

# EFEKTIVITAS ADSORBEN CANGKANG TELUR TERAKTIVASI ASAM KLORIDA TERHADAP PENYERAPAN LOGAM BERAT TIMBAL

Inggis Pinarti<sup>1\*</sup>, Sheila Amatul Mutia<sup>2</sup>, Sani Widyatuti Pratiwi<sup>1</sup>, Ratna Nurmalasari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S-1 Kimia, Sekolah Tinggi Analis Bakti Asih, Jalan Padasuka Atas No. 233, Bandung 40192, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi D-III Analis Kesehatan, Sekolah Tinggi Analis Bakti Asih, Jalan Padasuka Atas No. 233, Bandung 40192, Indonesia

E-mail: inggis.pinarti2@gmail

## ABSTRAK

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang memiliki sifat tidak dapat terurai secara alami dan konsentrasinya terakumulasi tinggi di lingkungan sehingga berdampak serius bagi kesehatan manusia maupun biota air. Salah satu usaha untuk mengurangi dampak pencemaran logam Pb dapat dilakukan dengan penggunaan adsorben cangkang telur. Pada penelitian ini dikaji kemampuan adsorben cangkang telur sebelum dan sesudah aktivasi HCl 0,1 M dalam menurunkan kadar logam Pb. Variasi massa adsorben yang digunakan yaitu 0,25, 0,5 dan 0,75 g dengan waktu pengontakan 30 menit. Filtrat hasil adsorpsi diukur menggunakan spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kondisi optimum massa adsorben sebelum dan sesudah aktivasi HCl 0,1 M yaitu 0,75 gram dengan masing-masing nilai efisiensi penyerapan kadar logam Pb yaitu 99,61 % dan 99,66 %. Kapasitas adsorpsi untuk adsorben cangkang telur sebelum dan sesudah teraktivasi masing-masing yaitu sebesar 1.37812 mg/g dan sebesar 1.37875 mg/g. Penggunaan cangkang telur teaktivasi HCl memberikan nilai efisiensi penurunan kadar logam Pb yang sangat baik sehingga berpeluang menjadi metode alternatif untuk pengolahan limbah

Kata Kunci: Cangkang telur, Adsorben, Timbal

## ABSTRACT

*Lead (Pb) is a heavy metal that has non-biodegradable properties and its concentration accumulates high in the environment so that it has serious impacts on human health and aquatic biota. One effort to reduce the impact of Pb metal pollution can be done by using eggshell adsorbents. In this study, the ability of eggshell adsorbents before and after 0.1 M HCl activation in reducing Pb metal levels was studied. The variations in adsorbent mass used were 0.25, 0.5 (Noverita)0.75 grams with a contact time of 30 minutes. The adsorption filtrate was measured using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Based on the results of the study, the optimum condition for the adsorbent mass before and after 0.1 M HCl activation was 0.75 grams with respective Pb metal level reduction efficiency values of 99.61% and 99.66%. The adsorption capacity for eggshell adsorbents before and after activation was 1.3681 mg/g and 1.3828 mg/g, respectively. The use of eggshells activated with or without HCl provides very good efficiency values for reducing Pb metal levels, so it has the potential to become an alternative method for waste processing. Instruction to Authors.*

Keywords : Eggshell, Adsorbent, Lead

## 1. Pendahuluan

Logam berat merupakan polutan dalam bentuk unsur logam yang memiliki dampak berbahaya bagi kesehatan karena sifatnya yang tidak stabil dan tidak dapat diuraikan secara alami, salah satunya adalah logam Timbal (Pb). Pb paling banyak ditemukan di lingkungan dan dapat terakumulasi pada air, air tawar, di dalam tanah dan udara, serta pada organisme lain yang hidup di lingkungan yang tercemar Pb (Noverita *et al.*, 2023). Pencemaran lingkungan oleh kontaminan logam Pb masuk ke lingkungan melalui limbah industri, pembakaran bahan bakar minyak dan sebagian besar terbawa melalui jalur air sehingga perlu dibatasi kandungan maksimum logam Pb

tersebut di dalam air limbah (Satriani, Ningsih and Ratman, 2016)

Salah satu usaha mengurangi konsentrasi ion logam di dalam limbah cair diantaranya dengan penggunaan adsorben. Beberapa penelitian telah berhasil menurunkan konsentrasi logam Pb pada limbah cair menggunakan jamur makro, cangkang telur, sekam padi sebagai adsorben (Noverita *et al.*, 2023)(Mittal *et al.*, 2016) Penggunaan adsorben merupakan metode yang paling umum dipakai karena lebih sederhana dan adsorben dapat diregenerasi untuk penggunaan yang berkelanjutan.

Pada beberapa tahun terakhir penggunaan cangkang telur sebagai adsorben yang memiliki

potensi dalam menangani permasalahan limbah baik organik ataupun anorganik, khususnya pada limbah cair (Mittal *et al.*, 2016) (Pinarti *et al.*, 2025).

Penelitian sebelumnya, menyatakan bahwa cangkang telur dan bentonite dapat digunakan untuk adsorpsi minyak dan (Pb) pada Air Limbah Bengkel Mobil (Pratiwi *et al.*, 2024). Kadar Pb yang dapat diturunkan paling sedikit yaitu 1,66 mg/L dengan efisiensi penurunan timbal (Pb) paling besar Adalah 52, 25 %. Kajian pengaplikasian cangkang telur dan karbon aktif sebagai adsorben Logam Timbal telah dilakukan dengan membandingkan efisiensi penyerapan antara kedua adsorben tersebut. Cangkang telur berhasil menyerap 21, 60 mg/g logam Pb pada konsentrasi Logam Pb 432,05 mg/L dibandingkan dengan adsorben karbon aktif yang menyerap sebanyak 7,126 mg/g pada konsentrasi Logam Pb 858,2 mg/L (Misfadhila *et al.*, 2018). Pada penelitian (Satriani, Ningsih and Ratman, 2016), dilakukan kajian terkait pengaruh massa adsorben cangkang telur dan waktu pengontakan, hasil penelitian menyatakan kondisi optimum penyerapan Pb paling baik di waktu kontak 30 menit dan massa adsorben 1 gram dengan nilai efisiensi penyerapan masing-masing 94 % dan 98 %.

Proses aktivasi adsorben juga merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan daya serap adsorben. Penggunaan aktivator asam dan basa, yakni asam klorida (HCl) dan natrium hidroksida (NaOH) telah dilakukan terhadap logam Cu dan menunjukkan nilai yang cukup baik yaitu 99.40% dan 99.51 % dengan kapasitas adsorpsi masing-masing sebesar 67.675,4 mg/g dan 67.745,6 mg/g . Proses aktivasi ini juga meningkatkan konsentrasi karbon pada adsorben sehingga kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi juga semakin baik (Zustriani and Aghnia, 2025)

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini digunakan limbah cangkang telur sebagai adsorben logam Pb dengan mengamati massa adsorben dan efektifitas penggunaan asam klorida sebagai zat pengaktivasi untuk menghasilkan efisiensi adsorpsi lebih baik terhadap logam Pb.

## 2. Metode Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Sekolah Tinggi Bakti Asih, dan Laboratorium UIN Sunan Gunung Djati untuk Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).

### Alat :

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Spektrofotometri Serapan Atom (AAS),

Oven, neraca analitik, ayakan 100 mesh, Gelas ukur, Erlenmeyer.

### Bahan:

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuades, larutan Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, asam klorida 0,1 M dan cangkang telur.

### Prosedur Kerja :

#### 1. Penyiapan Adsorben Cangkang Telur

Cangkang telur ayam dicuci dengan air bersih, direndam cangkang telur ayam yang telah dicuci pada air panas lalu dibilas dan dikeringkan dengan cara dijemur. Cangkang telur dihaluskan menggunakan blender kemudian dihomogenkan dengan ayakan 100 mesh. Serbuk cangkang telur yang telah dihaluskan dipanaskan di oven selama 60 menit pada suhu 110°C.

#### 2. Aktivasi adsorben dengan HCl 0,1 M

Adsorben cangkang telur direndam dalam HCl 0,1 M selama 48 jam. Adsorben disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH netral. Panaskan dengan oven selama 30 menit pada suhu 110°C

#### 3. Pembuatan Larutan Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 100 ppm

Sebanyak 0,159 g padatan Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dimasukan ke dalam labu ukur, dilarutkan dengan menambahkan akuades 1000 mL. Kemudian dilakukan pengenceran sampai konsentrasi 10 ppm.

#### 4. Pengaruh variasi berat adsorben dan aktivasi terhadap adsorpsi ion Pb

Sebanyak 50 mL larutan Pb 10 ppm dimasukan ke dalam 6 buah Erlenmeyer. Kemudian masing-masing ditambahkan 0,25;0,50 dan 0,75 g adsorben yang sudah dan sebelum diaktivasi HCl 0,1 M ke dalam larutan tersebut. Diaduk selama 30 menit dan diaduk selama 1 jam. Filtrat disaring dan dianalisis menggunakan instrumen AAS dan perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

#### 5. Penentuan Efisiensi adsorpsi logam Pb oleh adsorben cangkang telur

Penentuan konsentrasi Pb yang terserap diukur dalam menggunakan AAS dengan menghitung selisih konsentrasi Pb mula-mula sebelum teradsorpsi (C<sub>i</sub>) dengan konsentrasi logam Pb pada saat setelah teradsorpsi (C<sub>eq</sub>). Dihitung berdasarkan persamaan:

$$\% \text{ efisiensi adsorpsi} = \frac{C_i - C_{eq}}{C_i} \times 100 \%$$

#### 6. Penentuan kapasitas adsorpsi pada kondisi optimum

Kapasitas adsorpsi yaitu menentukan jumlah logam Pb yang teradsorpsi dengan berbagai waktu qt (mg/g), dihitung berdasarkan persamaan :

$$qt = \frac{(C_i - C_{eq})v}{w}$$

Dimana C<sub>i</sub> dan C<sub>eq</sub> Adalah konsentrasi logam Pb sebelum dan sesudah teradsorpsi pada

waktu  $t_v$  Adalah volume larutan (L) dan  $w$  Adalah massa adsorben (g).

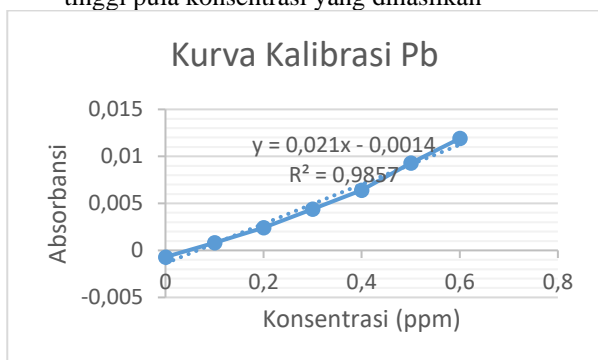
### 3. Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk melihat efektivitas adsorben cangkang telur yang teraktivasi HCl, berat adsorben optimum dan kapasitas adsorpsi pada kondisi optimum. Cangkang telur digunakan pada penelitian ini merupakan biosorben yang penggunaannya sudah sangat luas, kandungan utamanya yaitu  $\text{CaCO}_3$  yang bersifat polar yang mampu membentuk ikatan kovalen dengan ion logam ( $\text{M}^{2+}$ ) (Mittal *et al.*, 2016)(Segneanu *et al.*, 2022)(Pratiwi *et al.*, 2022). Proses aktivasi adsorben dilakukan untuk meningkatkan porositas dan luas permukaan adsorben karena larutan asam memiliki kemampuan untuk mengurai garam-garam mineral pada permukaan adsorben sehingga proses interaksi adsorbat dan adsorben tidak terganggu.

Penentuan konsentrasi Pb dalam larutan diukur menggunakan AAS dengan menghitung selisih konsentrasi Pb mula-mula ( $C_i$ ) dengan konsentrasi logam Pb pada saat kesetimbangan. ( $C_{eq}$ ). Langkah awal sebelum dilakukan analisis kuantitatif untuk penentuan kadar logam Pb yaitu pembuatan kurva kalibrasi.

#### Penentuan Kurva Kalibrasi Pb

Kurva kalibrasi dibuat untuk menentukan hubungan linieritas antara absorbansi dan konsentrasi yang digambarkan oleh persamaan regresi. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula konsentrasi yang dihasilkan



Gambar 4.1 Grafik kurva kalibrasi Standar Pb

Berdasarkan Gambar 4.1. Kurva kalibrasi menghasilkan persamaan regresi sebesar  $y = 0,021x - 0,0014$  dengan koefisien korelasi ( $r$ ) = 0,9928. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan linieritas antara konsentrasi larutan Pb dengan absorbansinya mendekati 1 sehingga persamaan ini bisa digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel.

#### Pengaruh massa dan aktivasi adsorben terhadap keefisiensi penyerapan logam Pb

Konsentrasi logam Pb mula-mula ( $C_i$ ) sebelum proses adsorpsi yang terbaca oleh AAS Adalah 20.752 ppm. Setelah melalui proses adsorpsi menggunakan cangkang telur dengan variasi massa adsorben 0.25, 0.5 dan 0.75 gram, terjadi penurunan konsentrasi logam Pb dalam larutan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1

**Tabel 4.1 Perubahan Konsentrasi logam Pb sebelum dan sesudah diadsorpsi adsorben cangkang telur tanpa Aktivasi dengan HCl 0.1 M**

No	Berat adsorben	$C_i$ (ppm)	$C_{eq}$ (ppm)	$C_b$ (ppm)	% Pb
1	0.25	20.752	0.1	20.653	99.52
2	0.5	20.752	0.09	20.667	99.59
3	0.75	20.752	0.08	20.672	99.61

Pada Tabel 4.1 terjadi kenaikan % penyerapan logam Pb seiring bertambahnya massa adsorben yang digunakan. Semakin banyak adsorben yang digunakan artinya semakin banyak partikel dan luas permukaan adsorben. Hal ini menyebabkan semakin banyak pula kemungkinan adsorbat yang akan terikat pada permukaan adsorben. Sama halnya dengan Tabel 4.1, pada Tabel 4.2 logam Pb diadsorpsi dengan adsorben cangkang telur yang sudah diaktivasi oleh HCl 0,1 M.

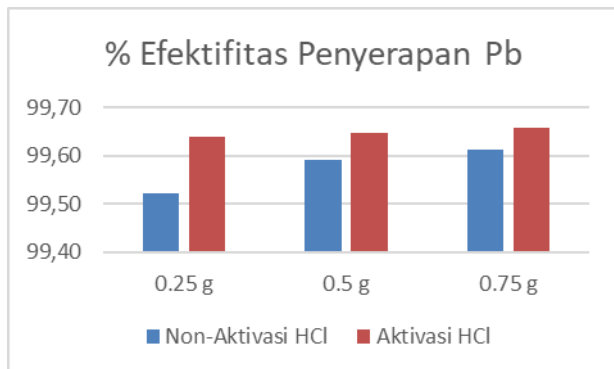
**Tabel 4.2 Perubahan Konsentrasi logam Pb sebelum dan sesudah diadsorpsi adsorben cangkang telur teraktivasi HCl 0.1 M**

No	Berat adsorben	$C_i$ (ppm)	$C_{eq}$ (ppm)	$C_b$ (ppm)	% Pb
1	0.25	20.752	0.075	20.677	99.64
2	0.5	20.752	0.073	20.679	99.65
3	0.75	20.752	0.071	20.681	99.66

Efisiensi penyerapan logam Pb oleh cangkang telur teraktivasi HCl 0,1 M memiliki lebih besar dibandingkan cangkang telur teraktivasi HCl 0,1 M. Hal ini menggambarkan bahwa HCl 0,1 M mampu melarutkan zat pengotor yang terdapat pada adsorben sehingga bisa membuka pori-pori dan memberbesar ukuran pori adsorben (Zustriani and Aghnia, 2025), sehingga cangkang telur teraktivasi HCl 0.1 M menyerap lebih banyak logam Pb.

Kondisi massa adsorben baik yang teraktivasi HCl maupun tidak memberikan efisiensi penyerapan tertinggi yang sama yaitu pada massa adsorben 0.75 gram. Dalam hal ini massa adsorben juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, karena semakin banyak adsorben

yang digunakan semakin efektif proses adsorpsi terjadi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2 Grafik Pengaruh massa adsorben dan aktivasi adsorben terhadap persen penyerapan logam Pb**

Pada Gambar 4.2 efisiensi penyerapan logam Pb optimum terjadi pada massa adsorben 0.75 g baik yang teraktivasi HCl ataupun tidak dengan nilai sebesar 99.66 % dan 99.61 % dengan nilai kapasitas adsorpsi pada kondisi tersebut masing-masing 1.37875 mg/g dan 1.37812 mg/g. Berdasarkan hasil tersebut adsorben cangkang telur teraktivasi HCl memberikan nilai penyerapan yang lebih tinggi untuk logam Pb dibandingkan yang tidak teraktivasi HCl, akan tetapi nilai persen efisiensi penyerapan maupun kapasitas adsorpsi menunjukkan tidak berbeda jauh dengan nilai adsorben cangkang telur yang tidak teraktivasi HCl 0.1 M.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa efisiensi adsorpsi logam Pb dengan adsorben cangkang telur teraktivasi HCl 0.1 M memberikan nilai yang lebih tinggi yaitu 99.66 % dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1.37875 mg/g pada massa adsorben 0.75 g sementara nilai efisiensi adsorpsi logam Pb dengan adsorben tanpa aktivasi sebesar 99.61% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 1.37812 mg/g. Massa dan proses aktivasi HCl memberikan pengaruh terhadap daya serap adsorben cangkang telur dalam menyerap logam Pb.

#### 5. Daftar Acuan

- Misfadhila, S. et al. (2018) 'Pengaplikasian Cangkang Telur Dan Karbon Aktif Sebagai Adsorben Logam Timbal', *Jurnal Farmasi Higea*, 10(2), pp. 1–8.
- Mittal, A. et al. (2016) 'Applications of egg shell and egg shell membrane as adsorbents: A review', *Journal of Molecular Liquids*, 223, pp. 376–387. doi: 10.1016/j.molliq.2016.08.065.
- Noverita et al. (2023) 'Tinjauan Biosorpsi Logam Berat Pb dan Cd oleh Jamur Makro', *Al-Kauniah: Jurnal Biologi*, 16(2), pp. 309–326.
- Pinarti, I. et al. (2025) 'Optimization of Volume and Mass of Eggshell in Removal of Linear Alkylbenzene Sulfonate Levels in Laundry Waste', *Jurnal Pijar Mipa*, 20(3), pp. 415–420.
- Pratiwi, A. T. et al. (2024) 'Adsorpsi Minyak dan Timbal ( Pb ) pada Air Limbah Bengkel Mobil Menggunakan Bentonit dan Cangkang Telur Ayam ( Gallus domesticus ) sebagai Adsorben', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), pp. 125–131. doi: 10.14710/jil.22.1.125-131.125.
- Pratiwi, S. W. et al. (2022) 'Optimization time and mass of eggshell adsorbent in improving waste cooking oil quality', *Jurnal Pijar Mipa*, 17(5), pp. 683–690. doi: 10.29303/jpm.v17i5.3654.
- Satriani, D., Ningsih, P. and Ratman, R. (2016) 'Serbuk Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb)', *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), pp. 103–108.
- Segneanu, A. E. et al. (2022) Highly efficient engineered waste eggshell-fly ash for cadmium removal from aqueous solution, *Scientific Reports*. Nature Publishing Group UK. doi: 10.1038/s41598-022-13664-6.
- Zustriani, A. K. and Aghnia, T. B. (2025) 'Efektivitas Cangkang Telur Teraktivasi Asam dan Basa untuk Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Laboratorium', *Crystal:Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, 7(1), pp. 32–39.