

Pemanfaatan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria*) Sebagai Adsorbent Logam Berat Fe, Pb Dan Cr pada Air Limbah Industri Pulp dan Kertas
*(Utilization of Snake Plant (*Sansevieria*) as Adsorbent for Heavy Metals Fe, Pb and Cr in Pulp and Paper Industrial Wastewater)*

Qais Anugrah Ramadhan Petta Duppa^{*}, Rahmat Amiruddin, Munira, Setyawati Yani

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia Jl Urip Sumoharjo KM 5, Makassar Indonesia 90231

Inti Sari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tanaman lidah mertua dalam mereduksi logam berat seperti Fe, Pb dan Cr dalam limbah pulp pada pabrik kertas, yang mana diketahui di Indonesia sendiri terdapat banyak pabrik kertas. Penelitian ini dilakukan dengan proses perendaman tanaman lidah mertua dengan cara memotong bersih, kemudian direndam dengan isopropyl alkohol lama waktu merendam 24 jam. Kemudian dicuci dan dikeringkan selama 24 jam di oven. Selanjutnya mencampur larutan NaOH 3%. Setelah itu, dilakukan pencucian lagi menggunakan aquades dan HNO₃ 0,01 M. Melakukan pengeringan pada suhu 100°C menggunakan oven dalam waktu 24 jam. Dari penelitian ini diperoleh kondisi optimum adsorben yang sesuai SNI 06-3730-1995 ialah kadar air (maks. 15%) sebesar 7%, kadar abu (maks. 10%) sebesar 4%. Adapun hasil optimum analisa menggunakan spektrofotometri serapan atom dengan mempertimbangkan berat adsorben ialah pada penambahan adsorben dengan konsentrasi 5% dan juga dengan mempertimbangkan waktu kontak ialah pada perendaman selama 40 menit dengan efisiensi penyerapan logam Pb 84,56%; Fe 55,98%; dan Cr 43,44%.

Kata Kunci: Tanaman Lidah Mertua, Logam Berat, Adsorben

Key Words: Snake Plant, Metals, Adsorbent.

Abstract

This research aims to determine the ability of snake plants to reduce metals such as Fe, Pb, and Cr in pulp waste at paper mills, which are known to have many paper mills in Indonesia. This research was carried out by soaking the snake plant by cutting it clean, and then soaking it with isopropyl alcohol for a soaking time of 24 hours. Then, it is washed and dried for 24 hours in the oven. Next, mix the 3% NaOH solution. After that, wash again using distilled water and 0.01 M HNO₃. Dry at 100 °C using an oven within 24 hours. From this research, what should be had at optimum conditions in accordance with SNI 06-3730-1995 is water content (max. 15%) of 7%, and ash content (max.10%) of 4%. The optimum results of analysis using atomic absorption spectrophotometry taking into account the weight of the adsorbent were the addition of adsorbent with a concentration of 5%

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jmpe@umi.ac.id

***Corresponding Author**

qaisanugrah99@gmail.com



Journal History

Paper received : 3 Januari 2025
Received in revised : 20 Januari 2025
Accepted : 13 Februari 2025

and also taking into account the contact time, namely immersion for 40 minutes with metals Pb absorption efficiency of 84.56%; Fe 55.98%; and Cr 43.44%.

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu limbah yang banyak mencemari lingkungan, sehingga masalah serius yang ada di lingkungan saat ini ialah kontaminasi logam berat [1]. Di Indonesia terdapat sedikitnya 84 pabrik kertas yang tersebar diseluruh nusantara, yang mana telah dicatat oleh Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI). Sebagian besar pabrik kertas terdapat di pulau Jawa yang mencapai 68 perusahaan yang meliputi Jawa Timur, Jawa Barat dan DKI Jakarta. Selain menghasilkan produk yang berguna seperti tisu, berbagai macam kertas serta produk serat lainnya. Pabrik kertas juga menghasilkan limbah baik berupa cair maupun gas, yang mana limbah cair tersebut berwarna pekat yang berasal dari lignin dan pewarna kertas serta bahan anorganik seperti NaOH, Na₂SO₄ dan klorin [2].

Proses pembuatan kertas yang menggunakan mekanisme pemisahan serat dari sumber lignoselulosa seperti kayu, dan sebagainya. Dengan menggunakan berbagai prosedur pembuatan seperti mekanik, semi kimia maupun kimia disebut dengan proses pulping yang menghasilkan produk akhir yaitu pulp [3]. Selain digunakan untuk mempercantik dan memperindah lingkungan, tanaman lidah mertua menurut dinas hortikultura juga digunakan untuk mencegah polusi dan penjerap debu. Selain itu, sebagai tanaman hias lidah mertua mempunyai kemampuan untuk mereduksi logam berat seperti Fe, Pb, Cr dan lainnya menjadi asam amino dan asam organik serta gula yang disebut dengan senyawa glikosida yang mana dapat mereduksi logam berat [4]. Tanaman lidah mertua terdapat proses fitoremediasi yang dilakukan secara alami oleh tumbuhan terhadap kontaminan/pencemar yang berada disekitarnya yang mana terdapat enam proses secara serial yaitu: Phytoaccumulation(phytoextraction), Rhizofiltration, Phytostabilization, Rhizodegradation, Phytodegradation (phytotransformation), Phytovolatilization [5].

Pregnane glikosida yang terdapat dalam batang tanaman lidah mertua memiliki peran penting dalam mengurangi polutan menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti asam organik, gula dan asam amino [6]. Tanaman lidah mertua mempunyai kemampuan dalam mereduksi logam berat yang mana terkandung dalam senyawa glikosida. Glikosida tersebut dapat mereduksi logam berat seperti Fe, Pb, Cr, dan lainnya untuk diubah menjadi asam amino dan asam organik serta gula [6].

Tabel 1. Komposisi Tanaman Lidah Mertua

Komposisi kimia	Persentase %
Selulosa	50-60
Lignin	5-10
<i>Ruscogenin</i>	1-2,5
<i>4-O Methyl glucuronic acid</i>	3-5
Beta siti sterol	2-5
d-xylose	0,1-1
Dipropylphthalate	1-5
Neoruscogenim	0,1-1
Sanseverigenim	4-7
Pregnane glikosid	1-4

Sumber: Gisella Mega Nanda 2023

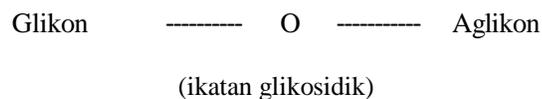
Dalam tumbuhan terdapat 3 proses yang bersinambung terhadap penyerapan dan akumulasi logam berat yaitu penyerapan logam oleh akar, kemudian logam bertranslokasi dari akar ke bagian tumbuhan lain, setelah itu lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Adapun terdapat proses

penguraian yang dilakukan secara alami oleh tanaman lidah mertua dalam tiga tahap fito proses yang berlangsung dalam tumbuhan yaitu:

1. Fitoetraksi : proses penyerapan kontaminan dari medium tumbuhnya. Kontaminan tersebut terserap oleh tumbuhan yang selanjutnya terdistribusi ke dalam bagian organ tumbuhan (translokasi).
2. Fitodegradasi : penguraian kontaminan yang terserap melalui proses metabolisme dalam tubuh tumbuhan.
3. Fitovolatilisasi : pada proses ini terjadi pelepasan kontaminan ke udara setelah terserap oleh tumbuhan. Adapun dalam kemampuan penyerapan logam berat oleh tanaman lidah mertua dapat diketahui melalui nilai efektifitas dalam penyerapannya [5].

Glikon dan aglikon merupakan gabungan dua bagian senyawa yang terdapat pada glikosida yang merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder [7]. Glikosida terdiri dari dua bagian yaitu bagian aglikon (genin) dan glikon (sakarida). Pada pembahasan kali ini, zat aktif pregnane glikoside yang berhubungan oleh fungsi tanaman lidah mertua dalam mereduksi logam berat ialah glikon yang mana paling sering dijumpai dalam bentuk monosakarida dan yang paling umum sebagai glukosa (glukosa yang menghasilkan glikosida disebut glukosida) [8].

Glikosida memiliki 2 gabungan senyawa yaitu glikon (gula) dan aglikon (non gula) yang dijumpai oleh oksigen (O-glikosida, dioscin), jembatan nitrogen (N-glikosida, adenosine), jembatan sulfur (sglikosida, simigrin), maupun jembatan karbon (C-glikosida, barbaloin).



Glikosida memiliki bentuk kristal atau amorf dengan sifat yang mudah larut dalam pelarut polar seperti air dan alkohol. Glikosida mudah mengalami hidrolisis baik oleh enzim glikosida yang terdapat dalam tumbuhan maupun oleh asam ataupun basa [8].

Limbah padat yang diklasifikasikan sebagai limbah B3 dari sumber yang spesifik yang dihasilkan dari salah satu industri kertas dengan proses deinking (peraturan pemerintah no 18/1999 dan 85/1999 tentang pengelolaan bahan berbahaya dan beracun). Pada umumnya limbah padat tersebut mengandung logam Pb, Cr, Cu, Ni, Zn, Cd dan Hg yang berasal dari tinta yang larut dalam air limbah. Kontaminasinya logam berat di lingkungan merupakan masalah yang sangat serius dikarenakan menyangkut akumulasinya dengan rantai makanan dan keberadaannya di alam yang tidak lagi mengalami transformasi (*persistent*), sehingga menyimpan potensi tercemar logam berat yang paten. Salah satu limbah bahan berbahaya dan beracun adalah timbal (Pb) yang dihasilkan dari proses deinking. Logam Pb biasanya menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil logam Pb diekskresikan lewat urin dan feses karena sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak dan rambut yang terdapat didalam tubuh manusia. Adapun persyaratan logam dalam tanah tidak berbahaya (Cd sebesar 0,08 mg/kg, Ni 0,4 mg/kg dan Pb 20 mg/kg) [9].

Keberadaan kromium di perairan menyebabkan penurunan kualitas air serta membahayakan lingkungan dan organisme akuatik. Hal ini disebabkan keberadaan kromium pada perairan dijumpai dalam dua bentuk yaitu kromium valensi III (Cr^{3+}) dan ion kromium valensi VI (Cr^{6+}). Kromium valensi VI lebih toksik dari pada kromium valensi III karena ion ini sukar terurai, tidak mengendap, stabil dan toksik sedangkan untuk kromium III mempunyai sifat mirip dengan besi (III), sukar terlarut pada pH diatas 5 dan mudah dioksidasi. Oleh karena itu, banyak dampak yang ditimbulkan baik dari organisme akuatik dan juga dalam tubuh manusia [10].

Adsorpsi merupakan peristiwa pengikatan molekul dalam fluida ke permukaan padatan. Pada batas muka padatan-fluida molekul akan terakumulasi. Adsorpsi terbagi atas 2 yaitu adsorpsi fisika dan kimia. Adsorpsi fisika atau van der Waals ialah adsorben yang hanya berikatan dengan gaya van der Waals. Pada gaya ini, molekul yang teradsorpsi terikat secara lemah di permukaan sehingga bersifat dapat balik (*reversible*). Adsorpsi kimia menggunakan tempat yang spesifik dan hanya molekul yang teradsorpsi. Persamaan Freundlich adalah persamaan empiris dengan menggunakan pendekatan penyerapan secara fisis [11].

Dalam pemanfaatan tanaman lidah mertua sebagai tanaman yang dapat digunakan dalam menyerap logam berat sehingga limbah cair yang dihasilkan oleh suatu industri dapat berkurang tingkat pencemarannya. Dikarenakan fungsinya sebagai bahan pemucat (penghilang zat warna), penyerap gas, penyerap logam. Tanaman lidah mertua (*sansiviera sp*) disini akan dibuat menjadi karbon aktif yang mana karbon aktif mempunyai daya jerap yang baik serta berbentuk granul atau serbuk. Karbon aktif juga adalah karbon yang diaktifkan secara fisika, kimia aau fisika kimia [12].

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair industri pulp dan kertas, tanaman lidah mertua, aquades, NaOH, isopropyl alkohol, HNO₃ (68%).

Alat Penelitian

Alat utama pada penelitian ini ialah menggunakan oven pada pembubatan adsorbent tanaman lidah mertua (*sansevieria*).

Peralatan Pendukung

Rangkaian alat gelas laboratorium, neraca digital, ayakan 200 mesh, kertas saring, pH meter, tanur, magnetic stirrer, spektrofotometer serapan atom.

Pembuatan Adsorbent Tanaman Lidah Mertua

Mencuci bersih tanaman lidah mertua yang telah dipotong dadu 1 cm x 1 cm. merendam potongan tanaman lidah mertua dengan isopropyl alkohol dengan lama perendaman 24 jam. Kemudian, mencuci Kembali tanaman lidah mertua menggunakan aquades dan dikeringkan selama 24 jam menggunakan oven. Selanjutnya, mencampur larutan NaOH 3%. Melakuakan pencucian lagi menggunakan aquades dan juga menggunakan HNO₃ 0,01 M. Melakukan pengeringan pada suhu 100 °C menggunakan oven dalam waktu 24 jam.

Pengujian Kualitas Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria*)

a. Rendemen adsorbent yang terbentuk

Setelah dilakukan tahap pembuatan adsorbent dari tanaman lidah mertua. Kemudian dapat menentukan besar rendemen yang terbentuk. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa adsorbent setelah dikeringkan}}{\text{massa adsorbent mula mula}} \times 100\%$$

b. Analisis Kadar Air

Memasukkan ke dalam cawan porselen Sampel sebanyak 5 gram yang telah dilakukan pengeringan, kemudian memanaskan ke dalam oven pada suhu 105 °C dalam waktu 6 jam. Setelah itu, memasukkan kedalam deksikator. Untuk menentukan kadar air diginakan persamaan berikut:

$$\% \text{ kadar air} = \frac{A_1 - A_2}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat sampel mula-mula (gram)

A₁ = berat sampel + cawan sebelum dikeringkan

A₂ = berat sampel + cawan setelah kering

c. Analisis Kadar Abu

Memasukkan ke dalam cawan porselen sampel sebanyak 5 gram adsorben tanaman lidah mertua dilakukan pemanasan dengan suhu 105 °C pada oven dengan waktu 9 jam. Kemudian tanaman lidah mertua yang telah

dikeringkan dibakar dalam furnace 600 °C dalam waktu 180 menit. Hasil pembakaran pada furnace kemudian ditimbang. Untuk menentukan kadar abu digunakan persamaan sebagai berikut;

$$\% \text{ kadar abu} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

d. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat

Menimbang sebanyak (2, 3, 4, 5) % b/v tanaman lidah mertua yang telah dilakukan pengeringan. Kemudian melarutkan tanaman lidah mertua ke dalam 200 ml limbah pabrik pulp dan kertas. Adsorben tanaman lidah mertua dikontakkan dengan larutan limbah pabrik pulp dan kertas dengan variasi waktu (10, 20, 30, 40) menit. Setelah itu, mencampur larutan menggunakan magnetic stirrer dengan percepatan 200 rpm. Menyaring larutan adsorbent menggunakan penyaring dan kemudian mengukur kadar logam beratnya (Fe, Pb dan Cr) dari filtrat hasil saringannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Ekstrak Tanaman Lidah Mertua

Dalam proses pembuatan adsorben pada tanaman *Sansevieria* ini, dilakukan aktivasi dengan penambahan asam/basa seperti yang telah dipaparkan sebelumnya. Hal ini bertujuan aktivasi yang dilakukan secara kimiawi diharapkan dapat membersihkan pori yang dapat menutupi permukaan adsorben sehingga permukaan bidang kontak lebih besar dan lebih porous, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali tata letak atom yang dipertukarkan [13].

Penambahan NaOH yang bertujuan dalam proses aktivasi dapat membuat reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa yang terdapat pada tanaman *Sansieverra*. Pemutusan ion OH⁻ dari NaOH dapat memutus ikatan-ikatan dari struktur lignin sehingga lignin mudah larut yang mana senyawa lignin ini dapat menghambat proses adsorpsi. Dalam proses transfer ion, senyawa lignin dapat menghalangi logam kesisi aktif adsorben. Sedangkan penambahan HNO₃ pada proses aktivasi dapat mendekomposisikan garam-garam mineral yang terdapat dalam adsorben. Terbentuknya gugus fungsi -COOH dan -OH mengindikasikan berkurangnya garam-garam mineral. Sehingga banyaknya logam yang teradsorpsi oleh adsorben melalui pertukaran ion maupun pembentukam kompleks dan juga meningkatkan kapasitas adsorpsi yang membuat meningkatnya logam yang teradsorpsi ditandai dengan banyaknya gugus fungsi -COOH dan -OH yang terbentuk [14].

Karakterisasi Adsorben Tanaman Lidah Mertua

Tabel 2. Hasil uji kualitas adsorben secara rinci disajikan pada tabel

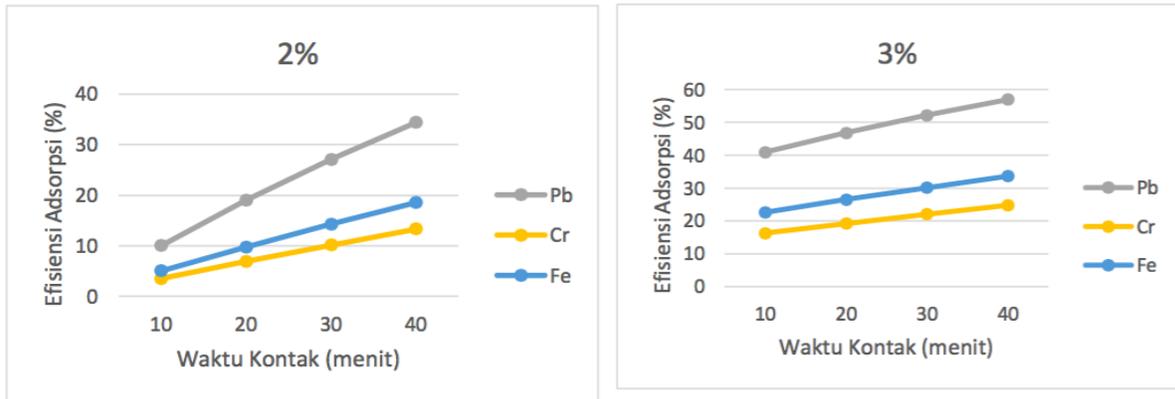
Parameter	Standar Mutu SNI No.	Hasil Analisis
	06.3730.1995	
Rendemen	-	88%
Kadar Air	Maksimum 15%	7%
Kadar Abu	Maksimum 10%	4%

Berdasarkan hasil analisis standar baku mutu adsorben tanaman lidah mertua yang ada pada tabel, dapat memperlihatkan bahwa kualitas adsorben dari tanaman lidah mertua telah memenuhi syarat SNI No. 06.3730.1995,

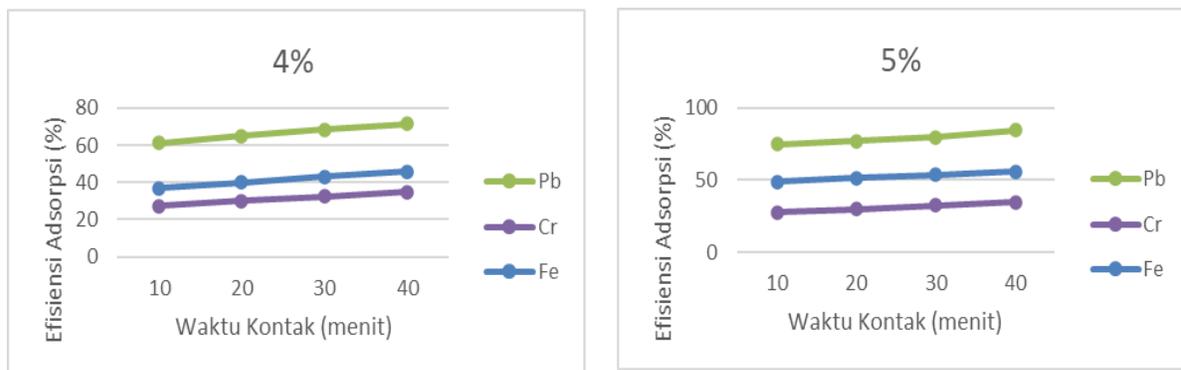
yang meliputi pengujian jumlah rendemen sebesar 88%, kadar air dibawah standar SNI juga yaitu 7% dan kadar abu dibawah standar SNI sebesar 4%, sehingga adsorben tanaman lidah mertua ini layak digunakan.

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kadar Logam Berat

Pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh data hubungan antara waktu kontak dengan penurunan kadar (Fe, Pb dan Cr). Gambaran data dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap kadar logam berat (efisiensi adsorpsi) 3% dan 4%



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap kadar logam berat (efisiensi adsorpsi) 4% dan 5%

Kurva di atas menunjukkan semakin besar massa biosorben yang digunakan, maka efisiensi penyerapan terhadap ion logam semakin besar. Bertambahnya berat sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyerapan pun meningkat. Pada gambar 4. menunjukkan bahwa optimasi proses yang dilakukan menggunakan variasi waktu 10 menit, 20 menit, 30 menit dan 40 menit dengan mengontakkan adsorben tanaman lidah mertua dengan limbah cair industri pulp yang mengandung logam Pb, Fe dan Cr. Semakin lama waktu kontak dengan logam berat yang diserap juga akan semakin banyak. Akan tetapi sewaktu-waktu proses adsorpsi logam berat yang terikat tidak dapat meningkat lagi apabila telah mencapai waktu yang menjadi titik kesetimbangan pada perendaman adsorben [15].

Pada waktu kontak 40 menit dengan konsentrasi adsorben 5% diperoleh hasil presentase penurunan paling tinggi dimana diperoleh untuk kadar Pb sebesar 84,56%, kadar Fe sebesar 55,98 dan kadar Cr sebesar

43,44%. Pada kondisi ini adsorben tanaman lidah mertua berperan mengadsorpsi logam berat Pb, Fe dan Cr dimana gugus OH- dari NaOH berinteraksi secara maksimal dengan ion Pb, Fe dan Cr. Hal ini sesuai dengan teori dari (Safrianti et al, 2018) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak maka ion logam berat yang terserap semakin banyak, Terjadinya peningkatan jerapan ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah adsorben yang berinteraksi dengan logam Pb, Fe dan Cr, hal ini juga terjadi karena pengaruh kerapatan sel adsorben dalam larutan sehingga menghasilkan interaksi yang cukup efektif antara pusat aktif dinding sel adsorben dengan ion logam sehingga semakin banyak zat penjerap maka semakin banyak pusat aktif yang bereaksi. yang berpengaruh terhadap aktifitas. sehingga presentase penurunan kadar logam berat lebih besar.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa didapatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi atau berat dari penambahan adsorben sansevieria berbanding lurus dengan lama waktu kontak penambahannya, maka semakin banyak ion logam yang teradsorpsi. Hal ini dapat dilihat pada penambahan adsorben konsentrasi 5% dengan waktu 40 menit dengan efisiensi penyerapan logam Pb 84,56%; Fe 55,98%; dan Cr 43,44%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada dosen pembimbing. Laboratorium PT Huadi Nickel Alloy Indonesia dan Balai Besar Standarisasi Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan, Mineral dan Maritim yang telah mengizinkan analisa pengujian penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anthony Setyawan, Yayok Surya P, "Pemanfaatan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Untuk Absorpsi Tembaga (Cu) Industri Peleburan Tembaga," *Jurnal Envirotek*, pp. 13-21, 2019.
- [2] d. Dwi Erwin Kusbianto, "Total Mikroba pada Tanah yang Dicemari Sludge Limbah Pabrik Kertas dengan Perlakuan Pupuk Guano," *Berkala Ilmiah Pertanian*, pp. 43-47, 2023.
- [3] Reza Meilinda, Putri Amelia Ningsih, Dian Anggraini, Hilfi Pardi, "Kinetika Kimia Dalam Produksi Pulp Pada Industri Kertas: Tinjauan," *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, pp. 67-71, 2023.
- [4] Harianingsih, Farikha Maharani, "Pemanfaatan Lidah Mertua (*Sansevieria* Sp) Sebagai Adsorbent Fe, Pb Dan Cr Pada Limbah Batik," *Inovasi Teknik Kimia*, pp. 40-43, 2019.
- [5] Anthony Setyawan dan Yayok Surya P, "Pemanfaatan Tanaman Lidah Mertua (*Sansevieria Trifasciata*) Untuk Absorpsi Tembaga (Cu) Industri Peleburan Tembaga," *Jurnal Envirotek*, pp. 14-21, 2018.
- [6] G. M. Nanda, "Penerapan Lidah Mertua dan Sirih Gading dalam My Little PAP untuk Mengurangi Emisi CO di Ruang Merokok sebagai Konsep Penerapan Smart City," *Jurnal of Student Research (JSR)*, pp. 325-342, 2023.
- [7] Andien Ravelliani, Hasna Nisrina, Lala Komala Sari, Marisah, Riani, "Identifikasi Dan Isolasi Senyawa Glikosida Saponin Dari Beberapa Tanaman Di Indonesia," *SOSAINS*, pp. 786-799, 2021.

- [8] Rahadiani Khofii Suwanditya, Yoga Windhu Wardhana, Sri Adi Sumiwi, "Peran Senyawa Flavonoid Dan Glikosida Jantung Dalam Aktivitas Kardiotonik," *Farmaka*, pp. 58-65, 2020.
- [9] Henggar Hardiani, Teddy Kardiansyah, Susi Sugesty , "Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking," *Jurnal Selulosa*, pp. 31-41, 2011.
- [10] A. S. S. N. V. H. Upit Ratna Puspita, "Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) Yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik," *Berkala Perikanan Terubuk*, pp. 58-64, 2018.
- [11] Yustinah, Hudzaifah, Maya Aprilia, Syamsudin AB, "Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch," *KONVERSI*, pp. 17-27, 2020.
- [12] Teknik Lingkungan, FTSP UNIPA Surabaya, "Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu Dan Fungsinya Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Laboratorium," *Jurnal Teknik Waktu*, pp. 62-71, 2018.
- [13] D. C. B. d. Muhammad Al Mutaqqi, "Pengaruh Aktivasi Secara Kimia Menggunakan Larutan Asam dan Basa Terhadap Karakteristik Zeolit Alam," *Riset Teknologi Industri*, pp. 266-271, 2019.
- [14] S. A. d. Aliyatul Farida, "Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Sebagai Adsorben Logam Kadmium Dalam Larutan," *Inovasi Teknik Kimia*, pp. 27-32, 2019.
- [15] H. M. A. S. A. Yustinah, "Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch," *Konversi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, pp. 17-27, 2019.