



e-ISSN Number
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

Journal of Chemical Process Engineering

Volume 5 Nomor 1 (2020)



SINTA Accreditation Number
28/E/KPT/2019

Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Berat Pb(II) Pada Air Limbah Industri

(Coconut Fiber Utilization As A Heavy Metal Bio adsorbent Pb (II) On Industrial Waste Water)

La Ifa, Frans Rante Pakala, Rani Wahyuni Burhan, Fitra Jaya, Rafdi Abdul Majid

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jalan Urip Sumoharjo Km.4, Makassar&90231, Indonesia

Inti Sari

Penelitian ini menguji serat kelapa sebagai bioadsorbent Pb (II) dalam air limbah industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efek pH dan waktu kontak pada penyerapan bioadsorbent dari sabut kelapa tanpa aktivasi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merapikan sabut kelapa terlebih dahulu menggunakan saringan, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105oC. Tes pendahuluan kemudian dilakukan pada pewarna biru metilen. Ini diikuti oleh penyaringan bioadsorbent dan air limbah yang diserap. Analisis air limbah termasuk mengukur konsentrasi Pb (II) menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) dengan konsentrasi Pb 0,17 ppm. Hasil penelitian menunjukkan daya serap terbaik menggunakan bioadsorbent sabut kelapa adalah pada pH 7, dengan persentase 96,25%. Selanjutnya, waktu kontak 4 jam dengan menerapkan bioadsorbent sekam kelapa untuk sampel air limbah dengan Pb (II) adalah 94,66%.

Kata Kunci: Bioadsorben, Sabut Kelapa, Logam Berat, Pb(II)

Key Words : Bioadsorbent, Coconut Fiber, Heavy Metal, Pb(II)

Abstract

This study examines coconut fiber as bioadsorbent Pb (II) in industrial wastewater. It analyzes the effect of pH and contact time on the bioadsorbent absorption of coconut coir without activation. The study uses experimental method by smoothing the coconut husk first using a sieve, then dried using an oven at 105oC. A preliminary test was then carried out on the methylene blue dye. This is followed by the filtration of the bioadsorbent and the adsorbed wastewater. The analysis of wastewater include measuring the concentration of Pb (II) using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) with a Pb concentration of 0.17 ppm. The results show the best absorption using coconut husk bioadsorbent is at pH 7, with a percentage of 96.25%. Furthermore, the contact time of 4 hours by applying coconut husk bioadsorbent to wastewater samples with Pb (II) was 94.66%.

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

Corresponding Author

la.ifa@umi.ac.id



Journal History

Paper received : 18 Desember 2019
Received in revised : 17 Januari 2020
Accepted: 15 Mei 2020

PENDAHULUAN

Aktifitas industri dan laboratorium pengujian menghasilkan limbah yang dapat digolongkan sebagai logam berat dan berbahaya seperti Cr^{6+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , NH_4^+ . Salah satu logam berat yang berbahaya dan dominan, serta sering ditemukan dari aktivitas tersebut adalah Pb(II) [1].

Pb(II) adalah Timbal atau timah hitam yang digolongkan sebagai bahan pencemar berbahaya karena memiliki toksisitas tinggi. Berdasarkan Balai Besar Industri Hasil Perkebunan, kandungan logam Pb(II) dalam limbah cair yang berasal laboratorium pengujian adalah sebesar 0,3 – 0,5 mg/L. Sedangkan, menurut keputusan Kep. Men. Neg. L.H. No.: KEP-1/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan Industri logam, timbal yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,1 mg/L [2], sementara itu baku mutu maksimal logam timbal adalah sebesar 0,05-1 mg/L (Pemerintah RI, 2004) [3].

Beberapa industri yang berpotensi sebagai sumber pencemar Pb(II) adalah industri baterai, bahan bakar, pengecoran, pemurnian, kabel, dan industri kimia lainnya. Sumber lain dari logam Pb(II) dapat berasal dari transportasi, tanah dan air [4]. Baku mutu menurut World Health Organization (WHO) Pb(II) dalam air adalah sebesar 0,1 mg/L dan menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) No 02 tahun 1988 adalah sebesar 0,05-1 mg/L [5].

Timbal yang masuk ke dalam tubuh dapat menyebabkan kecerdasan anak menurun, pertumbuhan badan terhambat, bahkan dapat menimbulkan kelumpuhan [6]. Selain itu, dapat menyebabkan gangguan pada organ, seperti gangguan neurologi (syaraf), ginjal, sistem reproduksi, sistem hemopoetik serta sistem syaraf pusat (otak), terutama pada anak yang dapat menurunkan tingkat kecerdasannya [7].

Metode yang umum digunakan untuk menurunkan kadar logam berat adalah adsorpsi. Metode ini merupakan proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran bioadsorben. Metode adsorpsi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya memiliki proses yang relatif sederhana, memiliki efektifitas dan efisiensi yang relatif tinggi, serta tidak memberikan efek samping, berupa zat beracun [8]. Proses adsorpsi juga tergolong dalam metode pemisahan yang efektif di pengolahan air limbah karena ekonomis [9]

Beberapa studi terdahulu telah melakukan upaya untuk mengurangi pencemaran logam berat timbal Pb(II) dengan menggunakan bioadsorben

seperti limbah jerami padi yang diaktivasi [8], poli-5-allilikaliks [10], kerang hijau [1], eceng gondok [11], jerami padi [12], sekam padi [13], cangkang kelapa sawit [14], keratin bulu ayam [15], karbon granula [16], arang bambu yang diaktivasi dan arang bambu yang tidak diaktivasi [6], limbah tanah liat [17], arang aktif kulit pisang [18], tempurung kelapa [19][19], limbah serbuk gergaji kayu mahoni [20], zeolit [21], arang aktif kulit singkong [22], biomassa *aspergillus niger* [23], tongkol jagung [24], sabut siwalan [7], kulit kacang tanah [25] cangkang kerang darah [3], cangkang telur ayam [26], karbon aktif [2], [27], cangkang kerang dan cangkang kepiting [28], ampas tebu [9], dan hidroksi apatit [29].

Dalam Pemilihan bioadsorben, dilakukan berdasarkan luas permukaan pori-pori zat yang diadsorpsi. Terdapat kandungan utama bioadsorben yang berasal dari bahan alam seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut adalah karboksil dan hidroksil [8].

Salah satu material bioadsorben yang disebut diatas adalah sabut kelapa. Dalam setiap butir kelapa, mengandung serat sebesar 525 gram (75 % dari sabut), dan serbuk sabut sebesar 175 gram (25 % dari sabut) [30]. Pada umumnya sabut ini dimanfaatkan sebagai kayu bakar [19]. Struktur sabut kelapa tersusun atas selulosa 37,9%, lignin 33,5%, dan hemiselulosa 15,5% [31]. Secara alami, sabut kelapa akan memberikan struktur berpori, sehingga dapat digunakan sebagai bioadsorben tanpa pengurangan. Senyawa di dalam bahan alami yang berperan dalam proses adsorpsi yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin [32]. Lignin memiliki gugus fungsi seperti aldehida, keton, asam, fenol dan eter sehingga dapat terjadi adsorpsi kimia [19].

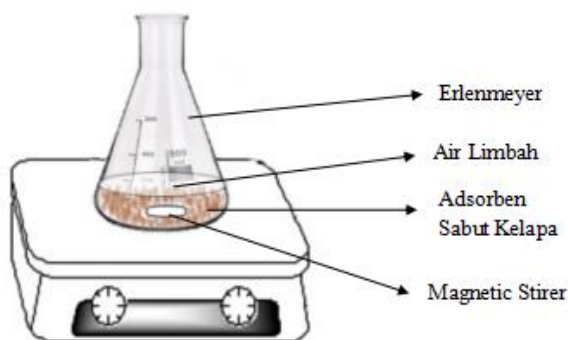
Kemampuan adsorpsi ion logam juga dipengaruhi oleh pH, karena adanya protonasi gugus anionik. Pada pH rendah, konsentrasi ion H^+ tinggi, sehingga terjadi kompetisi antara ion H^+ dengan ion logam, terhadap situs pertukaran kation yang bermuatan positif, maka adsorpsi menjadi kecil. Adsorpsi logam akan mengalami peningkatan dengan naiknya pH [10].

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah sabut kelapa tanpa diaktivasi, sebagai bioadsorben logam Pb(II) dengan mempelajari pengaruh pH dan waktu kontak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan *experimental laboratory* yang dilakukan di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar. Bahan utama yang digunakan yaitu sabut kelapa, diperoleh di Pasar Daya Makassar. Sampel limbah yang mengandung Pb(II) memiliki konsentrasi 0,17 ppm. Larutan standar Pb 1000 ppm dari Merck, natrium hidoksida (NaOH) dan aquadest diperoleh di CV. Intrako Makassar.

Alat utama yang digunakan untuk proses adsorpsi adalah erlenmeyer 250 mL dan *magnetic stirrer*. Alat-alat pendukung yang digunakan adalah *hot plate*, neraca analitik, spatula, oven, gelas kimia 500 mL, ayakan 300 μm , blender, desikator, pipet tetes, labu ukur 100 mL, corong, stopwatch dan pH meter. Adapun alat instrumen yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) Shimadzu AA-7000 dengan panjang gelombang pada 283,0 nm, laju alirasetilen pada 1,70 L/menit, laju alir udara pada 13,5 L/menit, lebar celah pada 1,0 nm, kuat arus lampu katoda 5,0 μA , tinggi burner 14 mm. Peralatan proses adsorpsi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Adsorpsi

Pembuatan Bioadsorben Sabut Kelapa

Kelapa yang telah dikupas dipisahkan serat dari gabusnya. Selanjutnya, serat sabut kelapa dicuci bersih dan dibilas dengan aquadest, kemudian dikeringkan dengan panas matahari selama 8 jam. Setelah kering, serat sabut kelapa dipotong kecil-kecil atau diblender. Kemudian diayak menggunakan ayakan 300 μm . Selanjutnya, butiran serat kelapa dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Serbuk serat kelapa kemudian disimpan dalam desikator dan digunakan sebagai bioadsorben tanpa melalui aktivasi.

Uji Pendahuluan terhadap Zat Warna Methylene Blue

Bioadsorben sabut kelapa ditambahkan kedalam methylene blue, kemudian dikocok selama beberapa menit dan diamati perubahan warna yang terjadi. Uji pendahuluan (daya serap bioadsorben sabut kelapa) menggunakan methylene blue, sehingga menyebabkan terjadinya perubahan warna larutan dari biru menjadi warna kuning. Proses ini menandakan bahwa bioadsorben sabut kelapa dapat digunakan, karena dapat menyerap warna biru dari larutan methylene blue.

Penentuan pH optimum Bioadsorben secara Spektrofotometri Serapan Atom

Sebanyak $\pm 0,5$ g bioadsorben dimasukkan ke dalam botol sampel dan ditambahkan 30,0 mL larutan Pb(II) 40 ppm ke dalam masing-masing erlenmeyer. Deret pH larutan 4,7 dan 11 dibuat, kemudian dihomogenkan dengan *shaker/magnetic stirrer* selama 3 jam. Campuran disaring dengan kertas saring Whatman 42 dan filtratnya diambil untuk analisis Pb(II) yang tersisa menggunakan AAS dengan panjang gelombang 283,3 nm. Semua perlakuan dilakukan secara duplo

Penentuan waktu optimum Bioadsorben secara Spektrofotometri Serapan Atom

Sebanyak $\pm 0,5$ g bioadsorben dimasukkan ke dalam botol sampel, kemudian ditambahkan 30,0 mL larutan Pb(II) murni dan air limbah yang mengandung Pb(II), kedalam masing-masing erlenmeyer. Proses selanjutnya kemudian dihomogenkan dengan *shaker/magnetic stirrer* dengan dibuat deret waktu kontak 1,2,3 dan 4 jam. Campuran disaring dengan kertas saring Whatman 42 dan filtratnya dianalisis untuk konsentrasi Pb(II) yang tersisa menggunakan AAS dengan panjang gelombang 283,3 nm. Semua perlakuan dilakukan secara duplo

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan tahap pendahuluan, antara lain pemeriksaan air limbah meliputi pengukuran kandungan Pb(II) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dan uji pendahuluan terhadap daya serap bioadsorben sabut kelapa dengan menggunakan larutan methylene blue. Hasil pengukuran kadar logam Pb(II) pada limbah yaitu dengan konsentrasi 0,17 ppm. Hasil uji pendahuluan berupa daya serap bioadsorben sabut kelapa, menggunakan methylene blue menunjukkan terjadinya perubahan warna

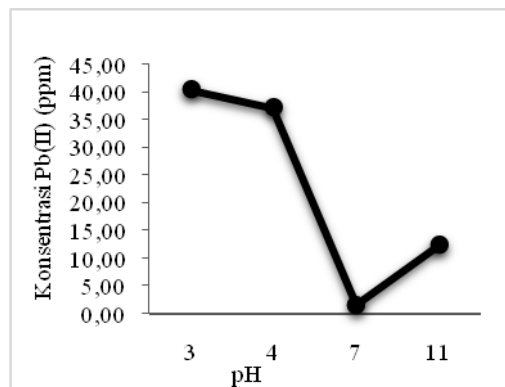
larutan, dari biru menjadi kuning. Dengan ini menandakan bahwa bioadsorben sabut kelapa dapat dipergunakan karena dapat menyerap warna biru dari larutan methylene blue.

Hasil penurunan adsorpsi logam Pb(II) ditentukan berdasarkan perbedaan pH yang digunakan (3, 4, 7 dan 11) dan waktu kontak (0, 1, 2,3 dan 4 jam). Penurunan adsorpsi ini dapat dianalisa dengan menghitung efektivitas penurunan (E_f) yaitu kandungan logam berat awal (Y_i) dikurangi dengan kandungan logam berat akhir (Y_f) per kandungan logam berat awal (Y_i) dalam mg/L seperti pada persamaan 1: [33]

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100 \quad (1)$$

Pengaruh pH terhadap Konsentrasi Pb(II) dengan waktu kontak 3 jam

Karakteristik dari bioadsorben sabut kelapa dipelajari dengan menentukan pH. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pada rentang pH berapa bioadsorben berinteraksi dengan ion logam. Pengaruh pH (3, 4, 7 dan 11) terhadap konsentrasi Pb(II) yang terserap ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan pH terhadap Konsentrasi Pb(II) dengan waktu kontak 3 jam

Gambar 2. menunjukkan bahwa pada pH asam, memiliki nilai penyerapan terbaik dibandingkan pada kondisi pH basa. Hal ini disebabkan karena meningkatnya protonasi oleh penetralan muatan negatif dari permukaan bioadsorben. Nilai penyerapan terbaik bioadsorben sabut kelapa terjadi pada pH Netral (7) sebesar 96,25%. Hasil penelitian ini sejalan dengan Asnawati et al. (2017) yang menemukan bahwa hasil optimum berada pada pH netral (7)[32]. Gambar 2 menunjukkan kecenderungan bahwa pada pH rendah (3 - 4) kapasitas adsorpsi Pb(II) relatif kecil dengan penurunan kadar Pb(II) sebesar

7,95%. Namun pada pH menengah (4 - 7), kapasitas adsorpsi relatif tinggi dengan penurunan kadar Pb(II) sebesar 96,25%. Dalam banyak kasus, ion logam berat teradsorpsi pada kisaran pH 4 hingga 7 [34]

Menurut Safriani et al (2002) kapasitas adsorpsi Pb(II) relatif kecil pada pH rendah karena banyaknya ion H^+ pada larutan akan berkompetisi dengan ion logam Pb(II) untuk berikatan dengan gugus fungsi pada permukaan bioadsorben, namun kapasitas adsorpsi relatif tinggi pada pH 7 dengan penurunan kadar Pb(II) yakni sebesar 96,25% [8]. Hal ini dikarenakan ion OH^- (yang berasal dari penambahan $NH_4(OH)$) dalam larutan lebih banyak dan gugus fungsi bioadsorben memiliki muatan negatif, sehingga kompetisi ion H^+ dengan ion Pb(II) berkurang dalam ikatan dengan gugus fungsi bioadsorben. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam Pb(II) yang dapat terserap. Sehingga, kondisi larutan sampel air limbah yang akan menurunkan kadar logam Pb(II) diatur pada pH 7 dengan cara penambahan NH_4OH 10% dengan jumlah yang ditambahkan sesuai kebutuhan.

Menurut Hasril (2015), gugus aktif bioadsorben cenderung berada dalam keadaan terprotonasi dan bermuatan parsial positif pada pH rendah, sehingga terjadi tolakan elektrostatis antara situs aktif bioadsorben dengan ion logam Pb(II). Pada kondisi ini, terjadi kompetisi antara muatan yang sama sehingga terjadi penurunan kemampuan bioadsorben dalam menyerap ion logam Pb(II).

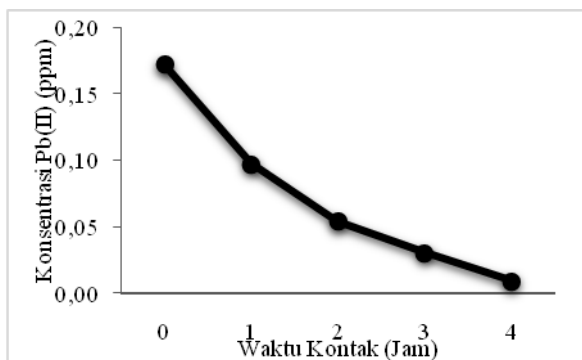
Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Pb(II) pada pH 7.

Untuk mendapatkan kondisi pengolahan air limbah yang optimum, maka dilakukan penentuan waktu kontak sesuai dengan pH dan dosis bioadsorben yang telah didapatkan sebelumnya. Pengaruh waktu kontak (0, 1, 2,3 dan 4 jam) terhadap konsentrasi Pb(II) disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada awal waktu kontak, adsorbat belum terserap dan pada waktu kontak 1 jam, adsorbat akan bergerak oleh adanya turbulensi putaran untuk mencari ruang yang kosong. Pemenuhan volume pori dipengaruhi oleh waktu kontak. Semakin lama waktu kontak memungkinkan adsorbat terdorong hingga ujung pori, dan memberikan ruang pori di depan untuk diisi oleh adsorbat baru [35]. Semakin lama waktu kontak maka jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan bioadsorben semakin meningkat, sehingga semakin sedikit konsentrasi Pb(II) yang

terdapat dalam sampel air limbah. Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu[18], [35]. Semakin lama waktu kontak maka gugus fungsi hidroksil (-OH dari CH₂OH) bioadsorben selulosa berinteraksi maksimal dengan logam Pb(II) [8].

Gambar 3 menunjukkan bahwa waktu kontak terbaik adalah 4 jam dimana bioadsorben mampu menyerap adsorbat sebesar 94,66%. Hasil ini lebih besar dari beberapa penelitian sebelumnya seperti Anjani and Koestiari (2014) sebesar 93,19% [16], Gultom and Lubis(2014) sebesar 80,13% [14], Zaini and Sami(2016) sebesar 64,98% [25], Hajar *et al.* (2016) sebesar 91,12% [26], Prasetyo *et al.* (2018) sebesar 89,73% [29], Ifa *et al.* (2018) sebesar 73,93% (Ifa *et al.*, (2018), Ifa *et al.* (2019) sebesar 82,52% [36]. Menurut penelitian [7], hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak maka kesempatan partikel bioadsorben untuk bersinggungan dengan ion logam lebih besar, sehingga ion logam yang terikat dalam pori-pori bioadsorben semakin banyak.



Gambar 3. Hubungan Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Pb(II) dalam Sampel Air limbah pada pH 7 (pH optimum)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa bioadsorben sabut kelapa tanpa aktivasi dapat menyerap logam Pb(II). Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi Pb(II) yang terbaik adalah pada 4 jam dengan presentase sebesar 94,66%, sedangkan pengaruh pH terhadap penurunan konsentrasi Pb(II) yang terbaik adalah pada pH 7 dengan presentase sebesar 96,25%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Fernanda, “Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) Dan Kadmium (Cd) Pada Kerang Hijau”, Universitas Indonesia, 2012
- [2] A. F. Faputri, S. Ardhiany, and S. Artan, “Analisa Kandungan Bahan Kimia Krom Dan Timbal pada Limbah Cair Hasil Percobaan Praktikum Mahasiswa Pada Perguruan”, *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 8, no. 1, pp. 22–28, 2017.
- [3] F. E. Wahyudianto, “Studi Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Adsorben Pb, Cu Dan Zn”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [4] S. Sudarmaji, J. Mukono, and C. I. Prasasti, “Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan,” *J. Kesehat. Lingkung. Unair*, vol. 2, no. 2, pp. 129–143, 2006.
- [5] C. Santikasari and L. N. M. Z.S, “Sumber, Transport dan Interaksi Logam Berat Timbal di Lingkungan Hidup (Logam Pb)”, Universitas Indonesia, 2019.
- [6] T. Widayatno, T. Yuliatwati, and A. A. Susilo, “Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif,” *J. Teknol. Bahan Alam*, vol. 1, no. 1, pp. 17–23, 2017.
- [7] Nafi’ah R., “Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan”, *J. Farm. Sains dan Prakt.*, vol. I, no. 2, pp. 28–37, 2016.
- [8] I. Safrianti, N. Wahyuni, and T. A. Zaharah, “Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak”, *JKK*, vol. 1, no. 2002, pp. 1–7, 2012.
- [9] I. Nurhayati, J. Sutrisno, and M. S. Zainudin, “Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu dan Fungsinya sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Laboratorium,” *J. Tek. Waktu*, vol. 16, no. 1, pp. 62–71, 2018.
- [10] D. S. Handayani, Jumina, D. Siswanta, and Mustofa, “Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Dan Cr(III) Oleh Poli 5allikaliks[4]Arena Tetraester”, *J. Mns. dan Lingkung.*, vol. 19, no. 3, pp. 218–225, 2012.
- [11] J. S. Tangio, “Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (Eichhorniacrassipes),” *J. Entropi*, vol. VIII, no. 1, pp. 500–506, 2013.

- [12] Z. El Baidho, T. Lazuardy, S. Rohmania, and I. Hartati, "Adsorpsi Logam Berat Pb dalam Larutan Menggunakan Senyawa Xanthate Jerami Padi," in *Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 2013, pp. 43–47.
- [13] N. Nurhasni, H. Hendrawati, and N. Saniyyah, "Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah," *J. Kim. Val.*, vol. 4, no. 1, pp. 36–44, 2014.
- [14] E. M. Gultom and M. T. Lubis, "Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H₃PO₄ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 3, no. 1, pp. 5–10, 2014.
- [15] R. N. Latifah, R. Ernia, and E. Pramono, "Utilization of A-Keratin of Chicken Feathers As Adsorben of Lead Ion," *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 10, no. 1, p. 11, 2016.
- [16] R. P. Anjani and T. Koestiari, "Granular Activated Carbon Adsorption Used For Adsorbent To Removal Heavy Metal Pb (II) With Competitor Ion Na⁺," *UNESA J. Chem.*, vol. 3, no. 3, pp. 159–163, 2014.
- [17] C. R. Priadi, Anita, P. N. Sari, and S. S. Moersidik, "Adsorpsi Logam Seng dan Timbal Pada Limbah Cair Industri," *Reaktor*, vol. 15, no. 1, pp. 10–19, 2014.
- [18] A. S. Sanjaya and R. P. Agustine, "Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang," *Konvesri*, vol. 4, no. 1, pp. 17–24, 2015.
- [19] L. H. Rahayu, S. Purnavita, and H. Y. Sriyana, "Potensi Sabut Dan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben untuk Meregenerasi Minyak Jelantah," *Momentum*, vol. 10, no. 1, pp. 47–53, 2014.
- [20] V. Rochmah, A. T. Prasetya, and T. Sulistyaningsih, "Adsorpsi Ion Logam Pb 2 + Menggunakan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Mahoni," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 168–172, 2017.
- [21] B. Murachman, E. S. Putra, J. T. Kimia, F. Teknik, U. G. Mada, and J. Grafika, "Dekolorisasi dan Deoilisasi Parafin menggunakan Adsorben Zeolit, Arang Aktif dan Produk Pirolisis Batu Bara," *J. Rekayasa Proses*, vol. 8, no. 2, pp. 40–48, 2014.
- [22] Deviyanti, S. Side, and H. Netti, "Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong terhadap Ion Logam Timbal (Pb 2+)," *J. Chem.*, vol. 15, no. 2, pp. 58–65, 2014.
- [23] Hasri, "Studi Adsorpsi Logam Pb (II) Menggunakan Adsorben biomassa *Aspergillus niger* Hasil Pemerangkapan," *J. Sansmat*, vol. IV, no. 2, pp. 126–135, 2015.
- [24] D. A. Ningsih and I. Said, "Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung," *J. Akad. Kim.*, vol. 5, no. May, pp. 55–60, 2016.
- [25] H. Zaini and M. Sami, "Kinetika Adsorpsi Pb (II) dalam Air Limbah Laboratorium Kimia menggunakan Sistem Komom dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah," in *Teknik Kimia*, 2016, no. November 2016, pp. 1–9.
- [26] E. W. I. Hajar, R. S. Sitorus, N. Mulianingti, and F. J. Welan, "Efektivitas Adsorpsi Logam Pb 2+ dan Cd 2+ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam," *Konversi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [27] U. Haura, F. Razii, and H. Meilina, "Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya pada Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cr(VI)," *Biopropal Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 47–54, 2017.
- [28] L. Ifa, M. Akbar, A. F. Ramli, and L. Wiyani, "Pemanfaatan Cangkang Kerang Dan Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Cu , Pb Dan Zn pada Limbah Industri Pertambangan Emas," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 03, no. 01, pp. 33–37, 2018.
- [29] K. Prasetyo, Y. Azis, and Komalasari, "Adsorpsi Logam Cd, Cu Dan Pb Dengan Menggunakan Adsorban, Hidroksiapatit (Ha) Sebagai," *Teknik*, vol. 5, no. 2, pp. 1–4, 2018.
- [30] M. S. Hanum, "Eksplorasi Limbah Sabut Kelapa (Studi Kasus : Desa Handapherang Kecamatan Cijeunjing Kabupaten Ciamis)," in *e-Proceeding of Art & Design*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 930–938.
- [31] Y. Kondo and M. Arsyad, "Analisis

- Kandungan Lignin, Sellulosa, dan Hemisellulosa Serat Sabut Kelapa Akibat Perlakuan Alkali,” *INTEK J. Penelit.*, vol. 5, no. 2, pp. 94–97, 2018.
- [32] A. Asnawati, R. R. Kharismaningrum, and N. Andarini, “Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis,” *J. Kim. Ris.*, vol. 2, no. 1, p. 23, 2017.
- [33] A. I. Larasati, L. D. Susanawati, and B. Suharto, “The Effectiveness of Heavy Metals Adsorptions on Leachate by Activated Carbon, Zeolite, and Silica Gel in TPA Tlekung, Batu,” *Sumber Daya Alam dan Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 44–48, 2015.
- [34] Y. L. Lai, M. Thirumavalavan, and J. F. Lee, “Effective adsorption of heavy metal ions (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+}) from aqueous solution by immobilization of adsorbents on Ca-alginate beads,” *Toxicol. Environ. Chem.*, vol. 92, no. 4, pp. 697–705, 2010.
- [35] M. Alimano and M. Syafila, “Diameter Pori Dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Adsorpsi Minyak Jelantah,” *Tek. Lingkung.*, vol. 20, no. 2, pp. 173–182, 2014.
- [36] L. Ifa, M. A. Agus, K. Kasmudin, and A. Artiningsih, “Pengaruh Penambahan Volume Kitosan dari Cangkang Bekicot terhadap Penurunan Kadar Tembaga Air Lindi,” *J. Tek.*, vol. 18, no. 02, pp. 109–113, 2019.