EDX Silika Berpori



Gambar 3. Hasil Analisa SEM Silika Berpori dengan proses *grinding* [7]

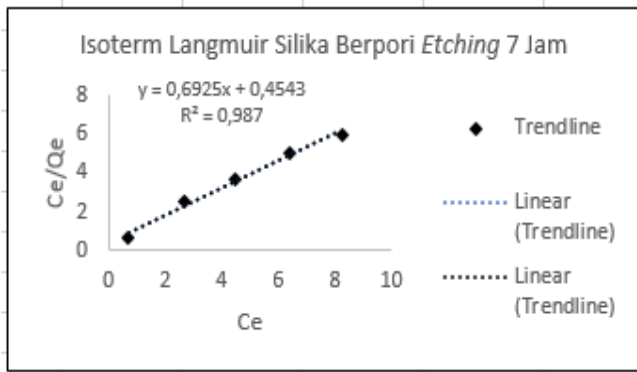


Gambar 4. Hasil Analisa SEM silika berpori dengan proses *refluks* [12]

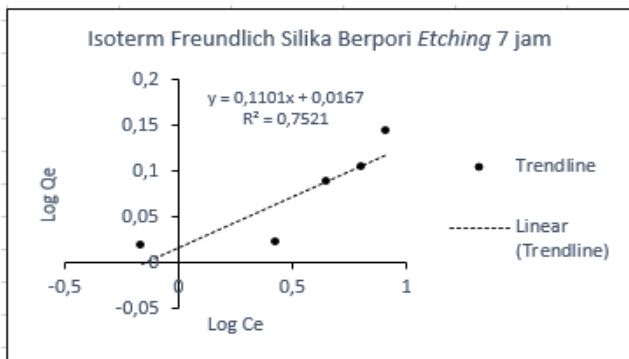
Tabel 6. Persentase Komponen Unsur pada Silika Berpori dengan Waktu *Etching* 7 jam

Silika Berpori <i>Etching</i> 7 jam	
Elemen Unsur	%wt
O	27,93
Au	27,3
Si	27,01
Al	8,65
Na	3,78
Ca	3,78
K	1,55

Gambar 2(c) dan **Tabel 6** menunjukkan hasil analisis EDX untuk silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam. Dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa proses *etching* tidak sepenuhnya menghilangkan komponen alumina (Al_2O_3) [7], terlihat masih adanya kandungan unsur Al yaitu sebesar 8,65% pada sampel silika berpori. Selain itu, masih terdapat unsur-unsur yang lainnya, namun dalam persentase yang sedikit.



(a)



(b)

Gambar 5. Linear Plot untuk Penentuan Konstanta Adsorpsi dengan Model Kesetimbangan Langmuir (a) dan Model Kesetimbangan Freundlich (b)

Tabel 7. Parameter model isotherm adsorpsi untuk adsorpsi rhodamin B dengan silika berpori waktu *etching* 7 jam

Isoterm	Parameter	Silika Berpori
Langmuir	Q_m (mg/g)	1,588
	b (L/mg)	0,4543
	R^2	0,987
Freundlich	K_F	0,00683
	$1/n$	0,11
	R^2	0,7521

Banyaknya zat yang teradsorpsi per gram adsorben pada suhu tetap ditunjukkan oleh isotherm adsorpsi [20]. Penentuan parameter isotherm adsorpsi dilakukan dengan metode regresi linier. Untuk model isotherm Langmuir, kapasitas adsorpsi monolayer maksimum (Q_m) dan konstanta isotherm Langmuir (K_L) dapat dihitung dari *slope* dan *intercept* yang didapat dari plot antara C_e/Q_e dan C_e . Untuk model isotherm Freundlich, nilai konstanta isotherm (K_F) dan nilai konstanta equilibrium (n) dapat dihitung dari *slope* dan *intercept* yang didapat dari plot antara $\log Q_e$ dan $\log C_e$. Nilai $1/n$ berada diantara 0 dan 1 yang menunjukkan intensitas adsorpsi, yang menindikasikan tipe isotherm tersebut irreversibel ($1/n = 0$), menguntungkan / *favorable* ($0 < 1/n < 1$), dan tidak menguntungkan / *unfavorable* ($1/n > 1$) [21].

Berdasarkan grafik pada **Gambar 3**, adsorpsi yang berlangsung pada kajian ini mempunyai nilai korelasi (R^2) yang cukup tinggi untuk persamaan Langmuir. Untuk menentukan model kesetimbangan data hasil percobaan mengikuti model Langmuir atau Freundlich dapat ditentukan dari nilai koefisien relasi (R^2) [19]. Jika pada plot data kurva linear nilai R^2 mendekati 1 (satu), maka data percobaan mengikuti model kesetimbangan tersebut. **Gambar 3** menunjukkan bahwa nilai koefisien relasi (R^2) mendekati 1 yaitu sebesar 0,987 untuk model kesetimbangan Langmuir, sedangkan nilai koefisien relasi (R^2) untuk model isotherm Freundlich sebesar 0,7521. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi rhodamin B dengan silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam mengikuti model kesetimbangan Langmuir yaitu proses adsorpsi terjadi pada situs yang homogen dan monolayer yaitu hanya dapat menyerap satu molekul adsorbat dan tidak ada interaksi antara molekul adsorbat, energi adsorpsi konstan dan tidak ada perpindahan molekul adsorbat ke permukaan saat kapasitas adsorpsi maksimum terjadi [22].

Tabel 7 menunjukkan parameter model isotherm untuk adsorpsi rhodamin B. Silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam memiliki kapasitas adsorpsi maksimum (Langmuir Q_m) sebesar 1,588 mg/dan memiliki nilai intensitas adsorpsi ($1/n$) sebesar 0,11 yang mana tipe isotherm adsorpsi ini adalah *favorable* (menguntungkan).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berbagai silika berpori telah berhasil dibuat dengan cara mengaktivasi kaolin alam lampung secara termal kemudian dilanjutkan dengan perlakuan *etching* dengan variasi waktu (5 jam sampai 9 jam). Silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam memiliki volume pori dan persentase *removal* terhadap rhodamin B yang paling besar, yaitu 0,0943 cc/g dan 17,85 %.

Silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam memiliki D_{BJH} 1,9 nm. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa telah terjadi proses dealuminasi pada sampel silika berpori yang menyebabkan kandungan alumina (Al_2O_3) pada silika berpori berkurang. Proses *acid treatment* menyebabkan berkurangnya komponen alumina (Al_2O_3) karena pada proses tersebut terjadi pemutusan ikatan dan pembentukan ion Al yang akan larut dalam pelarut. Pada analisis SEM, terlihat partikel terbesar yang muncul dibentuk oleh beberapa lapisan tipis partikel yang menumpuk bersamaan untuk membentuk gumpalan atau tumpukan. Pori yang terbentuk pada silika berpori disebabkan oleh asam klorida (HCl) saat proses *etching* yang dapat mempengaruhi karakteristik pori yang terbentuk pada silika. Proses adsorpsi rhodamin B pada silika berpori dengan waktu *etching* 7 jam mengikuti model kesetimbangan Langmuir dengan kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m)

sebesar 1,588 mg/g dan memiliki nilai intensitas adsorpsi ($1/n$) sebesar 0,11 yang mana tipe isoterm adsorpsi ini adalah *favorable* (menguntungkan).

B. Saran

Perlunya dilakukan kajian lebih lanjut mengenai sintesis silika berpori dari kaolin alam terhadap proses adsorpsi rhodamin B, termasuk pengaruh waktu *etching* terhadap karakteristik pori silika agar didapatkan silika berpori yang lebih sesuai dalam proses adsorpsi rhodamin B.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan fasilitas berupa alat-alat sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bandar Lampung News, "Waykanan Tawari Investor Kelola Potensi Kaolin", 26 Juli 2011. Website: <http://www.bandarlampungnews.com/index.php?k=ekonomi&i=6354Waykanan%20Tawari%20Investor%20Kelola%20Potensi%20Kaolin>, diakses tanggal 9 September 2016.
- [2] Abdullahi, Y. E.A. Ali & Lawal A.O, "Roast-Alkaline Leaching of Silica from Kaolinitic Clay," *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, vol. 8, no. 10, 2013, pp. 864-870.
- [3] Shu. Z, Li. T, Zhou. J, Chen. Y, Yu. D & Wang. Y, "Template-free preparation of mesoporous silica and alumina from natural kaolinite and their application in methylene blue adsorption," *Applied Clay Science*, vol. 102, 2014, pp. 33–40.
- [4] Li. T, Shu. Z, Zhou. J, Chen. Y, Yu. D, Yuan. X & Wang. Y, "Template-free synthesis of kaolin-based mesoporous silica with improved specific surface area by a novel approach," *Applied Clay Science*, vol. 107, 2015, pp. 182–187.
- [5] Rasalingam.S, R. Peng, K. T. Ranjit, "An insight into the adsorption and photocatalytic degradation of rhodamine B in periodic mesoporous materials," *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 174, 2015, pp. 49-59.
- [6] Walthall. W. K & Stark. J. D, "The acute and chronic toxicity of two xanthene dyes, fluorescein sodium salt and phloxine B, to *Daphnia pulex*," *Journal Environmental Pollution*, vol. 104, 1999, pp. 207-215.
- [7] Temuujin. J, Okada. K, MacKenzie K.J.D, Jadambaa. T, "Charaterization of porous silica prepared from mechanically amorphized kaolinite by selective leaching," *Powder Technology*, 2001, vol. 121, pp. 259–262.
- [8] Panda. K. A, B. G. Mishra, D. K. Mishra & R. K. Singh, "Effect of sulphuric acid treatment on the physico-chemical characteristics of kaolin clay," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 363, 2010, pp. 98-104
- [9] Erdem, E, Karapinar. N, & Donat. R, "The removal of heavy metal cations by natural zeolites," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 280, 2004, pp. 309-314.
- [10] Handayani. M, E. Sulistiyono, "Uji persamaan Langmuir dan Freundlich pada penyerapan limbah chrom (VI) oleh zeolit," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*, Juni 2009, pp. 130-136.
- [11] Armagan. B & F. Toprak, "Optimum Isotherm Parameters for Reactive Azo Dye onto Pistachio Nut Shells: Comparison of Linear and Non-Linear Methods," *Journal Environmental Pollution*, vol. 22, no. 4, 2013, pp. 1007-1011.
- [12] Okada. K, Shimai. A, Takei. T, Hayashi. S, Yasumori. A & MacKenzie. K.J.D, "Preparation of microporous silica from metakaolinite by selective leaching method," *Microporous Mesoporous Material*, vol. 21, 1998, pp. 289–296.
- [13] Kosuge. K, K. Shimada & A. Tsunashima, "Micropore formation by acid treatment of antigorite," *Chem. Mater*, vol. 7, 1995, pp. 2241-2246.
- [14] Srinivasan. R. N, P. Majumdar, N. K. Rao Esvar & R. Bandyopadhyaya, "Photocatalysis by morphologically tailored mesoporous silica (SBA-15) embedded with SnO2 nanoparticles: Experiments and model", *Applied Catalysis A: General*, vol. 498, 2015, pp. 107-116.
- [15] A. k. Eze, Nwadiogbu. J. O & Nwankwere. E. T, "Effect of Acid Treatments on the Physicochemical Properties of Kaolin Clay", *Scholars Research Library*, vol. 4, no. 2, 2012, pp. 792-794.
- [16] Belver. C, Bañares Muñoz, M.A, Vicente. M.A, "Chemical activation of a kaolinite under acid and alkaline conditions," *Chem. Mater*, vol. 14, 2002, pp. 2033–2043.
- [17] Abdullayev. E, Joshi. A, Wei. W, Zhao. Y, Lvov. Y, "Enlargement of halloysite clay nanotube lumen by selective etching of aluminum oxide," *ACS Nano*, vol. 6, 2012, pp. 7216–7226.
- [18] Madejova. J, "FTIR techniques in clay mineral studies," *Vibrational Spectroscopy*, vol. 31, 2003, pp. 1-10.
- [19] Curteanu. S, Buema. G, Piuleac. C.G, Sutiman. D.M, Harja. M, "Neuro-evolutionary optimization methodology applied to the synthesis process of Ash based adsorbents," *J. Ind. Eng. Chem*, vol. 20, 2013, pp. 597–604.

- [20] Kundari, N. A. & Wiyuniati, S, “Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit,” *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 25-26 Agustus 2008.
- [21] Daniel. S & Shoba. U. S, “Synthesis, characterization and adsorption behaviour of MgO nano particles on Rhodamine B dye,” *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 7, no. 8, 2015, pp. 713-723.
- [22] Nethaji. S, Sivasamy. A & Mandal. A.B, “Adsorption Isotherms, Kinetics and Mechanism for the Adsorption of Cationic and Anionic Dyes onto Carbonaceous Particles Prepared from Juglansregia Shell Biomass,” *Environmental Science & Technology*, vol. 10, 2013, pp. 231-242.

BIODATA PENULIS

- [1] Dr. Lilis Hermida, S.T., M.Sc adalah seorang Dosen di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Memiliki pengalaman sebagai pemakalah seminar ilmiah diantaranya 1st *International Conference on Process Engineering and Advanced Materials (SOMCHE2010/ICP EAM2010)*, *Asian International Conference on Materials, Minerals and Polymer (MAMIP2012)*, 3rd *International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT2012)*, *International Conference for Young Chemist (4th ICYC 2013)*. Selain itu Lilis Hermida memiliki penghargaan dalam 10 tahun terakhir diantaranya Nominator Kategori Peneliti pada Lomba Penelitian dan Pengembangan Teknologi Terapan, dan *Winner of Sanggar Sanjung Award for Excellent Achievement in Category of Journal Publication*.
- [2] Indah Lestari adalah seorang mahasiswa yang saat ini sedang menempuh pendidikan S1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- [3] Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc adalah seorang dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Memiliki pengalaman sebagai pemakalah seminar ilmiah yaitu 2nd ICSTAR, 4th *International Conference of Young Chemist*, *International Conference on Enviromental Research and Technology 2012 (ICERT 2012)*. Peserta 2nd *International Conference for Young Chemist*, *Short course on Chirality : Analysis and Emerging Issues*, *Research design and methodology data analysis and scientific writing workshop: Seminar on Science and Technology FORUM HEDS*.