



Sintesis Adsorben Ampah Teh sebagai Penyerap Ion Logam Berat Timbal dalam Air

Akbar Perdana¹, Ahmad Zarkasi¹, Dadan Hamdani¹, Adrianus Inu Natalisanto¹, Rahmawati Munir^{1,*}),

¹Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No.4 Kampus Gunung Keluar, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

*E-mail korespondensi: rahmawati@fmipa.unmul.ac.id

Article Info:

Received: 03-12-2022

Revised: 26-01-2024

Accepted: 05-06-2024

Keywords:

Adsorbent; Adsorption;
Lead; Tea Waste; Water
Pollution

Abstract

Heavy metal pollution is still a serious problem today. One method that can be used to remove heavy metal content from water is the adsorption method. In the adsorption method, the choice of adsorbent is very important to optimize the adsorption process. One of the materials that can be used as an adsorbent is tea waste. Tea waste contains cellulose, which can be used to bind heavy metal ions. This research was conducted to synthesize adsorbents using tea waste and then test their ability to adsorb lead ions. The adsorbent synthesis process is divided into several stages, namely washing, drying, refining, soaking in HCl solution, and drying again. The results of the adsorption tests conducted found that the tea waste adsorbent could remove 99% of the lead metal ion content in the water. The conclusion from these results is that the synthesis process has succeeded in making tea waste adsorbent that can adsorb lead ions in water.



PENDAHULUAN

Sebagian besar masyarakat Indonesia masih menggunakan air sungai sebagai sumber air. Namun, terdapat permasalahan berupa pencemaran air sungai oleh logam berat, seperti logam berat timbal. Keberadaan logam berat dalam sungai dapat berasal dari limbah industri dan kegiatan pertambangan. [1]

Terdapat beberapa metode pengolahan air yang berhasil diterapkan untuk meningkatkan kualitas air, baik secara biologis maupun secara fisikokimia. Namun, metode adsorpsi merupakan metode yang paling cocok dan telah banyak diterapkan dalam pengolahan air. Penyebab metode adsorpsi dianggap efektif dalam meningkatkan kualitas air adalah biaya yang murah, ramah lingkungan, dan tidak menghasilkan produk intermediat. [2]

Adsorpsi merupakan fenomena permukaan dimana suatu fluida (cairan maupun gas) terikat ke suatu medium padat berpori, baik disebabkan ikatan kimia maupun fisika. [3] Medium padat berpori tersebut merupakan adsorben dan fluida yang terserap disebut sebagai adsorbat. Dalam proses adsorpsi, interaksi antara adsorben dan adsorbat sangat mempengaruhi hasil adsorpsi. Oleh karena itu, pemilihan adsorben menjadi hal yang penting dalam proses adsorpsi.

Ampas teh merupakan limbah organik yang dapat dimanfaatkan dalam banyak hal. Ampas teh dapat digunakan sebagai pakan ternak, bahan kosmetik alami, pupuk, dan adsorben. Ampas teh dikategorikan sebagai adsorben karbon aktif. Kandungan selulosa yang cukup tinggi menyebabkan ampas teh dapat menyerap ion logam berat dalam air. Oleh karena itu, ampas teh berpotensi sebagai biosorben yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan. [1]

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bahan ampas teh menjadi adsorben yang dapat menyerap ion logam berat. Hasil sintesis adsorben tersebut akan diuji kemampuannya dalam menyerap ion logam timbal. Setelah itu, dibandingkan konsentrasi logam timbal sebelum proses adsorpsi dan setelah proses adsorpsi. Dari hal tersebut, dapat diketahui efektivitas adsorben ampas teh dalam menyerap ion logam berat, seperti timbal.

TINJAUAN PUSTAKA

Logam Berat

Logam berat adalah bahan alami yang terdapat di kerak bumi dan tidak dapat dihancurkan. [4] Logam berat dikategorikan atas logam *essential* dan logam *non essential*. Logam *essential* adalah logam yang bermanfaat bagi makhluk hidup seperti membantu kerja enzim dan pembentukan organ. Adapun logam *non essential* adalah logam yang tidak bermanfaat bagi makhluk hidup. Apabila kandungan logam *non essential* tinggi di dalam tubuh, maka dapat merusak organ makhluk tersebut. [5]

Terdapat beberapa karakteristik dari logam berat, yaitu nomor atom, periode atom, dan massa jenis. Nomor atom logam berat berada pada rentang 22 hingga 92, dan periode atomnya berada pada urutan 4 hingga 7. Adapun massa jenis logam berat lebih besar dari 5 gr/cm³, atau 5 kali massa jenis air. Sumber pencemar dari logam berat berasal dari aktivitas manusia, seperti proses industri atau kegiatan pertambangan. [4]

Logam Berat Timbal

Timbal merupakan unsur yang memiliki ciri-ciri, yaitu nomor atom 82, berat atom 207,21 gr/mol, berat jenis 11,34 gr/cm³, bersifat lunak, dan berwarna silver abu-abu. Berdasar pada data tersebut, timbal termasuk logam berat "*trace metals*" karena memiliki berat jenis lebih dari 5 gr/cm³. Beberapa senyawa timbal berbentuk garam anorganik di alam yang umumnya kurang larut dalam air. Adapun sisanya berbentuk senyawa organik dalam bentuk *Tetra Methyl Lead* (TML) dan *Tetra Ethyl Lead* (TEL). [6]

Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses perpindahan adsorbat (seperti logam berat) menuju permukaan pori-pori adsorben. [7] Dalam proses adsorpsi, adsorben adalah zat penyerap sedangkan adsorbat adalah zat yang terserap. [8] Adsorpsi disebabkan oleh adanya interaksi antara adsorben dan adsorbat, baik secara fisisorpsi maupun kemisorpsi. Fisisorpsi terjadi karena interaksi elektrostatis, seperti dipol-dipol, Van der Waals, dan gaya London. Sedangkan interaksi kemisorpsi disebabkan oleh ikatan kovalen yang terbentuk antara adsorben dan adsorbat. [3]

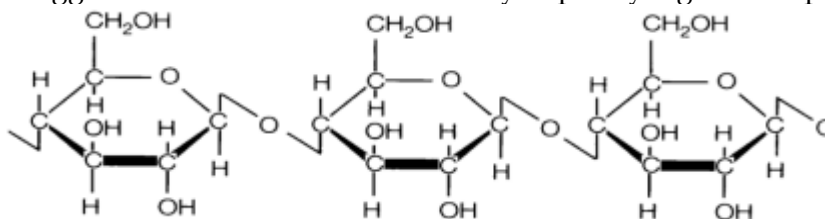
Adsorben Ampas Teh

Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap adsorbat menuju permukaannya. Adsorbat tersebut seperti bahan organik, ion logam, maupun zat warna. [4] Adsorben setidaknya memenuhi beberapa kriteria, yaitu kapasitas adsorpsi yang besar, sifat kinetik dan perpindahan yang menguntungkan, kemampuan selektivitas tinggi, kekuatan mekanik untuk mencegah kehancuran, kestabilan kimia dan termal, resistansi terhadap fouling, dapat diregenerasi, dan biaya relatif murah. [8]

Ampas teh dikategorikan sebagai adsorben karbon. Kandungan dalam ampas teh adalah selulosa (37%), hemiselulosa dan lignin (14%), dan polifenol (25%). [9] Dari semua kandungan tersebut, selulosa memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam karena gugus fungsi hidroksil yang dimilikinya. [10] Kandungan selulosa tersebut diharapkan dapat menghilangkan logam berat, seperti Zn, Ni, Fe, Pb, dan Cu. [1]

Molekul selulosa merupakan rantai-rantai dari D-glukosa sebanyak 14.000 satuan yang terikat oleh ikatan hidrogen. Struktur kimia dari selulosa dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam

selulosa, terdapat gugus hidroksil sebagai gugus aktif pengikat logam berat. Gugus hidroksil bersifat polar, sehingga selulosa lebih kuat dalam menyerap zat yang bersifat polar. [11]



Gambar 1. Struktur Selulosa

Penelitian Sebelumnya

Terdapat beberapa peneliti yang telah menggunakan ampas teh sebagai adsorben dalam menyerap logam berat. Azzahra dan Taufik pada tahun 2020 menggunakan ampas teh untuk menyerap besi dan timbal, dan memperoleh efektivitas logam terserap untuk besi adalah 80,78% dan untuk timbal adalah 93,75%. [1] Pratama dan teman-temannya pada tahun 2017 menggunakan ampas teh untuk menyerap besi dan tembaga, dan memperoleh efektivitas logam terserap untuk besi adalah 94,25% dan untuk tembaga adalah 72,34%. [9] Purwaningsih dan teman-temannya pada tahun 2019 menggunakan ampas teh untuk menyerap besi, dan memperoleh efektivitas logam terserapnya adalah 90,36%. [10] Dari beberapa penelitian sebelumnya, diketahui bahwa ampas teh efektif digunakan sebagai adsorben dalam penyerapan logam berat.

METODE PENELITIAN

Rancangan Kegiatan Penelitian

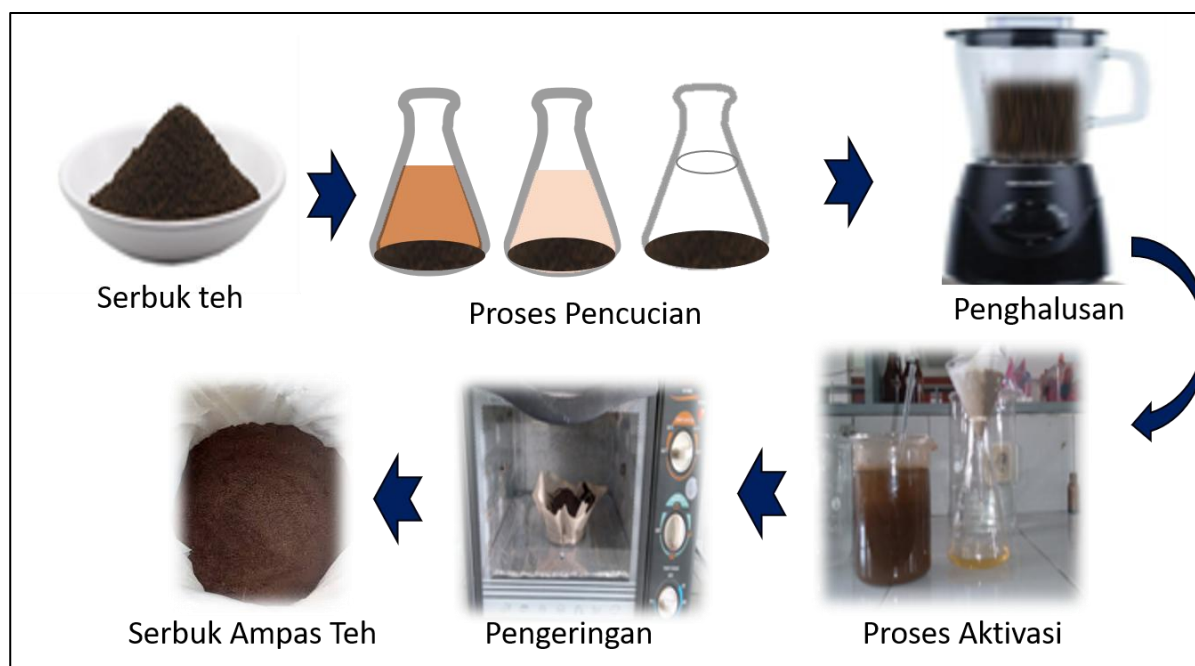
Secara umum, terdapat empat tahap kegiatan penelitian, yaitu proses sintesis adsorben ampas teh, proses adsorpsi, pengujian kandungan logam timbal setelah proses adsorpsi, dan analisis kandungan logam yang hilang.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur 100 mL, labu erlenmeyer 50 mL, gelas kimia (500 mL dan 1000 mL), corong kaca, blender, neraca digital, botol sampel, ayakan 140 mesh, kertas saring, kertas pH, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), dan oven. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ampas teh, larutan HCl 0,1 M, *aquadest*, dan larutan Pb standar.

Sintesis Adsorben Ampas Teh

Sintesis adsorben ampas teh dilakukan dengan beberapa tahapan (lihat Gambar 2). Ampas teh dicuci hingga zat warnanya menghilang. Kemudian, direndam menggunakan air panas sekitar 30 menit. Ampas teh yang telah dicuci dikeringkan dibawah sinar matahari. Ampas teh yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender. Waktu yang digunakan untuk menghaluskan ampas teh sekitar 2 - 3 menit. Ampas teh yang telah dihaluskan, selanjutnya disaring menggunakan ayakan ukuran 140 mesh. Penyaringan menggunakan ayakan dimaksudkan agar diperoleh serbuk ampas teh dengan ukuran seragam. Selanjutnya adalah merendam ampas teh dalam larutan HCl 0,1 M selama ±24 jam. Volume larutan HCl yang digunakan adalah 0,5 L untuk dapat merendam keseluruhan ampas teh tersebut.



Gambar 2. Tahapan Proses Sintesis Serbuk Ampas Teh sebagai Adsorben

Langkah selanjutnya adalah ampas teh direndam dalam larutan aquadest 1 L, diaduk, didiamkan sampai diperoleh endapan ampas teh, dan pelarutnya dibuang. Langkah tersebut dilakukan berulang-ulang, hingga pH larutan ampas teh menjadi netral. Digunakan kertas pH untuk mengetahui kondisi pH ampas teh dalam *aquadest*. Terakhir, ampas teh dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C hingga benar-benar kering. Serbuk ampas teh yang telah kering selanjutnya diayak untuk memperoleh ukuran butiran yang seragam atau homogen. Selanjutnya serbuk tersebut siap untuk digunakan.

Pembuatan Limbah Timbal

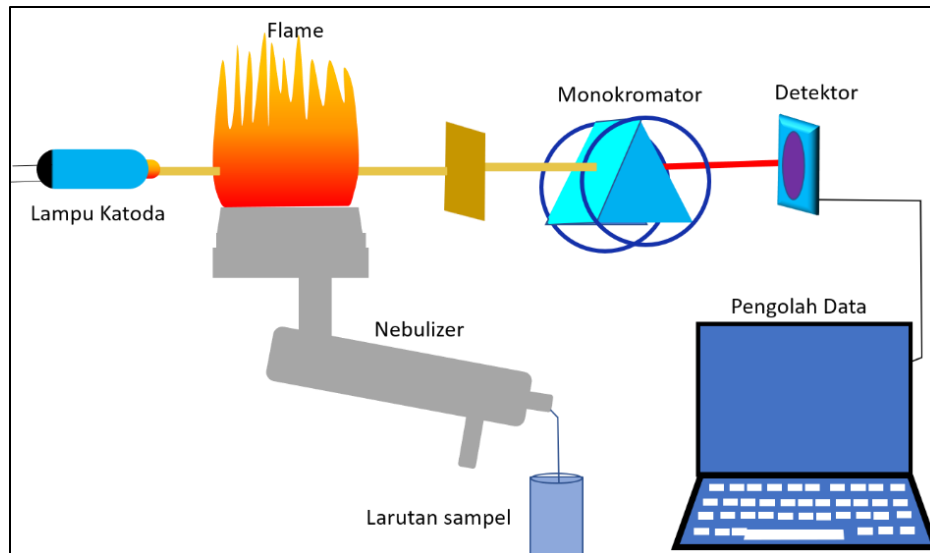
Limbah timbal yang digunakan merupakan limbah buatan dari larutan $Pb(NO_3)_2$. Larutan $Pb(NO_3)_2$ yang lebih pekat akan diencerkan menggunakan aquades, agar didapatkan larutan dengan konsentrasi yang diinginkan.

Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorben ampas teh dalam menyerap ion logam berat timbal. Proses adsorpsi dilakukan dengan cara memasukkan 1 gram ampas teh ke dalam labu erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan timbal dengan konsentrasi 20, 30, 40, dan 50 mg/L. Labu erlenmeyer tersebut kemudian diaduk selama 30 menit, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Penelitian sebelumnya yang dilakukan Azzahra dan Taufik menggunakan waktu kontak selama 15 menit dan memperoleh efektifitas penyerapan timbal sebesar 93,75%. [1] Pada penelitian ini, digunakan waktu kontak selama 30 menit untuk melihat apakah penambahan waktu kontak akan meningkatkan efektifitas penyerapan timbal oleh ampas teh

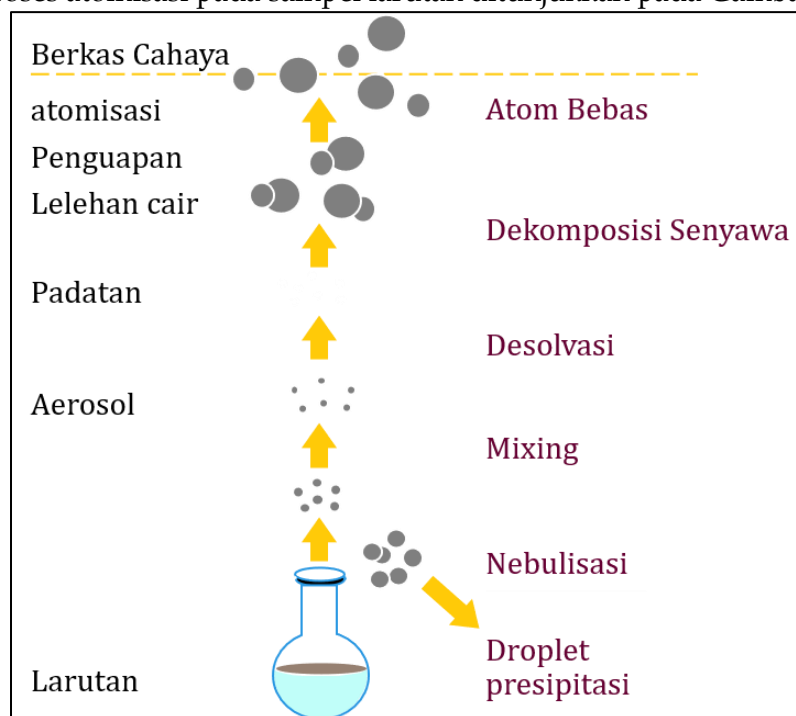
Uji Kandungan Logam Pb

Setelah dilakukan proses adsorpsi, dilakukan uji kandungan logam timbal. Uji kandungan logam timbal dilakukan dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Kuantitas ion logam timbal yang diukur kemudian digunakan untuk analisis data. Mekanisme kerja AAS dalam mendeteksi kandungan logam Pb ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme Kerja Alat Karakterisasi AAS dalam Mendeteksi Kandungan Logam di Sampel Larutan

Preparasi sampel untuk karakterisasi AAS dimulai dengan menyiapkan larutan sebelum dan sesudah adsorpsi. Sampel yang berbentuk larutan ini diubah menjadi bentuk aerosol saat berada pada nebulizer kemudian secara bersamaan campuran gas bahan bakar masuk ke *flame*, di sini unsur *dianalisis* menjadi atom-atom dalam keadaan *ground state*. Kemudian sinar yang berasal dari lampu katoda dengan panjang gelombang yang sesuai dengan yang diuji yakni Pb, akan dilewatkan pada atom dalam nyala *flame* sehingga elektron pada kulit terluar dari atom akan tereksitasi. Proses atomisasi pada sampel larutan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Atomisasi pada Sampel Larutan

Atomisasi adalah proses yang mengubah sampel cair menjadi atom bebas. Diagram pada Gambar 4 menunjukkan tahapan yang terjadi selama atomisasi, dimulai dengan elemen yang disiapkan sebagai larutan. Radiasi yang diserap oleh atomatom netral dalam keadaan gas berupa radiasi sinar tampak atau ultra violet. Sehingga panjang gelombang yang digunakan berada pada wilayah panjang gelombang di UV dan *visible light* di mana panjang gelombang UV berada pada kisaran 200 s/d 400 nm dan panjang gelombang *visible light* antara 400 s/d 800 nm. Penyerapan

yang terjadi berbanding lurus dengan banyaknya atom *ground state* yang berada dalam nyala api. Sinar yang tidak diserap oleh atom akan diteruskan dan dipancarkan pada detektor kemudian diubah dalam sinyal yang terukur. Sinar yang diserap ini disebut adsorbansi.

Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui persentase ion logam timbal yang hilang. Untuk mengetahui hal tersebut, digunakan Persamaan 1 berikut ini

$$\% \text{ Timbal terserap} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \quad (1)$$

dengan C_o adalah kandungan timbal sebelum adsorpsi dan C_e adalah kandungan timbal setelah proses adsorpsi. Dari hasil perhitungan tersebut, dapat ditentukan efektivitas ampas teh dalam menyerap ion logam berat timbal. Jika persentase timbal terserap besar, maka adsorben ampas teh yang telah disintesis efektif digunakan sebagai agen penyerap ion logam berat timbal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses sintesis ampas teh, setiap tahap penting untuk dilakukan. Tahap pencucian dilakukan untuk menghilangkan kandungan zat warna pada ampas teh. Hal ini bertujuan untuk membuka pori-pori adsorben dan agar adsorben ampas teh yang digunakan tidak mengubah warna larutan menjadi keruh. Tahap penghalusan dilakukan untuk meningkatkan luas permukaan adsorben ampas teh. Hal ini karena luas permukaan adsorben yang besar dapat meningkatkan efektivitas ampas teh dalam menyerap ion logam. Tahap penyaringan dilakukan agar diperoleh ukuran butir adsorben yang seragam. Tahap perendaman dengan HCl merupakan proses aktivasi secara kimia, yang digunakan untuk meningkatkan pori-pori adsorben dan keaktifan gugus fungsi. Tahap penetralan pH dilakukan agar adsorben ampas teh tidak mengubah pH larutan saat proses adsorpsi. Terakhir, tahap pengeringan dilakukan untuk membuka pori adsorben dari air.

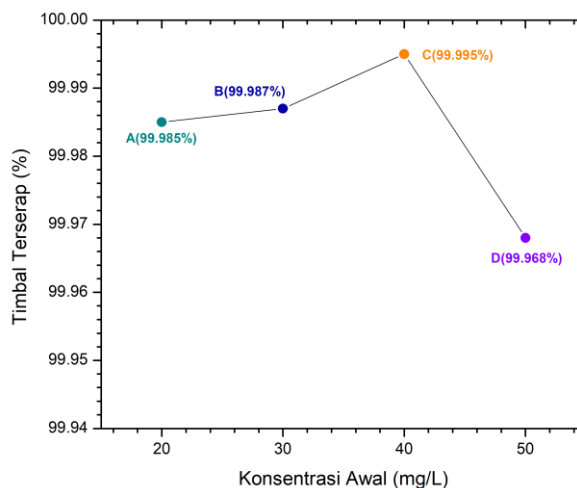
Selanjutnya, adsorben yang telah disintesis diuji kemampuannya dalam menyerap ion logam timbal. Untuk menguji efektivitas ampas teh dalam menyerap ion logam timbal, dibandingkan konsentrasi logam sebelum dan setelah proses adsorpsi. Nilai kandungan logam sebelum dan setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Adsorben Ampas Teh

Larutan Sampel	Konsentrasi Sebelum Adsorpsi (mg/L)	Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)	Ion Timbal yang Hilang (%)
A	20	0,003	99,985%
B	30	0,004	99,987%
C	40	0,002	99,995%
D	50	0,016	99,968%

Berdasarkan pada Tabel 1, terlihat bahwa terdapat penurunan konsentrasi larutan setelah proses adsorpsi. Ini menunjukkan bahwa adsorben ampas teh dapat digunakan dalam menyerap ion logam timbal. Untuk mengetahui persentase ion timbal yang hilang dalam larutan, digunakan Persamaan 1. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa ion logam timbal yang hilang lebih dari 99%, dengan rata-rata 99,984%. Ini membuktikan bahwa ampas teh efektif digunakan dalam menyerap ion logam timbal dalam air.

Jika dibuat grafik hubungan antara konsentrasi sebelum adsorpsi dan persentase ion timbal yang hilang, maka akan diperoleh grafik sebagai berikut



Gambar 5. Hubungan antara Timbal Terserap dan Konsentrasi Awal

Dapat dilihat pada grafik bahwa terdapat penurunan nilai timbal yang terserap pada konsentrasi larutan 50 mg/L. Karena massa adsorben yang digunakan selalu sama, yaitu 1 gram, maka dapat diketahui bahwa ampas teh bermassa 1 gram mencapai titik jenuhnya saat konsentrasi larutan mencapai 50 mg/L. Dalam artian, massa timbal yang diserap ampas teh dalam larutan sudah mencapai batasnya, sementara massa timbal tersisa semakin besar karena pengaruh konsentrasi yang semakin pekat. Oleh karena itu, semakin besar konsentrasi larutan timbal, dalam jumlah adsorben yang tetap, maka efisiensinya akan menurun. Karenanya perlu diperhatikan penggunaan massa adsorben yang sesuai agar mendapat efisiensi maksimal dari adsorben ampas teh.

KESIMPULAN

Proses sintesis ampas teh dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu mencuci ampas teh, mengeringkan di bawah sinar matahari, menghaluskan, mengeringkan, merendam menggunakan HCl, menetralkan pH, dan mengeringkan kembali ampas teh dalam oven. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ion logam timbal yang hilang setelah proses adsorpsi memiliki rata-rata 99,984%. Ini menunjukkan bahwa adsorben ampas teh efektif digunakan untuk menyerap ion logam berat seperti timbal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Unmul dan Laboratorium Kualitas Air FPIK Unmul sebagai tempat sintesis dan karakterisasi sampel penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. F. Azzahra and M. Taufik, "Bio-Adsorben Berbahan Dasar Limbah Ampas Teh (*Camellia Sinensis*) Sebagai Agent Penyerap Logam Berat Fe dan Pb pada Air Sungai," *Jurnal Kinetika*, vol. XI, pp. 65-70, 2020.
- [2] E. I. Unuabonah, M. O. Omorogie and N. A. Oladoja, "Modeling in Adsorption: Fundamental and Applications," *Composite Nanoadsorbents*, pp. 85-118, 2019.
- [3] M. A. Al-Ghouti and D. A. Da'ana, "Guidelines for the Use and Interpretation of Adsorption Isotherm Models: A Review," *Hazardous Materials*, pp. 1-22, 2020.

- [4] V. N. Amalia, "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Batch," UIN Sunan Ampel, Surabaya, 2021.
- [5] A. Triadayani, R. Aryawati and G. Diansyah, "Pengaruh Logam Timbal (Pb) terhadap Jaringan Hati Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*)," *Maspari Journal*, vol. I, pp. 42-47, 2010.
- [6] J. S. Tangio, "Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*)," *Jurnal Entropi*, vol. VIII, pp. 500-506, 2013.
- [7] E. W. I. Hajar, R. S. Sitorus, N. Mulianingtias and F. J. Welan, "Efektivitas Adsorpsi Logam Pb dan Cd Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam," *Konversi*, vol. V, pp. 1-8, 2016.
- [8] R. MD, "Studi Model Isoterm Adsorpsi Kristal Violet oleh Biosorben Kulit Ubi Kayu (*Manhot Esculenta*)," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2021.
- [9] D. A. Pratama, A. M. A. Noor and A. S. Sanjaya, "Efektivitas Ampas Teh sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe dan Cu pada Air Sungai Mahakam," *Jurnal Integrasi*, vol. VI, pp. 131-138, 2017.
- [10] L. Purwaningsih, Rachmaniyah and P. Hermiyanti, "Penurunan Kadar Besi (II) pada Air Bersih Menggunakan Ampas Daun Teh Diaktivasi," *GEMA Lingkungan Kesehatan*, vol. 17, pp. 92-99, 2019.
- [11] D. Abriagni, "Optimasi Adsorben Krom (VI) dengan Ampas Daun Teh (*Camellia sinesis L*) Menggunakan Metode Spektrofotometri," Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2011.