

IDENTIFIKASI POTENSI LIMBAH KULIT PINANG SEBAGAI ABSORBEN LOGAM BERAT Cu(II)

Ainul Alim Rahman*, Firmanullah Fadhil, Hajirum Tuheteru, Siti Halijah

Prodi Teknik Kimia, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1, Sorong, Indonesia Kode Pos 98418

E-mail: ainul_alim_rahman@unimudasorong.ac.id

Abstract

Pinang is one of the plants that are abundant in Papua. Pine leather has a high cellulose content that can potentially be used as a heavy metal absorber such as Cu(II). The study aims to utilize leather waste as a Cu(II) heavy metal absorbent to reduce water pollution. The study phase is preparation, activation is done with citric acid as well as analysis of the absorption efficiency of Cu(II) metals. Activation is performed with mass variations of 50 mg, 150 mg, 200 mg, 250 mg, and 300 mg obtained with optimal conditions at 50 mg mass with 81.15% absorbent percentage and pH variations used of 3, 5, 7, 9, and 10 obtain optimum pH at pH 8 with 56,54%. Therefore, leather waste is potentially a metal absorbent of Cu(II).

Keywords: Penang Skin Waste, Absorbent, Cu(II), pH, Temperature

Abstrak

Pinang adalah salah satu tumbuhan yang melimpah di Tanah Papua. Kulit pinang memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga berpotensi digunakan sebagai absorben logam Berat seperti logam Cu(II). Kandungan logam berat Cu(II) yang tinggi dalam perairan bersifat toksik bagi makhluk hidup. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah kulit pinang sebagai absorben logam berat Cu(II) untuk mengurangi pencemaran air. Tahap penelitian yaitu preparasi, aktivasi dilakukan dengan asam sitrat serta analisis efisiensi penyerapan logam Cu(II). Aktivasi dilakukan dengan variasi massa 50 mg, 150 mg, 200 mg, 250 mg, dan 300 mg diperoleh dengan kondisi optimum pada massa 50 mg dengan persentase penyerapan 81,15% dan variasi pH yang digunakan 3, 5, 7, 9, dan 10 diperoleh pH optimum pada pH 8 dengan persentase penyerapan 56,54%. Oleh karena itu, limbah kulit pinang berpotensi sebagai absorben logam Cu(II).

Kata Kunci: Limbah Kulit Pinang, Absorben, Cu(II), pH, Suhu

1. Pendahuluan

Tanaman pinang merupakan tanaman yang banyak tumbuh di daerah Indonesia. Di Papua buah pinang menjadi kebutuhan dan tradisi bagi Masyarakat Papua. Masyarakat Papua memanfaatkan buah pinang sebagai buah pembersih gigi [1]. Masyarakat Papua mengkonsumsi buah pinang setiap hari sebagai bahan pembersih gigi [2]. Namun, limbah kulit pinang masih digunakan dengan buruk saat ini. Kulit pinang belum

dimanfaatkan secara optimal oleh Masyarakat Papua. Hal ini mengindikasikan bahwa limbah kulit pinang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai absorben logam berat. Teknologi pengembangan absorben dikenal juga dengan istilah material maju. Material maju adalah material atau bahan yang memiliki keunggulan bagi dari segi kinerja maupun kualitas dari produk sebelumnya. Pemanfaatan dan penggunaan limbah kulit pinang untuk material maju sebagai absorben selain memanfaatkan potensi alam Papua juga dapat mengoptimalkan limbah kulit pinang sebagai produk unggulan [3]. Limbah kulit pinang sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai absorben karena mengandung gugus karboksilat serta dapat dikembangkan dengan cara mengaktivasi memakai asam sitrat [4].

Permasalahan dalam kegiatan pembangunan yang berkelanjutan adalah masalah pencemaran lingkungan. Aktivitas pencemaran lingkungan dan berbahaya yang terjadi di dunia saat ini adalah pencemaran logam berat, seperti logam, Cu, Cr, Pb, Cd, dan Hg [5]. Logam berat bersifat toksik bagi makhluk hidup [6], termasuk dalam kerberlangsungan pertumbuhan makhluk hidup seperti ikan dan biota lainnya meskipun kuantitasnya rendah [7]. Logam Berat umumnya hasil samping dari kegiatan industri seperti industri penyamakan kulit, penambangan logam, pewarnaan, baterai, keramik, pencampuran logam, cat, dan produksi senjata, sehingga memerlukan pengembang teknologi material maju yang ramah lingkungan dalam menanggulangnya [8]. Ada berbagai metode yang sudah digunakan dalam mendegradasi kandungan logam berat di dalam perairan. Metode kimiawi salah satu yang paling banyak digunakan oleh industry dalam mengolah limbahnya. Metode kimiawi seperti biosorpsi, koagulasi, presipitasi, pemisahan membran, pertukaran ion, elektrokoagulasi, elektrolisis, oksidasi dan beberapa teknik biologis lainnya [9].

Metode biosorpsi dilakukan dengan menggunakan absorben sebagai bahan penyerap yang berasal dari makhluk hidup. Bahan penyerap ini disebut dengan absorben. Absorben adalah kemampuan suatu benda untuk menyerap bahan dari dalam media pada. Proses biosorpsi terbentuk pada permukaan sel dengan mekanisme fisika dan kimia seperti pembentukan kompleks, pertukaran ion, dan adsorpsi. Proses Adsorpsi ini memerlukan gugus fungsi yang aktif. Proses ini juga melibatkan mineralisasi antara ion logam dengan biopolimer (makromolekul) penyusun sel serta proses gabungan yang membentuk ikatan ionik [10].

Pengembangan material maju untuk bahan alternatif selain untuk pengembangan bahan pangan dengan biomassa [11], karbon aktif serta zeolit [12]. Biomassa seperti limbah kulit pinang sangat potensial juga sebagai absorben logam berat yang berbahan dasar organik yang bersifat ramah lingkungan [13] [14] [15]. Pada riset ini limbah kulit buah pinang digunakan untuk mengabsorpsi logam berat Cu(II).

Logam Cu(II) memiliki sifat esensial bagi makhluk hidup yang diperlukan dalam jumlah tertentu saja dalam proses metabolisme [16] [17] [18]. Logam Cu(II) pada konsentrasi tertentu akan menjadi limbah berbahaya bagi perairan dan lingkungan sekitar serta efek toksik [19]. Pada penelitian ini dilakukan uji dasar prototype material maju sebagai penyerap logam Cu(II) dengan penambahan perlakuan limbah kulit buah pinang yang diberi aktivasi asam sitrat berfungsi mengaktifkan gugus fungsi pada senyawa biopolymer pada kulit buah pinang sehingga bisa mengabsorpsi logam Cu(II).

Pada penelitian ini akan mengeksplorasi limbah kulit pinang untuk bahan absorben logam Cu(II)

2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang akan dipakai adalah Sampel Cu(II), Limbah Kulit Pinang, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (E-merk), dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (E-merk). Penelitian ini menggunakan peralatan instrument Spektrofotometer UV-Vis (genesys 150).

Adapun tahapan penelitian sebagai berikut:

a. Preparasi Kulit Pinang

Tahapan pertama pada penelitian ini adalah preparasi. Preparasi dilakukan untuk memperoleh kinerja absorben yang optimal dengan cara mencuci kulit pinang. Proses ini bertujuan menghilangkan zat pengotor pada kulit pinang. Selanjutnya dikeringkan di oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Setelah itu kulit pinang kemudian dihaluskan lalu disaring dengan ayakan 100 mesh. Diperoleh serbuk kulit pinang [20].

b. Aktivasi Absorben Kulit Pinang

Setelah diperoleh kulit pinang siap uji yang berbentuk serbuk. Tahap selanjutnya adalah proses aktivasi. Proses ini bertujuan meningkatkan reaktivitas gugus fungsi dengan penambahan aktivator berupa asam sitrat [21]. Proses aktivasi dilakukan dengan mereaksikan 10 gram absorben dengan 40 mL larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ 0.1 M, diaduk lalu didiamkan selama 1 hari. Setelah itu dicuci hingga pH 6 kemudian dikeringkan di oven pada suhu selama 4 jam. Setelah dikeringkan serbuk kulit pinang disaring menggunakan ayakan 100 mesh sehingga diperoleh kulit pinang aktif.

c. Adsorpsi ion logam Cu(II)

Tahapan selanjutnya adalah pengujian efektivitas penyerapan absorben terhadap logam Cu(II). Proses pengujian dilakukan dengan menimbang kulit pinang yang teraktivasi dengan jumlah 50 mg, 150 mg, 200 mg, 250 mg, dan 300 mg, kemudian dimasukkan Erlenmeyer yang telah ditambahkan 50 mL sampel larutan Cu dan dikondisikan pada pH 6. Setelah pengadukan selama 120 menit, larutan yang mengandung campuran serbuk kulit pinang dan sampel kemudian disaring agar absorben terpisah dengan larutannya. Lalu dianalisis kandungan logam Cu(II) dengan spektrofotometer UV-Vis.

Setelah memperoleh massa absorben ideal, berat massa absorben ideal digunakan untuk menentukan suhu larutan ideal. Dimasukkan serbuk kulit pinang yang teraktivasi ke dalam empat erlenmeyer 100 mL yang telah ditambahkan larutan sampel air logam Cu. Kemudian aduk selama 120 menit dan dengan pH yang berbeda antara 3, 5, 7, 9, dan 10. Selanjutnya, disaring lalu konsentrasi logam Cu dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis [10].

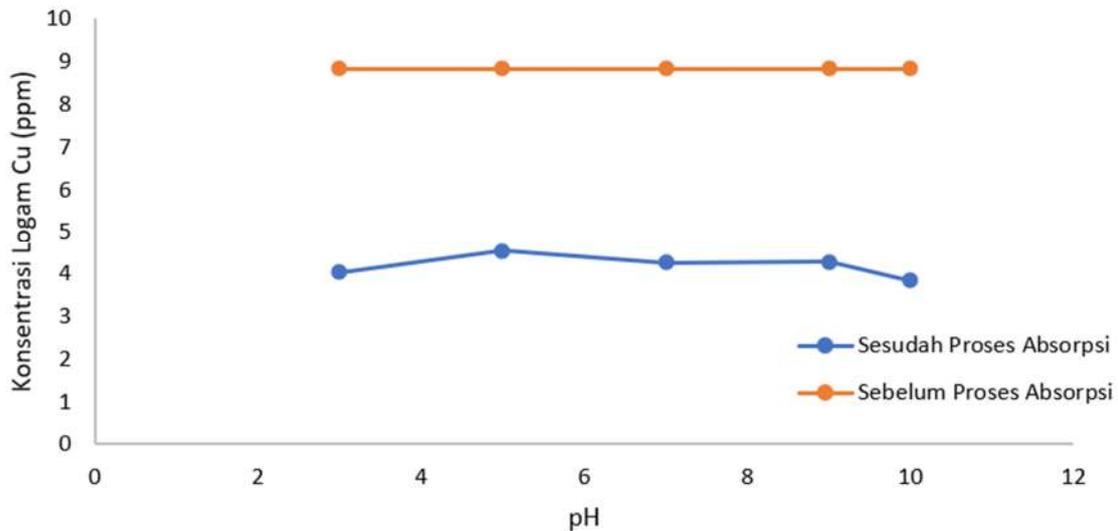
3. Hasil dan Pembahasan

Aktivasi dengan HCl berfungsi mengikat zat pengotor yang terdapat di serbuk limbah kulit pinang, dimana pengotor tersebut tersubstitusi dengan hidrogen pada asam. Hal ini terjadi karena serbuk limbah kulit pinang mempunyai gugus aktif yang melepaskan ion H^+ [22] [23].

Parameter yang sangat penting untuk kemampuan limbah kulit pinang untuk menyerap logam adalah pH atau potensial hidrogen. Proses ion logam dan ion hidrogen bersaing untuk mendapatkan sisi aktif pada permukaan biosorben berhubungan dengan besarnya konsentrasi ion Hidrogen [24]. Dalam penelitian ini, limbah kulit buah pinang digunakan untuk menilai bagaimana kondisi pH larutan mempengaruhi biosorpsi ion logam Cu^{2+} . Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui pH penyerapan logam Cu(II) yang sesuai untuk digunakan dalam proses pengolahan air secara kimia. Data hasil penelitian pH optimum ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 3.1 Hasil Penentuan pH

No.	pH	Absorbansi (A)	Konsentrasi (ppm)	% penyisihan
1.	3	1,869	4,035190813	0,543143486
2.	5	2,097	4,52744523	0,543143486
3.	7	1,969	4,251091873	0,518699584
4.	9	1,98	4,274840989	0,516010755
5.	10	1,778	3,838720848	0,565387436
6.	sampel	4,091	8,832512367	



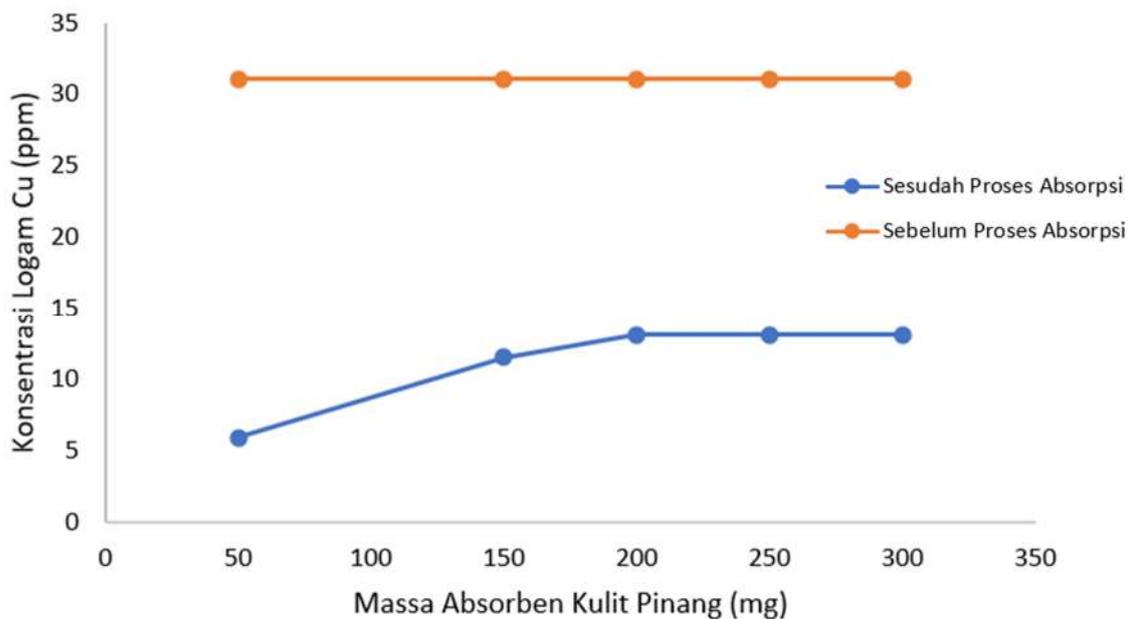
Gambar 3.1 Grafik Penentuan pH Absorben Optimum

Dari gambar 1 diatas menunjukkan bahwa semua variasi mengalami penurunan konesentrasi pada proses absorpsi. Penurunan terbesar terjadi pada pH 3-5 dan penurunan terjadi pada pH 6-8. Studi menunjukkan bahwa pH 5 adalah kondisi terbaik untuk absorpsi logam tembaga (Cu). Ini disebabkan oleh fakta bahwa pH 5 kandungan ion hidrogen pada larutan sangat sedikit hal ini menyebabkan gugus fungsi aktif dapat dengan mudah berikatan dengan logam. Namun, nilai absorbansinya berubah-ubah pada pH 3-9 karena Cu yang terikat pada gugus aktifnya memiliki sifat amophoter. Oleh karena itu, hanya Cu yang terikat pada gugus aktif yang dapat dibaca oleh Spektrofotometer UV-Vis, sedangkan Cu yang terikat dengan senyawa

pengompleksnya, NH_4OH , yang membentuk $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, dapat dibaca. Oleh karena itu, nilai absorbansinya berubah-ubah karena Spektrofotometer UV-Vis berdasarkan pengukuran intensitas warna.

Untuk percobaan pada variasi pH larutan, diperoleh dari 10 gram aktivasi dan variasi pH larutan untuk percobaan ini adalah 3,5,7,9, dan 10 gram sebagai kontrol. Untuk mengetahui apakah pengendapan terjadi selama pengadukan, sampel kontrol diatur ke pH 8, tanpa menambah adsorben.

Menurut hasil analisis data di tabel 1, pH yang ideal untuk penelitian ini adalah pH 10. Oleh karena itu, kondisi operasional pH ideal pada proses absorpsi logam Cu(II) yaitu pH 10. Persentase adsorpsi turun pada pH 3, 5, 7 dan 9. Penyerapan semua ion logam pada pH asam. Ini disebabkan oleh fakta bahwa pada pH yang lebih rendah disebabkan gugus fungsi aktif penyerap logam Cu(II) yang ditemukan pada adsorben yang telah terprotonasi. Permukaan adsorben bermuatan positif dalam suasana asam, tolakan antara permukaan adsorben dan ion logam menyebabkan adsorben yang lebih rendah. Ini disebabkan oleh fakta bahwa pada pH 10, Cu^{2+} bereaksi dengan air membentuk lebih banyak $\text{Cu}(\text{OH})^+$. $\text{Cu}(\text{OH})^+$ memiliki kemampuan berikatan dengan senyawa aktif yang lebih tinggi daripada Cu^{2+} . Akibatnya, $\text{Cu}(\text{OH})^+$ yang terikat sulit terurai ke bentuk semula membentuk OH^- dan $\text{Cu}(\text{OH})^+$ yang menyebabkan proses biosorpsi tidak optimal. Proses ini terjadi karena pada pH tinggi menyebabkan kelarutan ion logam menurun [21]. Namun, pada pH yang ideal, yaitu pH=10, ion logam memiliki muatan positif dan kelarutan yang cukup tinggi, memungkinkan zat tersebut untuk membentuk ikatan kimia bersama gugus aktif pada kulit pinang yang bermuatan negatif. Tujuan penentuan massa biosorben yang ideal ini adalah untuk menentukan massa biosorben yang ideal untuk limbah kulit pinang dalam proses biosorpsi ion logam Cu(II) [3]. Pada gambar 2 semakin tinggi jumlah biosorben yang dipakai maka daya serap biosorbent juga semakin besar. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa semakin tinggi massa biosorben yang dipakai, maka semakin tinggi juga gugus aktif yang bisa menyerap logam tersebut. Dengan demikian, penyerapan logam Cu(II) akan mencapai titik terendah pada massa 0,45 gram.



Gambar 3.2 Grafik Penentuan Penyerapan Massa Adsorben Optimum

Gambar 2 menunjukkan data bahwa jika massa biosorben melampaui kondisi idealnya, proses biosorpsi akan mengalami penurunan efisiensi seiring dengan penambahan massa absorben. Ini karena, selain ketidakjenuhan pada sisi aktif biosorben, jumlah biosorben yang melebihi berat ideal juga dapat mengurangi efisiensi biosorpsi [25]. Sehingga dapat disimpulkan massa limbah kulit pinang yang ideal untuk biosorpsi logam Cu(II) adalah 0,05 gram.

Tabel 3.2 Hasil uji variasi massa

No.	Massa (mg)	Absorbansi (A)	Konsentrasi (ppm)	% penyisihan
1.	50	0,523	5,855123675	0,811554646
2.	150	1,319	11,48056537	0,630501535
3.	200	1,547	13,09187279	0,578642102
4.	250	1,547	13,09187279	0,578642102
5.	300	1,547	13,09187279	0,578642102
6.	sampel	4,091	31,07067138	

Pembentukan kompleks maupun mekanisme pertukaran ion dapat memungkinkan interaksi ini terjadi. Pada kulit pinang, ion logam Cu(II) dibiosorpsi melalui mekanisme serah terima ion. Dalam mekanisme ini, gugus fungsi hidroksil pada kulit pinang akan menyerap ion logam Cu(II) [26]. Proses penyerapan ion logam Cu(II) juga terjadi secara fisik selain melalui mekanisme penyerapan kimiawi. Biosorben yang memiliki luas permukaan serta pori-pori yang luas dapat berikatan dengan logam Cu(II). Ikatan yang terbentuk ini membuat ion logam Cu(II) terabsorpsi pada limbah kulit pinang.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi massa 50 mg, 150 mg, 200 mg, 250 mg, dan 300 mg diperoleh dengan kondisi optimum pada massa 50 mg dengan persentase penyerapan 81,15% dan variasi pH yang digunakan 3, 5, 7, 9, dan 10 diperoleh pH optimum pada pH 8 dengan persentase penyerapan 56,54%. Oleh karena itu, limbah kulit pinang berpotensi sebagai absorben logam Cu(II). Dengan persentase penyerapan yang tinggi maka dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya berupa prototype pengelolaan limbah logam Cu(II).

Referensi

- [1] La Ka Ibo and Nur Arifa, 2021, "Ethnomedicine Of Medicinal Plants Used By Tribal Community In Kaliki Village, Merauke - Papua. Al-Kaunyah," *J. Bioligu*, vol. 14, no. 1, pp. 90-100.
- [2] Syahwa Aurelita, "Ethnomedicine Of Medicinal Plants Used By Tribal Community In Kaliki Village, Merauke - Papua. Al-Kaunyah," *Econusa*.
- [3] La Utami and La Lazulva, 2017, "Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Pinang (*Areca chatecu L.*) Sebagai Biosorben untuk Mengolah Logam Berat Pb (II)," *Al-Kimia*, vol. 5, no. 2, pp. 109-118.
- [4] W. R. Tamiogy, A. Kardisa, H. Hisbullah, and S. Aprilia, 2019, "pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang sebagai bahan baku pembuatan bioplastik," *J. Rekayasa Kim. Lingkungan.*, vol. 14, no. 1, pp. 63-71, doi: 10.23955/rkl.v14i1.11517.

- [5] Jeff Sires, 2017, "A review of potential zinc and copper pollution sources in the kenai river watershed. Kenai Watershed Forum," in *Environmental Scientist Kenai Watershed Forum*, Alaska: Department of Environmental Conservation, USA.
- [6] Y. Roza, L. M. Jurusan, M. Sumber, D. Perairan, F. Kelautan, and D. Perikanan, 2019 "Analisis Kandungan Cd, Cu Dan Pb Pada Air Permukaan Dan Sedimen Permukaan Di Muara-Muara Sungai Kota Padang," *J. Akuatika Indones.*, vol. 4, no. 1.
- [7] Muhammad Ishar Difinubun, Ainul Alim Rahman, and Sipriana S. Tumembouw, 2023, "Pengaruh padat tebar yang berbeda terhadap tingkat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan ikan lele (*Clarias gariepinus*)," *Budid. Perair.*, vol. 11, no. 2, pp. 161-174.
- [8] R. Kuswariyah, B. Sitorus, A. Jurusan Kimia, F. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, and U. Tanjungpura, "Mikroselulosa dari Serat Kulit Pinang sebagai Bahan Pengisi pada Bioplastik Microcellulose from Betel Husk Fiber as Filler in Bioplastic."
- [9] A. A. Rahman and M. I. Difinubun, 2023 "Pengaruh pH Terhadap Kemampuan Absorben Daun Matoa Menyerap Logam Fe (III)," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 3, pp. 1110-1117, doi: 10.33379/gtech.v7i3.2706.
- [10] A. Setiawan *et al.*, 2019, "Biosorpsi Logam Berat Cu(Ii) menggunakan Limbah *Saccharomyces Cerevisiae*."
- [11] Ainul Alim Rahman and Firmanullah Fadlil, 2022, "Pemanfaatan Mikroalga *Spirulina Plantesis* Sebagai Bahan Tambahan pada Roti Yang Ramah Lingkungan," *J. Agit.*, vol. 2, no. 2, pp. 1-5.
- [12] C. Belviso, 2020, "Zeolite for potential toxic metal uptake from contaminated soil: A brief review," *Processes*, vol. 8, no. 7. doi: 10.3390/pr8070820.
- [13] W. Budianta, N. D. Andriyani, A. Ardiana, and ..., 2020, "Adsorption of lead and cadmium from aqueous solution by Gunungkidul zeolitic tuff, Indonesia," *Environ. earth ...*, doi: 10.1007/s12665-020-08917-4.
- [14] A. Azimi, 2023, "Design Investigation of a Broadband Polarization Rotator Using SIW Technology with T-Shaped Slots." Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi: 10.36227/techrxiv.22828967.
- [15] I. Purnamasari, L. Trisnaliani, and J. Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Jl Sriwijaya Negara Bukit Besar, 2017, "Pengaruh Derajat Keasaman Dan Waktu Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar Logam (Fe Dan Mn) Menggunakan Adsorben Zeolit Dalam Air Sungai Enim Di Desa Darmo Tanjung Enim (*The Effect of pH and Adsorption Time in Fe and Mn Concentration Decreasing using Zeolite in Sungai Enim River at Desa Darmo Tanjung Enim*),".
- [16] Q. Zhang, S. Gao, and J. Yu, 2022, "Metal sites in zeolites: synthesis, characterization, and catalysis," *Chem. Rev.*, doi: 10.1021/acs.chemrev.2c00315.
- [17] T. Belova, 2019, "Adsorption of heavy metal ions (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} and Fe^{2+}) from aqueous solutions by natural zeolite," *Heliyon*, vol. 5, no. 9, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02320.
- [18] M. Hong, 2019, "Heavy metal adsorption with zeolites: The role of hierarchical pore architecture," *Chem. Eng. J.*, vol. 359, pp. 363-372, doi: 10.1016/j.cej.2018.11.087.
- [19] A. Rathi, 2019, "Adsorptive removal of fipronil from its aqueous solution by

modified zeolite HZSM-5: Equilibrium, kinetic and thermodynamic study," *J. Mol. Liq.*, vol. 283, pp. 867-878, doi: 10.1016/j.molliq.2019.02.140.

[20] A. A. Rahman and M. I. Dfinubun, 2023, "Pengaruh pH Terhadap Kemampuan Absorben Daun Matoa Menyerap Logam Fe (III)," *G-Tech J. Teknol. ...*, [Online]. Available: <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/2706>

[21] A. I. Abdillah, 2014, *Pengaruh pH, Waktu Kontak, dan Konsentrasi pada Absorpsi Ion Logam Cd²⁺ Menggunakan Absorben Kitin Terikat Silang Glutaraldehid*. repository.ub.ac.id, [Online]. Available: <http://repository.ub.ac.id/154002/>

[22] B. Salsabila, E. Nasra, H. Hardeli, I. Dewata, and ..., 2023, "Pengaruh pH dan Konsentrasi pada Penyerapan Ion Logam Cu (II) Menggunakan Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*)," *Periodic*, [Online]. Available: <https://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia/article/view/117510>

[23] M. Amalia, 2023, *Penentuan Massa, Ph Dan Waktu Kontak Optimum Dari Proses Adsorpsi Ion Logam Cu (Ii) Oleh Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta)*, repository.untad.ac.id. [Online]. Available: <https://repository.untad.ac.id/10357/>

[24] K. P. Candra, K. Kasma, I. Ismail, M. Marwati, W. Murdianto, and Y. Yuliani, 2019, "Optimization Method for Bioethanol Production from Giant Cassava (<i>Manihot esculenta</i> var. Gajah) Originated from East Kalimantan," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 19, no. 1. Universitas Gadjah Mada, p. 176. doi: 10.22146/ijc.31141.

[25] I. A. Lestari, "Analisis Konsentrasi Do, Ph, Logam Berat (Cu, Cd, Pb, dan Hg), No₂, Nh₃, Fospat Dan Kekерuhan Perairan Danau Beratan Untuk Budidaya Perikanan," repository.uinjkt.ac.id, [Online]. Available: [https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/12482/1/Indah Anggraini Lestari_102096026543_FST v.pdf](https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/12482/1/Indah%20Anggraini%20Lestari_102096026543_FST%20v.pdf)

[26] N. Angraini, T. E. Agustina, and F. Hadiah, 2022, "Pengaruh pH dalam Pengolahan Air Limbah Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd," *Journal Ilmu Lingkungan*. researchgate.net. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Tuty-Emilia-Agustina/publication/358010883_Pengaruh_pH_dalam_Pengolahan_Air_Limbah_Laboratorium_Dengan_Metode_Adsorpsi_untuk_Penurunan_Kadar_Logam_Berat_Pb_Cu_dan_Cd/links/627fae04973bbb29cc7e6717/