

Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Ion Logam Pb²⁺ Menggunakan Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*)

Deva Indriyani¹, Edi Nasra^{*2}, Budhi Oktavia³, Hesty Parbuntari⁴, Desy Kurniawati⁵

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Jln Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

*edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstract — This research study was to determine the optimum conditions for the absorption of Pb²⁺ metal ions using the matoa fruit peel (*Pometia pinnata*) using the batch method with variations in pH, concentration, particle size, contact time and stirring speed. The results of the study showed that the optimum conditions for the absorption of Pb²⁺ occurred at pH 5, a concentration of 300 ppm with an absorption capacity of 34.015 mg/g. Pb²⁺ metal adsorption isotherm with matoa skin biosorbent (*Pometia pinnata*) tends to follow the Freundlich isotherm equation with a determinant coefficient (R) of 1.

Keywords : Biosorption, ion Pb²⁺, Matoa (*Pometia pinnata*), Batch method

I. PENDAHULUAN

Saat ini pencemaran lingkungan bukan satu-satunya perhatian dalam komunitas ilmiah. Sebagian besar populasi manusia terpapar logam berat melalui makanan, air, udara atau penyerapan pada kulit. Pencemaran logam berat ternyata menjadi salah satu masalah lingkungan yang paling parah karena kecenderungan bioakumulasi dalam ekosistem [1].

Logam berat telah mendapat banyak perhatian karena potensi risikonya terhadap kesehatan dan lingkungan. Timbal merupakan salah satu dari tiga logam yang paling berbahaya, terakumulasi dalam tubuh menyebabkan kerusakan parah pada sistem saraf pusat, ginjal, sumsum tulang dan hati. Sumber utama timbal dalam air adalah limbah industri pengolahan yaitu elektroplating, cat, pigmen, pekerjaan baja dasar, industri tekstil, finishing logam dan baterai listrik [2]. Menurut World Health Organization (WHO) tentang baku mutu limbah Pb(II) dalam air sebesar 0,1 mg/L dan menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) No 02 tahun 1988 sebesar 0,05-1 mg/L [3].

Permasalahan perairan yang terkontaminasi logam berat telah menjadi masalah serius. Berbagai metode telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut seperti koagulasi-flokulasi, ekstraksi cair-cair, pertukaran ion dan perlakuan elektrokimia, telah digunakan untuk memisahkan timbal dari larutan berair. Namun dari berbagai metode tadi memiliki kelemahan dari teknik tersebut termasuk biaya operasi yang tinggi, memakan waktu, kesulitan dalam scaling up dan menghasilkan sejumlah besar lumpur beracun [4]. Salah satu metode untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan metode biosorpsi.

Biosorpsi didefinisikan sebagai penghilangan logam berat dengan memanfaatkan berbagai bahan alam [5]. Biosorpsi memiliki banyak manfaat sebagai proses alternatif untuk metode tradisional dan penghilangan logam berat dari air yang terkontaminasi. Berbagai jenis biomaterial berinteraksi secara efektif dengan logam beracun. Seiring dengan keunggulan tersebut, berbagai gugus fungsi seperti hidroksil, karboksil, karbonil, amina dalam biosorben memiliki afinitas tinggi untuk membentuk kompleks logam [6].

Matoa (*Pometia pinnata*) termasuk ke dalam famili Sapindaceae. Buah matoa memiliki rasa yang khas serta disukai masyarakat, hal tersebut banyak masyarakat mengkonsumsinya. Tanaman matoa biasa dimanfaatkan dalam bidang industri kayu pada bagian batangnya dan dikonsumsi sebagai makanan serta obat tradisional pada bagian daun, buah, serta bijinya [7]. Dalam kulit buah matoa diketahui mengandung senyawa kimia berupa saponin, tannin, dan flavonoid [8]. Limbah dari tanaman dapat dijadikan bahan dalam proses pengolahan dalam jumlah besar hampir tanpa biaya. Hal ini merupakan salah satu pemilihan biosorben alternatif yang akan digunakan sebagai biosorben yang efektif seperti kulit buah, kulit pohon, kulit kacang tanah dan menanam tanaman (tembakau dan jaringan akar tomat) digunakan untuk menghilangkan ion logam yang tercemar [9]. Dalam penelitian sebelumnya telah dikembangkan beberapa jenis biosorben untuk mengadsorpsi logam berat, salah satunya adalah pada daun matoa. Daun matoa mengandung flavonoid, tannin dan saponin yang mana akan memanfaatkan selulosa. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam yaitu gugus karboksil dan hidroksil [10]. Menurut [11] kulit buah matoa

mengandung selulosa yang tinggi yaitu sekitar 50% yang digunakan dalam proses pembuatan kertas.

Kulit buah matoa digunakan sebagai biosorben dikarenakan matoa memiliki khasiat sebagai antioksidan serta mengandung senyawa kimia yang belum banyak dimanfaatkan. Pemanfaatan kulit matoa dapat mengurangi volume limbah dari kulit matoa sendiri, dapat dimanfaatkan dalam penyerapan ion logam berat yang ada di perairan dan juga dapat menggunakan inovasi baru untuk menjadikan limbah kulit matoa yang bernilai ekonomis. Oleh sebab itu, perlu penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan kulit matoa sebagai penyerapan logam Pb(II) dalam perairan. Dalam penelitian ini menggunakan instrument seperti FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada kulit matoa, dan AAS untuk mengetahui konsentrasi penyerapan ion logam Pb²⁺ terhadap kulit matoa. Hasil yang akan diperoleh dapat digunakan untuk kemampuan kulit matoa dalam menyerap ion logam Pb(II) dengan metode biosorpsi.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Peralatan gelas piala, gelas ukur, batang pengaduk, labu ukur, pipet takar, corong, lumpang dan alu, botol semprot, pH meter (Hanna Instruments HI 2211/ORP Meter), neraca analitik, kertas saring, ayakan mikro, shaker, oven. Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi adalah instrument FTIR (*perkin Elmer universal ATR Sampling Accessorg 735 B*) dan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

B. Bahan

Kulit matoa (*Pometia pinnata*), aquades, HNO₃, dan NaOH

C. Preparasi Sampel

Kulit matoa (*Pometia pinnata*) dibersihkan, lalu dipotong dan dicuci dengan air kemudian dijemur. Selanjutnya, di oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Kulit matoa dihaluskan dengan lumpang dan alu, dan diayak menggunakan ayakan ukuran 180 μm, 212 μm, 250 μm, dan 355 μm. Selanjutnya, sebanyak 10 gram diaktivasi dengan 50 ml NaOH 0,1 M sambil di-shaker selama 2 jam, kemudian dicuci dengan aquades hingga netral dan dikering anginkan. Karakterisasi dengan instrumen FTIR[12].

D. Perlakuan dengan metode batch

1. Pengaruh pH

Sebanyak 25 mL Larutan Pb²⁺ pada konsentrasi 100 ppm divariasikan pH 2, 3, 4, 5, dan 6 dengan penambahan larutan HNO₃ 0.1 M dan NaOH 0.1 M. Kemudian masing-masing larutan dikontakkan dengan 0,2 gram kulit matoa pada ukuran partikel 180 μm menggunakan metode batch. Larutan di-shaker dengan kecepatan 200 rpm selama 30 menit. Selanjutnya, larutan disaring dan ditampung filtratnya setelah itu filtrat yang dihasilkan diukur konsentrasi logam Pb²⁺ yang terserap menggunakan spektrofotometer serapan atom hingga didapat pH optimum[13].

2. Pengaruh konsentrasi

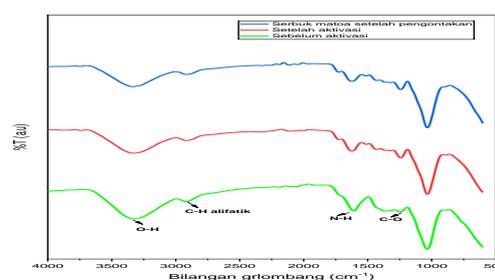
Larutan Pb²⁺ sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 100, 150, 200, 250, 300, dan 350 ppm disiapkan pada kondisi pH optimum, lalu larutan dikontakkan dengan biosorben sebanyak 0,2 gram dengan ukuran partikel 180 μm menggunakan metode *batch* [14]. Larutan di-shaker dengan kecepatan 200 rpm selama 30 menit. Selanjutnya, larutan disaring dan ditampung filtratnya setelah itu filtrat yang dihasilkan diukur konsentrasi logam Pb²⁺ yang terserap menggunakan spektrofotometer serapan atom hingga didapat konsentrasi optimum

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Fourier Transform Infrared Spectroscopy

Karakterisasi FTIR dilakukan bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*). Sampel dalam penelitian ini diidentifikasi dalam interval bilangan gelombang 600-4000 cm⁻¹.

Pengujian pertama dilakukan terhadap sampel kulit matoa (*Pometia pinnata*) sebelum aktivasi, setelah aktivasi dan setelah dikontakkan dengan logam Pb²⁺. Pengujian FTIR terhadap kulit matoa (*Pometia pinnata*) sebelum aktivasi untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*). Kemudian pengujian biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*) setelah aktivasi untuk melihat adanya perubahan struktur dari kulit matoa (*Pometia pinnata*). Selanjutnya pengujian biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*) setelah dikontakkan dengan logam Pb²⁺ untuk mengetahui gugus fungsi yang mengikat logam Pb²⁺ dan mengetahui terjadinya proses biosorpsi berdasarkan pergeseran bilangan gelombang [15]. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR Kulit matoa sebelum aktivasi, kulit matoa setelah diaktivasi dan kulit matoa setelah dikontakkan

Gambar 1 menunjukkan spektrum FTIR yang dihasilkan dari kulit matoa (*Pometia pinnata*) sebelum aktivasi terdapat gugus hidroksil (-OH) yang ditunjukkan pada daerah serapan 3333,78 cm⁻¹ dengan %T 78,06 dari daerah serapan ini sesuai dengan rentang gugus hidroksil antara 3600-3200 cm⁻¹. Selanjutnya daerah 2918,53 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi (C-H) alifatik dengan %T sebesar 91,70 yang menunjukkan gugus fungsi C-H alifatik yaitu 3000-2850 cm⁻¹[16]. Kemudian serapan pada daerah 1608,45 cm⁻¹ yang menunjukkan rantai karbon alkena (C=C) dengan % T 84,36 dengan rentang bilangan gelombang yaitu 1680-1600 cm⁻¹. Pada daerah 1246,19 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi alkohol/eter (C-O) dengan

%T 83,62 sesuai dengan rentang bilangan gelombang alkohol/eter yaitu 1300-1000 cm^{-1} [16].

Pengujian kedua melakukan aktivasi pada kulit matoa (*Pometia pinnata*), dimana dalam tahap ini aktivasi mempengaruhi perubahan pada gugus fungsi sehingga menyebabkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang. Pada biosorben kulit matoa yang telah diaktivasi menggunakan NaOH, terjadi pergeseran gugus hidroksil (O-H) menjadi 3332,98 cm^{-1} dengan %T 85,87. Kemudian pada rantai karbon alkena (C=C) menjadi 1623,16 cm^{-1} dengan %T 87,12. Pada gugus fungsi alkohol atau eter (C-O) juga mengalami pergeseran menjadi 1242,91 cm^{-1} dengan %T 83,13.

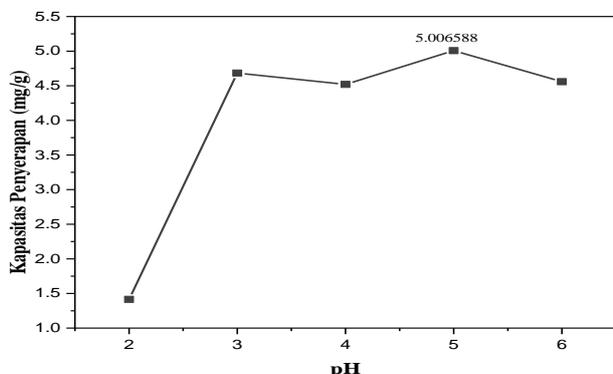
Pengujian ketiga pada biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*) yang telah diaktivasi dilakukan pengontakan dengan timbal (Pb^{2+}) juga mengalami pergeseran bilangan gelombang. Pengontakan dengan Pb^{2+} terjadi pergeseran gugus hidroksil (O-H) menjadi 3335,66 dengan %T 88,17. Kemudian pada rantai karbon alkena (C=C) terjadi pergeseran menjadi 1623,57 dengan %T 91,35. Pada gugus fungsi alkohol/eter (C-O) juga mengalami pergeseran bilangan gelombang menjadi 1242,37 dengan %T 86,47.

Hubungan % transmitan berbanding terbalik dengan serapan, jika % transmitan besar maka serapan akan kecil[17]. Serapan terjadi pada gugus fungsi sebelum aktivasi, setelah aktivasi dan setelah dikontakan dengan ion logam Pb^{2+} mengalami penurunan serapan. Hal ini menyebabkan % transmitan semakin meningkat. Pergeseran bilangan gelombang juga terjadi karena adanya interaksi antara ion logam Pb^{2+} dengan gugus aktif yang terdapat pada biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*).

D. Perlakuan metode batch

1. Pengaruh pH

Salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi biosorpsi ion logam adalah pH larutan. Penentuan pH optimum merupakan salah satu parameter penting dalam proses biosorpsi yang mempengaruhi ion logam dalam larutan. Parameter ini secara langsung berkaitan dengan kemampuan ion hidrogen untuk bersaing dengan ion logam untuk situs aktif pada permukaan bioadsorben [18]. Pengaruh pH larutan dapat dilihat dari gambar 2.

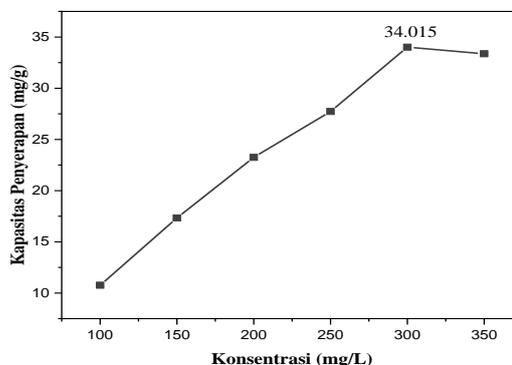


Gambar 2. Pengaruh variasi pH terhadap kapasitas penyerapan logam Pb^{2+} menggunakan kulit matoa (*Pometia pinnata*) sebagai biosorben

Berdasarkan gambar 2 tersebut pH optimum penyerapan logam Pb^{2+} terdapat pada pH 5 dengan kapasitas penyerapan sebesar 5,0065875 mg/g. Pada pH 2-5 mengalami kemampuan penyerapan yang meningkat. Hal ini dikarenakan pada pH rendah, permukaan biosorben akan dikelilingi oleh H^+ , sehingga permukaan tersebut bermuatan positif dan kondisi ini menyebabkan adanya gaya tolak menolak antara ion logam dengan biosorben dan logam yang terserap sedikit. Dengan meningkatnya pH maka konsentrasi ion hidrogen akan menurun, sehingga permukaan biosorben menjadi bermuatan negatif dan interaksi antara ion logam dengan biosorben menghasilkan kapasitas adsorpsi yang tinggi[19][20]. Selanjutnya pH 5-6 mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena terjadi pengendapan. Ini terjadi karena Pb^{2+} membentuk $\text{Pb}(\text{OH})_2$ yang sulit teradsorpsi oleh gugus hidroksil pada biosorben. Menurut (Sulistiyawati, 2008) bahwa pH tinggi dapat menyebabkan reaksi antara ion dan $-\text{OH}$, sehingga membentuk endapan. Endapan ini dapat menghalangi proses adsorpsi yang berlangsung [21]. Menurut penelitian [19] diperoleh juga pH optimum 5 dari penyerapan logam ion logam Pb^{2+} dari larutan beair dengan menggunakan biosorben cangkang lengkeng (*euphoria logan lour*) dengan metode batch.

2. Pengaruh konsentrasi

Konsentrasi larutan merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengetahui kapasitas serapan optimum dari biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*) dalam menyerap logam Pb^{2+} . Tujuan penentuan konsentrasi optimum adalah untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi biosorbat optimum yang dapat diserap oleh biosorben. Semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin besar efisiensi penyerapannya, hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasinya, maka tumbukan antar molekul akan meningkatkan molekul untuk masuk ke dalam pori biosorben[22]. Variasi Konsentrasi logam Pb^{2+} dimulai dari 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm dan 350 ppm dalam kondisi optimum pada pH 5 dengan waktu 30 menit. Pengaruh variasi konsentrasi larutan logam Pb^{2+} dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 3. Pengaruh variasi konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan logam Pb^{2+} menggunakan kulit matoa (*Pometia pinnata*) sebagai biosorben

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa kapasitas serapan biosorpsi logam Pb^{2+} mengalami peningkatan seiring dengan

bertambahnya konsentrasi logam Pb^{2+} yang digunakan. Ketika konsentrasi 100 sampai 300 ppm mengalami kenaikan dalam menyerap logam Pb^{2+} . Kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi 300 ppm dengan kapasitas serapan sebesar 34,015 mg/g. Semakin cepat laju adsorpsi, semakin besar konsentrasi biosorbat. Namun, itu akan menjadi stabil dalam kondisi tertentu karena telah mencapai titik jenuh, menghasilkan proses kesetimbangan [23]. Saat sisi aktif pada biosorben sudah jenuh, maka akan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi pada konsentrasi 350 ppm. Menurut penelitian [24] mendapatkan hasil dengan konsentrasi optimum pada 280 ppm menggunakan karbon aktif kulit durian pada penyerapan logam Pb^{2+} .

Kesetimbangan merupakan cara yang sangat penting untuk memprediksi mekanisme adsorpsi dari berbagai sistem adsorpsi, biasanya perbandingan antara diserap dan yang tersisa dalam larutan pada suhu yang tetap dalam kesetimbangan [25].

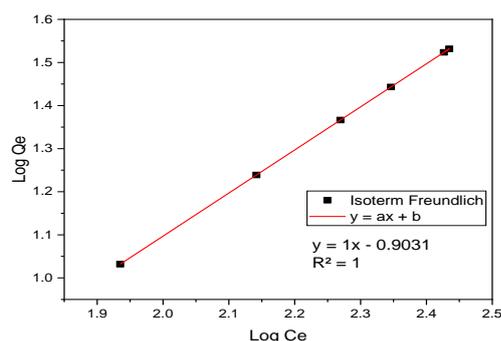
a. Isoterm Langmuir

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{qmKI} + \frac{1}{qm} C_e$$

b. Isoterm Freundlich

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \text{Log } C_e$$

Isoterm adsorpsi yang merupakan persamaan yang menjelaskan hubungan antara jumlah zat terlarut (Pb^{2+}) yang teradsorpsi dan konsentrasi zat terlarut yang di adsorpsi oleh kulit matoa (*Pometia pinnata*). Isoterm adsorpsi bertujuan untuk menggambarkan interaksi antara adsorbat dengan adsorben yang mencapai kesetimbangan dengan isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich [26]. Berikut kurva isotherm freundlich dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva isotherm Freundlich

Gambar 4 menunjukkan kurva permodelan kesetimbangan cenderung mengikuti persamaan Freundlich, karena diperoleh mendekati angka 1 dengan nilai koefisien determinan R^2 sebesar 1. Adsorpsi ion logam Pb^{2+} terjadi secara fisisorpsi dengan adsorpsi multilayer yang meningkatnya permukaan situs aktif kulit matoa (*Pometia pinnata*) dan terjadi pada permukaan adsorben heterogen [27].

KESIMPULAN

Kondisi optimum biosorpsi ion logam Pb^{2+} menggunakan biosorben kulit matoa (*Pometia pinnata*) adalah pada pH 5 dan konsentrasi optimum 300 ppm dengan kapasitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} sebesar 34,015 mg/g (Gambar 3). Kesetimbangan isotherm adsorpsi cenderung mengikuti model isotherm Freundlich dengan $R^2 = 1$ untuk Ion logam Pb^{2+} (Gambar 4).

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas lancarnya pelaksanaan penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing atas saran, masukan dan bimbingan serta telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini. Terimakasih juga saya sampaikan Bapak/Ibu tenaga akademik maupun non akademik Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] J. Ahammad, S. Sumithra, And S. Subha, "Equilibrium And Kinetic Studies For The Biosorption Of Cd (Ii) In Aqueous Solution Onto Almond Gum," *Artic. Int. J. Chem. Sci.*, Vol. 15, No. 3, P. 161, 2017, [Online]. Available: [Www.Tsjournals.Com](http://www.tsjournals.com).
- [2] P. Dhevagi, K. A. Shenwari, And A. Subramanian, "Irrigation And Livestock - Nangarhar Canal Project Afghanistan Application Of Response Surface Methodology For The Biosorption Of Lead By Banana Peel Application Of Response Surface Methodology For The Biosorption Of Lead By Banana Peel," No. July 2021, 2019.
- [3] L. Ifa, F. R. Pakala, R. W. Burhan, F. Jaya, And R. A. Majid, "Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Berat Pb (Ii) Pada," *J. Chem. Process Eng.*, Vol. 5, No. 2655, Pp. 1–7, 2020.
- [4] W. Jaihan, V. Mohdee, S. Sanongraj, U. Pancharoen, And K. Nootong, "Biosorption Of Lead (Ii) From Aqueous Solution Using Cellulose-Based Bio-Adsorbents Prepared From Unripe Papaya (Carica Papaya) Peel Waste: Removal Efficiency, Thermodynamics, Kinetics And Isotherm Analysis," *Arab. J. Chem.*, Vol. 15, No. 7, P. 103883, 2022, Doi: 10.1016/J.Arabjc.2022.103883.
- [5] N. Wang *Et Al.*, "Comparative Studies On Pb(Ii) Biosorption With Three Spongy Microbe-Based Biosorbents: High Performance, Selectivity And Application," *J. Hazard. Mater.*, Vol. 373, No. Ii, Pp. 39–49, 2019, Doi: 10.1016/J.Jhazmat.2019.03.056.
- [6] E. Nasra, D. Kurniawati, And Bahrizal, "Biosorption Of Cadmium And Copper Ions From Aqueous Solution Using Banana (Musa Paradisiaca) Shell As Low-Cost Biosorbent," *Int. Conf. Chem. Eng. Agroindustry*, Pp. 33–36, 2017.
- [7] S. Hajar, W. Rahmah, E. M. Putri, S. S. Ressaydy, And H. Hamzah, "Potensi Ekstrak Buah Matoa (Pometia Pinnata) Sebagai Sumber Antioksidan : Literatur Review Potential Of Matoa Fruit Extract (Pometia Pinnata) As Antioxidant," *J. Farm. Sains Dan Prakt.*, Vol. 7, No. 1, Pp. 59–66, 2021.
- [8] M. S. Pakaya, J. A. Kai, And W. Z. Uno, "Potensi Ekstrak Etanol Kulit Buah Matoa (Pometia Pinnata J . R Forst & G . Forst)," Vol. 3, No. 2, Pp. 76–83, 2021.
- [9] S. Shartoo And S. A. K. Al-Hiyaly, "Evaluation Biosorption And Recovery Of Zn , Cr And Ni Ions From Industrial Wastewater Using Beads Of Banana Peel Powder Constrained By Calcium Evaluation Biosorption And Recovery Of Zn , Cr And Ni Ions From Industrial Wastewater Using Beads Of Banana Peel," Vol. 37, No. January, Pp. 24–28, 2019.
- [10] R. Trihardhini, "Pemanfaatan Daun Matoa (Pometia Pinnata) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Dalam Air Menggunakan Aktivator Asam Sitrat (C6h8o7)," *Dr. Diss. Uii*, Pp. 5–20, 2016.
- [11] H. Kurniawan, C. H. Garchia, A. Ayucitra, And Antaresti, "Pemanfaatan Kulit Buah Matoa Sebagai Kertas Serat Campuran Melalui Proses Pretreatment Dengan Bantuan Gelombang Mikro Dan Ultrasonik," *Ilm. Widya Tek.*, Vol. 16, No. 1, Pp. 1–10, 2017.

- [12] P. Indah Kumala Dewi, P. Suarya, And J. Sibarani, "Adsorpsi Ion Logam Pb²⁺ Dan Cu²⁺ Oleh Bentonit Teraktivasi Basa (Naoh)," *J. Kim.*, Vol. 9, No. 2, Pp. 235–242, 2015, Doi: 10.24843/Jchem.2015.V09.I02.P14.
- [13] R. Silvia, "Optimasi Penyerapan Zat Warna Malachite Green Menggunakan Kulit Pisang Kepok (Musa Balbisiana Colla) Sebagai Biosorben," *Padang*, Vol. 9, No. 2, Pp. 1–66, 2020.
- [14] M. Daviya, N. Fauzi, E. Nasra, A. Amran, And M. Khair, "Pengaruh Ph Dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (Musa Balbisiana Colla)," Vol. 10, No. 2, Pp. 51–55, 2021.
- [15] H. Irawati, N. H. Aprilita, And E. Sugiharto, "Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta)," *Bimipa*, Vol. 25, No. 1, Pp. 17–31, 2018.
- [16] M. Negroui *Et Al.*, "Novel Adsorbent Based On Banana Peel Waste For Removal Of Heavy Metal Ions From Synthetic Solutions," *Materials (Basel)*, Vol. 14, No. 14, 2021, Doi: 10.3390/Ma14143946.
- [17] D. Martina, R. Hastuti, And D. S. Widodo, "Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (Zea Mays) Dengan Polivinil Alkohol (Pva) Untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb²⁺)," *J. Kim. Sains Dan Apl.*, Vol. 19, No. 3, Pp. 77–82, 2016, Doi: 10.14710/Jksa.19.3.77-82.
- [18] L. Utami And L. Lazulva, "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, 2017, Doi: 10.24252/Al-Kimia.V5i2.3524.
- [19] D. Kurniawati, Puja, Bahrizal, E. Nasra, And S. Salmariza, "Reduction Of Lead (Ii) From Aqueous Solution By Biosorbent Derivated From Lengkeng (Euphoria Logan Lour) Shell With Batch Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, Vol. 1317, No. 1, 2019, Doi: 10.1088/1742-6596/1317/1/012026.
- [20] Mawardi, Z. Nazulis, And D. Kurniawati, "Kajian Proses Biosorpsi Timbal (Ii) Oleh Biomassa Alga Spirogyra," *Researchgate*, Vol. 16, No. December, Pp. 114–118, 2015.
- [21] Rubiana Sihotang, "Pengaruh Larutan Aktivator, Waktu Kontak Dan Ph Larutan Dalam Pembuatan Biosorben Kulit Buah Aren (Arenga Pinnata) Untuk Adsorpsi Timbal Dalam Limbah Cair Tekstil," *J. Phys. A Math. Theor.*, Vol. 44, No. 8, Pp. 1689–1699, 2021, Doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201.
- [22] E. Nasra, R. Sari, S. B. Etika, D. Kurniawati, And T. K. Sari, "Optimization Of Phenol Absorption Using Banana Peel (Musa Balbisiana Colla) As Biosorbent," Vol. 10, No. Icobiose 2019, Pp. 238–243, 2020, Doi: 10.2991/Absr.K.200807.048.
- [23] M. S. Dewi, E. Budi, And E. Susilaningih, "Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Raja Untuk Menurunkan Kadar Ion Pb(Ii)," *Indones. J. Chem. Sci.*, Vol. 4, No. 3, 2015.
- [24] D. Lestari, "Adsorpsi Logam Berat Pb (Ii) Dengan Adsorben Karbon Aktif Kulit Durian Oleh ;," No. Ii, 2021.
- [25] M. A. Al-Ghouti And D. A. Da'ana, "Guidelines For The Use And Interpretation Of Adsorption Isotherm Models: A Review," *J. Hazard. Mater.*, Vol. 393, P. 122383, 2020, Doi: 10.1016/J.Jhazmat.2020.122383.
- [26] M. Zamani Beidokhti, S. T. (Omid) Naeeni, And M. S. Abdighahroudi, "Biosorption Of Nickel (Ii) From Aqueous Solutions Onto Pistachio Hull Waste As A Low-Cost Biosorbent," *Civ. Eng. J.*, Vol. 5, No. 2, P. 447, 2019, Doi: 10.28991/Cej-2019-03091259.
- [27] F. Silva, L. Nascimento, M. Brito, K. Da Silva, W. Paschoal, And R. Fujiyama, "Biosorption Of Methylene Blue Dye Using Natural Biosorbents Made From Weeds," *Materials (Basel)*, Vol. 12, No. 15, Pp. 1–16, 2019, Doi: 10.3390/Ma12152486.