

# Kapasitas Adsorpsi Lempung Alam Teraktivasi HCl dalam Mengadsorpsi Logam Berat (Pb) Penyebab Pencemaran Lingkungan

Maria Magdalena Kolo<sup>1\*</sup>, Matius Stefanus Batu<sup>1</sup>, Maria Rosanti Bani<sup>1</sup>, Gradiana Yosefa Nana<sup>1</sup>, dan Yohana Ivana Kedang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Sains dan Kesehatan Universitas Timor-NTT; \*e-mail: [mariamagdalenchem89@gmail.com](mailto:mariamagdalenchem89@gmail.com)

## ABSTRAK

Logam Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam yang terakumulasi di lingkungan serta sukar terurai secara hayati. Pada Penelitian ini dilakukan adsorpsi logam timbal (Pb) menggunakan lempung alam yang berasal dari Kabupaten Timor Tengah Utara. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yakni preparasi lempung, aktivasi lempung, pengujian kapasitas adsorpsi lempung dan karakterisasi lempung menggunakan Xrf, Xrd dan BET dan SSA. Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan XRF, lempung alam Desa Letmafo memiliki komposisi utama SiO<sub>2</sub> dengan persentasi 57,158% sebelum diaktivasi dan meningkat menjadi 73,161% setelah diaktivasi. Karakterisasi lempung alam menggunakan XRD diperoleh bahwa mineral yang terkandung dalam lempung alam terdiri dari Kuarsa (SiO<sub>2</sub>), Kalsit (CaCO<sub>3</sub>) dan Gipsit Al(OH)<sub>3</sub>. Luas permukaan dari lempung alam sebelum diaktivasi yaitu sebesar 39, 442 m<sup>2</sup>/g dan setelah diaktivasi sebesar 69, 444 m<sup>2</sup>/g. Hasil pengujian kapasitas adsorpsi maksimum lempung alam terhadap Pb yaitu menggunakan variasi konsentrasi HCl 1,5 M dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,99 mg/g. Selanjutnya didapatkan massa adsorben optimum yaitu sebanyak 2,0gram dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99, 648 % dan waktu kontak optimum terjadi pada waktu 90 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99, 636 %.

**Kata kunci:** Kapasitas Adsorpsi, Lempung alam, adsorben, logam berat, pencemaran lingkungan

## ABSTRACT

Lead (Pb) is a type of metal that accumulates in the environment and is difficult to biodegrade. In this research, adsorption of lead metal (Pb) was carried out using natural clay originating from North Central Timor Regency. This research consists of several stages, namely clay preparation, clay activation, testing the adsorption capacity of the clay and characterization of the clay using Xrf, Xrd and BET and SSA. Based on the results of characterization using XRF, the natural clay of Letmafo Village has the main composition of SiO<sub>2</sub> with a percentage of 57.158% before activation and increases to 73.161% after activation. Characterization of natural clay using XRD shows that the minerals contained in natural clay consist of Quartz (SiO<sub>2</sub>), Calcite (CaCO<sub>3</sub>) and Gipsite Al(OH)<sub>3</sub>. The surface area of natural clay before activation is 39, 442 m<sup>2</sup>/g and after activation is 69, 444 m<sup>2</sup>/g. The results of testing the maximum adsorption capacity of natural clay on Pb were using varying concentrations of 1.5 M HCl with an adsorption capacity of 3.99 mg/g. Furthermore, the optimum adsorbent mass was obtained, namely 2.0 grams with an adsorption efficiency of 99.648% and the optimum contact time occurred at 90 minutes with an adsorption efficiency of 99.636%.

**Keywords:** Adsorption Capacity, Natural clay, adsorbents, heavy metals, environmental pollution

**Citation:** Kolo, M.M., Batu, M.S., Bani, M.R., Nana, G.Y., dan Kedang, Y.I. (2024). Kapasitas Adsorpsi Lempung Alam Teraktivasi HCl dalam Mengadsorpsi Logam Berat (Pb) Penyebab Pencemaran Lingkungan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(4), 981-986, doi:10.14710/jil.22.4.981-986

## 1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan merupakan suatu permasalahan yang dapat merusak lingkungan baik tanah, air maupun udara serta berbagai sumber daya alam yang dibutuhkan manusia. Pencemaran lingkungan tidak hanya dirasakan di kota-kota besar, melainkan juga dirasakan di daerah pedesaan. Kerusakan lingkungan ini diakibatkan oleh pembuangan limbah secara langsung ke lingkungan

tanpa melalui pengolahan lebih lanjut. Berbagai limbah dapat langsung dibuang ke lingkungan seperti kaleng bekas makanan maupun minuman, campuran keramik, maupun limbah lain yang mengandung logam berat yang berbahaya. Logam berat tersebut dapat dikatakan berbahaya karena dapat terakumulasi dalam organisme yang menyebabkan berbagai penyakit diantaranya yaitu logam timbal (Soleman, 2011).

Timbal merupakan logam berat non esensial yang sifatnya sangat beracun, sehingga dapat mengganggu kelangsungan hidup manusia. Timbal dapat dihasilkan dari berbagai sumber diantaranya material pembuat kabel telepon, baterai, pewarnaan cat, dan berupa bahan tambahan dalam bahan bakar kendaraan. Berbagai sumber penghasil timbal tersebut mengakibatkan timbal terakumulasi dan tidak dapat terurai secara biologis di lingkungan. Hal ini dapat membahayakan bagi lingkungan terutama bagi manusia apabila secara tidak sengaja terhirup atau dikonsumsi secara berlebihan (Pratiwi, 2020). Pencegahan terhadap bahaya pencemaran timbal (Pb) dapat diupayakan melalui berbagai metode.

Beberapa metode yang telah dikembangkan dalam upaya mengurangi timbal di lingkungan diantaranya dengan metode tukar kation (*ion exchange*), dengan metode penyaringan dan pengendapan, serta metode pemisahan menggunakan membran. Salah satu metode dari sekian metode yang disebutkan, metode adsorpsi menjadi metode yang paling efektif dan efisien (Martina *et al.*, 2016). Adsorpsi merupakan suatu metode penjerapan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan suatu zat penjerap atau yang disebut sebagai adsorben (Kartikaningsih *et al.*, 2014; Alasa & Musafira, 2015). Adsorben merupakan media yang digunakan dalam proses adsorpsi sebagai penjerap zat tertentu atau yang disebut dengan polutan (Syauqiah *et al.*, 2011). Berbagai jenis adsorben yang telah dimanfaatkan saat mengadsorpsi polutan lingkungan diantaranya silika, karbon aktif, resin penukar ion, zeolite dan lempung (Yanti & Muhktar, 2015).

Lempung merupakan mineral yang mengandung alumina dan silikat yang dapat mengikat berbagai anion maupun kation dengan pori dan luas permukaan yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai adsorben. Lempung tersebar secara meluas di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU). Lempung dimanfaatkan oleh Masyarakat setempat untuk pembuatan batu bata dan alat kerajinan keramik yang sederhana. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Kolo *et al.*, 2023) bahwa lempung di Kabupaten TTU memiliki kandungan seperti kuarsa, monmorilonit dan kaolinit sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben. Selain itu lempung bersifat mudah mengembang dan memiliki kation yang dapat dipertukarkan dengan kation lain penyebab pencemaran, serta ketersediaan lempung melimpah di alam (Muhdarina *et al.*, 2010). Selain keunggulan yang dimiliki lempung seperti yang dijelaskan, lempung juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya apabila lempung dipanaskan pada suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan strukturnya mudah rusak. Adapun porositas dari lempung mudah hilang apabila mengalami pemanasan dengan suhu yang tinggi. Untuk mengatasi kelemahan tersebut maka dapat dilakukan proses aktivasi baik secara fisika maupun kimia (Sari *et al.*, 2014).

Proses aktivasi dilakukan dengan tujuan untuk melarutkan sisa-sisa pengotor yang terdapat dalam lempung yang mempengaruhi pori-pori lempung semakin tertutup (Sinta *et al.*, 2015). Proses aktivasi

lempung dapat dilakukan secara fisika yaitu dengan cara dikalsinasi dan secara kimia dengan menggunakan pelarut asam maupun basa (Kolo *et al.*, 2023). Penggunaan asam sebagai aktivator dapat menghasilkan lempung dengan daya adsorpsi yang tinggi oleh karena situs aktif yang dihasilkan oleh lempung semakin meningkat akibat diaktivasi.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang penggunaan lempung teraktivasi sebagai adsorben untuk menghilangkan kadar logam berat diperairan diantaranya (Kurniati *et al.*, 2014) melakukan penelitian penggunaan tanah lempung teraktivasi asam klorida (HCl) sebagai adsorben logam timbal (Pb) pada air laut dengan variasi ukuran tanah lempung -3+5, -5+10, dan -10+15 mesh serta variasi waktu untuk menyerap logam timbal yakni 60, 120 dan 180 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan logam timbal pada waktu optimum 180 menit dengan ukuran tanah lempung -10+15 mesh. Nilai kapasitas tukar kation yang didapat pada efisiensi penyerapan logam timbal yakni sebesar 93,52%. Adapun penelitian yang dilakukan Widodo *et al.* (2020) mengenai pembuatan adsorben dari tanah liat menggunakan HCl sebagai aktivator dengan variasi konsentrasi 1 N, 2N, 3N, 4N dan 5N serta variable waktu yang digunakan yaitu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam. Hasil menunjukkan bahwa rasio terbaik terdapat pada konsentrasi HCl 5 N dengan waktu aktivasi selama 3 jam sebesar 12,26%.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkarakterisasi lempung alam serta menentukan kemampuan kapasitas lempung alam terhadap adsorpsi logam berat Pb. Pada penelitian ini, lempung alam diaktivasi menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi. Adapun pada penelitian ini lakukan pengujian terhadap pengaruh variasi konsentrasi HCl, variasi massa lempung dan masa kontak optimum lempung alam terhadap kapasitas adsorpsi logam berat timbal (Pb).

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus-Desember 2022. Sampel lempung alam yang digunakan, diambil dari Desa Letmafo, Kabupaten Timor Tengah Utara.

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lempung asal Desa Letmafo, aquades, HCl 37%, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (*merck*), kertas saring, aluminium foil, dan indikator pH universal. Sedangkan peralatan pada penelitian ini diantaranya seperangkat alat gelas (*pyrex*), hot plate, oven, pengaduk magnetik, alu dan lumpang, ayakan 100 mesh, neraca analitik, cawan porselin, instrumen *Brenauer Emmet Teller* (BET) dan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA), *X-Ray Diffraction* dan *X-Ray Fluoresens*.

### 2.2 Prosedur Penelitian Preparasi Sampel

Lempung alam dibersihkan dari pengotor dengan cara disuspensi dalam air selama 5 menit. Hasil

suspensi yang terbentuk kemudian didekantasi. Hal ini diulang dengan variasi waktu pendiaman 10 dan 15 menit hingga menghasilkan suatu lempung alam yang murni dari pengotor. Lempung kemudian di oven pada temperatur 105°C selama 3 jam. Sampel yang telah dikeringkan kemudian digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Hasil ayakan kemudian dikarakterisasi menggunakan instrumen XRF, XRD dan BET.

#### Aktivasi Lempung Menggunakan HCl

Sebanyak 25gram lempung yang telah diayak direndam dengan 250 ml HCl dengan variasi konsentrasi 1M, 1.5 M, 2 M dan 3 M selama 24 jam sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik. Hasil pengadukan selanjutnya disaring dan residu yang diperoleh dicuci menggunakan aquades. Pada proses ini dilakukan pencucian sampai larutan bersifat pH netral. Lempung yang telah diaktivasi selanjutnya di oven pada suhu 110°C selama 3 jam.

#### Adsorpsi Logam Pb Menggunakan Lempung Alam dengan Variasi Konsentrasi HCl

Lempung alam yang telah teraktivasi HCl dengan variasi konsentrasi 1M, 1.5 M, 2 M, 2.5 M dan 3 M, masing-masing dimasukkan ke dalam 5 buah erlenmeyer. Kemudian ke dalam masing-masing erlenmeyer tersebut ditambahkan 25 mL larutan Pb<sup>2+</sup> 20 ppm dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring whatman nomor 42. Filtrat dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil pengujian pada konsentrasi optimum dari variasi konsentrasi HCl selanjutnya digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi massa dan waktu kontak optimum terhadap adsorpsi logam Pb.

#### Pengaruh Variasi Massa Lempung Alam Teraktivasi HCl 1,5 M terhadap Adsorpsi Logam Pb

Sebanyak 25 mL larutan Pb dengan konsentarsi awal 20 ppm dicampurkan kedalam adsorben teraktivasi HCl teraktivasi HCl 1,5 M dengan variasi massa sebanyak 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 dan 2,5 gram. Dilakukan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit. Campuran kemudian disaring dan filtratnya diuji menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Hasil optimasi variasi massa lempung alam ini selanjutnya digunakan untuk mengetahui waktu kontak optimum.

#### Pengaruh Variasi Waktu Kontak Optimum Lempung Alam Teraktivasi HCl 1,5 M terhadap Adsorpsi Logam Pb

Larutan Pb 20 ppm sebanyak 25 ml dicampurkan dengan adsorben 1,0 gram. Selanjutnya dilakukan pengadukan dengan kecepatan 100 rpm dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120 dan 180 menit. Campuran tersebut selanjutnya disaring dan filtratnya diuji menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom.

Penentuan kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

C<sub>0</sub>= konsentrasi awal larutan (ppm)

C<sub>e</sub>= konsentrasi akhir larutan (ppm)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Preparasi dan Aktivasi Sampel Lempung Alam

Preparasi lempung alam diawali dengan pencucian menggunakan aquades untuk membersihkan lempung dari sisa-sisa pengotor (Atikah, 2017). Lempung dikeringkan pada suhu 105 °C selama 2 jam dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan air yang terkandung di dalam antar lapisan lempung (Ruslan *et al.*, 2017). Lempung yang telah kering selanjutnya digerus dan diayak dengan ayakan 100 mesh dengan tujuan agar memperkecil ukuran dan menyeragamkan lempung (Kusumawardani dan Azmiyawati, 2008). Selanjutnya lempung diaktivasi menggunakan HCl dengan variasi konsentrasi 1M, 1.5 M, 2M, 2.5 M dan 3 M dengan tujuan untuk menghilangkan senyawa yang bersifat anorganik sehingga mulut pori lempung menjadi lebih terbuka dan menyebabkan luas permukaan spesifik pori lempung meningkat selain itu situs aktif pada lempung juga mengalami peningkatan (Karelius & Asi, 2018). Lempung alam yang teraktivasi HCl terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lempung alam teraktivasi HCl

#### Karakterisasi Mineral Lempung Alam Menggunakan Instrumen X-Ray Fluorescence (XRF)

Karakterisasi mineral lempung alam menggunakan XRF ditujukan untuk mengetahui kandungan dalam lempung sebelum dan setelah diaktivasi menggunakan HCl. Berdasarkan hasil karakterisasi mineral lempung alam menggunakan XRF pada **Tabel 1**, diketahui bahwa terdapat beberapa oksida logam yang terkandung dalam lempung alam. Karakterisasi ini dilakukan terhadap sampel lempung alam sebelum aktivasi dan setelah diaktivasi. Oksida yang dominan yaitu SiO<sub>2</sub> dan dengan persentasi sebelum diaktivasi menggunakan HCl sebesar 57,158% dan setelah diaktivasi menjadi 73,161%. Hal ini menunjukkan bahwa lempung alam Kab. TTU memiliki komposisi utama yaitu silika (SiO<sub>2</sub>). Sesuai dengan penelitian sebelumnya Kolo *et al* (2023) mengkarakterisasi lempung alam asal Kabupaten TTU yang teraktivasi NaOH menunjukkan bahwa senyawa terbesar penyusun lempung adalah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>.

**Karakterisasi Jenis Mineral Lempung Sebelum Dan Sesudah Aktivasi Menggunakan X-Ray Diffraction**

Karakterisasi lempung alam sebelum dan sesudah diaktivasi dilakukan menggunakan XRD untuk mengetahui jenis mineral-mineral yang terdapat dalam lempung alam. Data difraktogram selanjutnya diolah dengan program *Match*. Hasil karakterisasi lempung sebelum dan sesudah diaktivasi menggunakan XRD dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Berdasarkan difraktogram pada **Gambar 2** (a dan b) menunjukkan bahwa mineral lempung Desa Letmafo sebelum diaktivasi mengandung jenis mineral yang tidak berbeda jauh dengan lempung setelah diaktivasi menggunakan HCl. Jenis mineral yang terkandung di dalamnya yaitu mineral Kuarsa, Kalsit, Gipsite dan Halloysite. Puncak tertingginya adalah kuarsa (SiO<sub>2</sub>) Å terdapat pada sudut 2θ = 26,57° dan 26,59° dengan nilai d-spacingnya 3,3548° dengan identitas 16000 dan posisi puncak pada 622,80. Hasil difraktogram ini sesuai dengan penelitian Fransina & Latupeirissa (2014) bahwa karakterisasi lempung alam asal Desa Latuhalat dengan hasil mineral yang diperoleh adalah mineral kuarsa yang terdapat pada sudut 2θ= 26,6547 dengan jarak d= 3,34166Å.

Aktivasi mineral lempung ditujukan agar luas permukaan lempung semakin besar sehingga daya adsorpsi terhadap timbal semakin baik (Wiyantoko *et al.*, 2017).

**Penentuan luas permukaan lempung alam menggunakan instrumen BET**

Hasil pengujian luas permukaan lempung alam sebelum dan sesudah diaktivasi dengan HCl menggunakan instrumen BET dapat dilihat pada **Tabel 2**. Lempung alam teraktivasi HCl memiliki luas permukaan lebih besar (69, 444 m<sup>2</sup>/g) dibandingkan lempung tanpa aktivasi (39, 442 m<sup>2</sup>/g) (**Tabel 2**). Hal ini disebabkan karena terjadinya interaksi lempung alam dan aktivator yang dapat melepaskan ion-ion seperti Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> dan Al<sup>3+</sup> serta menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada struktur lempung. Hal inilah dapat menyebabkan pori lempung menjadi lebih terbuka sehingga luas permukaan semakin meningkat (Karelius dan Asi, 2018).

**Tabel 2.** Hasil pengujian luas permukaan adsorben lempung menggunakan BET

Sampel	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)
Lempung tanpa aktivasi	39, 442
Lempung teraktivasi	69, 444

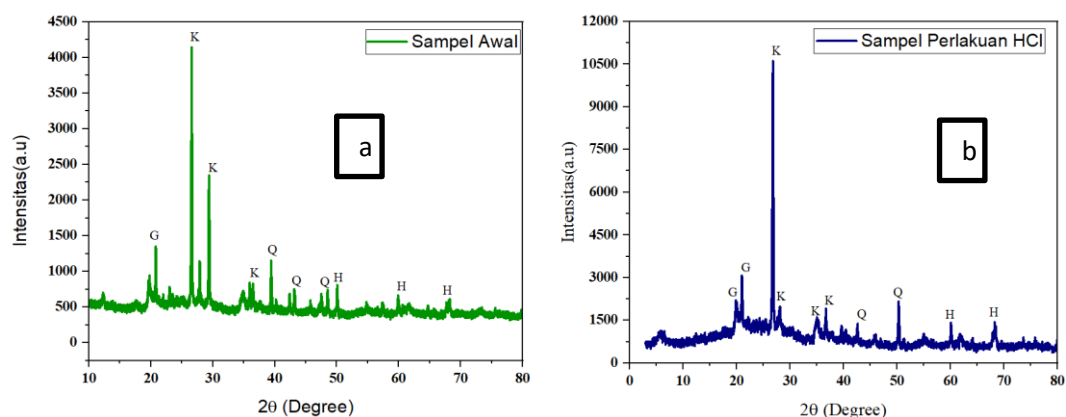
**Adsorpsi Logam Pb (II) Menggunakan Lempung Alam Teraktivasi HCl**

Adsorpsi logam Pb (II) menggunakan lempung alam teraktivasi HCl dengan variasi konsentrasi 1 M; 1,5 M ;2 M ;2,5 M; dan 3 M. Proses adsorpsi dilakukan dengan perendaman lempung dalam larutan Pb dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm. Filtrat yang diperoleh dari variasi konsentrasi selanjutnya dianalisis dengan SSA. Hasil adsorpsi logam Pb (II) dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Berdasarkan data pada **Tabel 3** menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daya adsorpsi dari lempung terhadap logam Pb terdapat pada lempung teraktivasi menggunakan HCl konsentrasi 1 M sampai 1,5 M. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi HCl maka semakin besar pori-pori pada lempung dan menyebabkan sisi aktif pada permukaan lempung semakin terbuka sehingga kapasitas adsorpsi semakin meningkat, akan tetapi terjadi penurunan kapasitas adsorpsi pada konsentrasi lempung teraktivasi 2, 2,5 M dan 3 M. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum oleh lempung alam terhadap Pb telah mencapai konsentrasi kesetimbangan pada konsentrasi HCl 1,5 M (Nugraha *et al.*, 2017). Pada awal adsorpsi, situs aktif pada permukaan lempung terbuka seutuhnya untuk logam Pb. Hal ini menyebabkan lebih bbanyak ion Pb<sup>2+</sup> yang terserap pada permukaan adsorben. Bertambahnya konsentrasi HCl maka jumlah ion logam yang teradsorpsi semakin banyak, namun pada konsentrasi tertentu jumlah ion logam yang teradsorpsi semakin berkurang karena sebagian besar permukaan aktif lempung telah berikatan dengan kation logam (Bhattacharyya and Gupta, 2008). Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa kapasitas adsorpsi maksimum lempung alam terhadap Pb<sup>2+</sup> yaitu pada konsentrasi HCl 1,5 M sebesar 3,99 mg/g.

**Tabel 1.** Karakterisasi lempung alam menggunakan XRF

Mineral	Persentasi (%)		Unsur	Persentasi (%)	
	Sebelum Aktivasi	Sesudah Aktivasi		Sebelum Aktivasi	Sesudah Aktivasi
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,767	17,897	Al	13,443	14,999
SiO <sub>2</sub>	57,158	73,161	Si	44,882	63,883
SO <sub>3</sub>	0,043	0,053	S	0,0381	0,0385
K <sub>2</sub> O	3,12	-	K	4,4	-
CaO	13,402	14,503	Ca	20,382	20,483
TiO <sub>2</sub>	1,008	2,029	T	1,409	2,549
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03608	0,04708	V	0,04798	0,05798
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02201	0,03202	Cr	0,3523	0,3543
MnO	0,125	0,025	Mn	0,235	0,0355
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,613	9,715	Fe	14,712	8,27
NiO	0,00824	0,01	Ni	0,0177	0,03
CuO	0,01031	0,01040	Cu	0,02171	0,021871
ZnO	0,01294	0,04	Zn	0,02741	0,01
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00501	-	Ga	0,00501	-
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00134	-	As	0,00269	-
Br	0,00051	-	Br	0,00019	-



**Gambar 2.** Hasil analisis XRD Lempung Alam sebelum diaktivasi (a) dan setelah diaktivasi (b)

**Tabel 3.** Pengaruh variasi konsentrasi aktivator terhadap adsorpsi Pb.

Konsentrasi HCl (M)	Co (ppm)	Ce (ppm)	C <sub>ads</sub> (ppm)(mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/gr)
1,0	20	0,080	15,92	3,98
1,5	20	0,047	15,95	3,99
2,0	20	0,056	15,94	3,98
2,5	20	0,105	15,89	3,97
3,0	20	0,113	15,88	3,97

**Tabel 4.** Penentuan Massa Adsorben optimum terhadap adsorpsi logam Pb

Massa (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Efisiensi adsorpsi (%)
0,5	16	0,0612	99,61
1,0	16	0,0604	99,62
1,5	16	0,0586	99,63
2,0	16	0,0562	99,64
2,5	16	0,0575	99,64

**Tabel 5.** Penentuan waktu kontak optimum terhadap adsorpsi logam Pb

Waktu (menit)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Efisiensi adsorpsi (%)
30	16	0,0699	99,563
60	16	0,0593	99,629
90	16	0,0581	99,636
120	16	0,0607	99,620
180	16	0,0617	99,614

### Pengaruh Massa Adsorben terhadap Adsorpsi Logam Pb

Hasil pengujian pengaruh massa adsorben lempung alam teraktivasi HCl terhadap adsorpsi logam timbal dengan metode uji SSA dapat dilihat pada **Tabel 4**. Berdasarkan hasil pada **Tabel 4**, menunjukkan bahwa massa adsorben lempung yang digunakan cenderung mengalami peningkatan efisiensi adsorpsi terhadap logam Pb pada massa 0,5 sampai 2,0 gram. Hal ini disebabkan karena luas permukaan adsorbennya semakin bertambah seiring dengan bertambahnya massa adsorben, sehingga ion logam Pb yang terjerap pada pori-pori lempung semakin banyak dan lebih banyak sisi aktif yang tersedia mengakibatkan pertukaran ion H<sup>+</sup> dengan ion Pb meningkat (Faisal, 2015). Namun pada massa 2,5 gram mengalami penurunan efisiensi adsorpsi terhadap logam Pb yang dikarenakan massa adsorben yang tinggi mengalami penggumpalan sehingga situs aktif dari adsorben sebagian tertutup. Hal ini menyebabkan tidak semua adsorben menyerap logam Pb dengan baik (Widihati *et al.*, 2021). Dari hasil penelitian ini diperoleh massa adsorben optimum dalam menyerap logam Pb adalah 2,0 gram dengan nilai efisiensi sebesar 99,64%.

### Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Logam Pb

Hasil pengujian pengaruh waktu kontak lempung alam teraktivasi HCl terhadap proses adsorpsi logam Pb dengan metode uji SSA dapat dilihat pada **Tabel 5**. Berdasarkan **Tabel 5** dapat diketahui bahwa kemampuan adsorpsi timbal oleh lempung mengalami peningkatan pada waktu kontak 30 hingga 60 menit. Hal ini dapat disebabkan karena adanya tumbukkan dan interaksi dari lempung dan logam timbal sehingga kemampuan atau efisiensi adsorpsi dari lempung semakin meningkat (Sinta *et al.*, 2015). Terlihat pula adanya penurunan efisiensi adsorpsi lempung terhadap logam Pb pada waktu kontak 120 hingga 180 menit. Hal ini disebabkan karena adsorben mengalami kejenuhan sebab semua sisi aktif pada adsorben sudah terisi penuh oleh adsorbat sehingga tidak mampu lagi untuk mengikat logam Pb (Dala Ngapa dan Gago, 2019). Dari hasil penelitian ini diperoleh waktu kontak optimum dalam menyerap logam Pb terjadi pada menit ke-90 dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 99,636%.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Lempung alam asal Kabupaten TTU memiliki kandungan mineral Kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dan Gipsit Al ( $\text{OH}$ )<sub>3</sub> sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben logam berat. Adapun penambahan HCl sebagai activator dapat meningkatkan luas permukaan lempung sebelum diaktivasi sebesar 39,442 m<sup>2</sup>/g menjadi 69,444 m<sup>2</sup>/g setelah diaktivasi. Kapasitas adsorpsi optimum lempung pada logam Pb terdapat pada konsentrasi HCl 1,5 M sebesar 3,99 mg/g. Massa optimum lempung alam terhadap adsorpsi logam Pb yaitu sebesar 2,0 gram dengan efisiensi adsorbs sebesar 99,7% sedangkan waktu kontak optimum lempung terhadap logam Pb terjadi pada waktu 90 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,709 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alasa, R. P., R. Sikanna dan Musafira. (2015). Pemanfaatan Campuran Lempung dan Batu Cadas Teraktivasi Asam Sulfat Sebagai Adsorben Kalsium Pada Air Tanah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 4(1), 96–103.
- Atikah, W. S. (2017). The Potentiality of Activated Natural Zeolite from Gunung Kidul as Adsorben to Textile Dyes. *Arena Tekstil*, 32(1), 17–24.
- Bhattacharyya, K. G., and Gupta, S. Sen. (2008). Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 140(2), 114–131. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2007.12.008>
- Dala Ngapa, Y., dan Gago, J. (2019). Adsorpsi ion Pb(II) oleh zeolit alam Ende teraktivasi asam: Studi Pengembangan Mineral Alternatif penjerap Limbah Logam Berat. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(2), 84–91.
- Fransina, E. G., dan Latupeirissa, J. (2014). *Penentuan Waktu Kontak dan Ph Optimum Lempung Asal Desa Latahalat Ambon Sebagai Adsorben Pb2+*. Prosiding Seminar Nasional Basic Science VI, Ambon 07 Mei 2014; Hal 253-260.
- Karelius, dan Asi, N. B. (2018). Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Magnetik Lempung Putih Asal Kalimantan Tengah Sebagai Adsorben Zat Warna Pada Limbah Cair. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 9(1), 51–66.
- Kartikaningsih, D., Bachroni, M. A. A., & Danarto, Y. C. (2014). Pengambilan Tanin Dari Kulit Kayu Bakau dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Logam Berat Cuprum (Cu) dan Timbal (Pb). *Ekuilibrium*, 13(1), 23–27. <https://doi.org/10.20961/ekuilibrium.v13i1.2150>
- Kolo, M. M., Stefanus Batu, M., dan Matilda Taus, M. (2023). Karakterisasi Mineral Lempung Desa Maurisu Utara, Kabupaten Timor Tengah Utara Teraktivasi Koh Sebagai Bahan Baku Adsorben. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia Dan Terapannya*, 5(1), 14–21. <https://doi.org/10.36526/jc.v5i1.2482>
- Kurniati, R. I., Elystia, S., dan Zultiniar. (2014). Efisiensi Penurunan Kadar Kalsium Pada Air Laut Dengan Metoda Penukar Ion Yang Memanfaatkan Tanah. *JOM FTEKNIK*, 1(2), 1–7.
- Kusumawardani, R., dan Azmiyawati, C. (2008). Pilarisasi Lempung dengan Al 2 O 3 untuk Agen Pemucat Minyak. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11(2), 48–51.
- M. Faisal. (2015). Efisiensi Penyerapan Logam Pb2+ Dengan Menggunakan Campuran Bentonit dan Enceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v4i1.1455>
- Martina, D., Hastuti, R., dan Widodo, D. S. (2016). Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan Polivinil Alkohol (PVA) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb2+). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(3), 77–82. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.3.77-82>
- Muhdarina, M., Mohammad, A. W., dan Muchtar, A. (2010). Prospektif Lempung Alam Cengar Sebagai Adsorben Polutan Anorganik Di Dalam Air: Kajian Kinetika Adsorpsi Kation Co(II). *Reaktor*, 13(2), 81. <https://doi.org/10.14710/reaktor.13.2.81-88>
- Nugraha, M. S., Mahatmanti, F. W., dan Sulistyansih, T. (2017). Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi HCl sebagai Adsorben Ion Logam Cd ( II ). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(3), 2–7.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Ruslan, Hardi, J., dan Mirzan, M. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Katalis Lempung Terpillar Zirkonia Tersulfatasi Sebagai Katalis Perengkah. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY 2017*, 21(4), 183–188.
- Sari, R. A., Muhdarina, dan Nurhayati. (2014). Adsorpsi Kation Pb (II) Pada Lempung Cengar Teraktivasi Asam Sulfat: Pengaruh Waktu Kontak. *JOM FMIPA*, 1(2), 40–47.
- Sinta, I. N., Suarya, P., Sri, D., dan Santi, R. (2015). Adsorpsi Ion Fosfat Oleh Lempung Teraktivasi Asam Sulfat (H<sub>2</sub>So<sub>4</sub>). *Jurnal Kimia*, 9(2), 217–225.
- Soleman, P. (2011). Identifikasi Gugus Fungsi Dan Kandungan Mineral Lempung Pacitan Dengan Spektroskopi Infra Red (Ir) X-Ray Diffraction (Xrd). *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 2(1), 31–35. <https://doi.org/10.37859/jp.v2i1.124>
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Widihati, I. A. G., Saraswati, N. P. A. H., dan Dewi, I. G. A. K. S. P. (2021). Karakterisasi Lempung Bentonit Termodifikasi Surfaktan dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Logam Cr dan Pb Pada Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Kimia*, 15(1), 29. <https://doi.org/10.24843/jchem.2021.v15.i01.p05>
- Widodo, L. U., Najah, S., dan Istiqomah, C. (2020). Pembuatan adsorben berbahan baku tanah liat dari limbah industri pencucian pasir silika dengan perbedaan konsentrasi HCl dan waktu aktivasi. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 10–15.
- Wiyantoko, B., Andri, P. N., dan Anggarini, D. (2017). Pengaruh Aktivasi Fisika pada Zeolit Alam dan Lempung Alam terhadap Daya Adsorpsinya. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 5(11), 120–128.
- Yanti, P. H., dan Muhktar, A. (2015). Karakterisasi Lempung Alam Desa Gema Teraktifasi Fisika. *Journal of Chemistry Progress*, 8(1), 1–5.