

Pengaruh Jenis Aktivator Terhadap Penyerapan Ion Logam Pb^{2+} Oleh Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*)

Geita Yulyan Firel¹, Edi Nasra^{*2}, Indang Dewata³, Umar Kalmar Nizar⁴

^{1,2,3,4}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— the effect of activation types on the biosorption of Pb^{2+} metal ions by matoa peel (*Pometia pinnata*) has been done. The purpose of this study was focused on the effect of the type of activator on the biosorption of Pb^{2+} metal ions by the matoa peel (*Pometia pinnata*) with chemical activation to determine the technical and condition of the activator according to the matoa peel which can be used as a Pb^{2+} ion biosorbent. The method used is the batch method. The variables in this study are variation in the type of activator namely HCl, NaOH and KCl which will be characterized using the FTIR and AAS. The results showed that 0.1 M HCl was the best activator for matoa peel which gave a more optimal effect on the absorption of Pb^{2+} in the water, which was indicated by a decrease in %T of functional groups -OH, -CH and C-O which played an important role in the biosorption process and based on AAS results showed that the highest Pb^{2+} biosorption capacity compared to other activators was 0.6462 mg/g with a % biosorption of 80.6239%.

Keywords — matoa peel, activator, biosorption, Pb^{2+}

I. PENDAHULUAN

Logam timbal termasuk logam berat karena memiliki massa jenis sekurang-kurangnya lima kali massa jenis air. Massa jenis timbal adalah 11,34 g/cm³. Logam timbal dilepaskan dari cat, pabrik pipa logam, baterai, pertambangan, industri elektroplating, dll. Logam timbal persisten di alam, tidak dapat terurai secara hayati, dan memberikan toksisitas pada berbagai ekosistem flora dan fauna [1]. Selain itu dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh logam timbal bagi kesehatan manusia adalah menghambat sintesis hemoglobin dan memperpendek umur sel darah merah sehingga menyebabkan anemia, anak yang terpapar logam timbal akan mengalami degradasi kecerdasan atau idiot, pada orang dewasa mengurangi kesuburan, bahkan menyebabkan kemandulan atau keguguran pada wanita hamil [1].

Dalam upaya mengatasi dampak negative yang ditimbulkan akibat logam berat, banyak jenis bahan alam yang digunakan sebagai biosorben salah satunya matoa (*Pometia pinnata*). *Pometia pinnata* atau disebut matoa merupakan tanaman khas dari Papua Barat, berasal dari spesies *Sapindaceae*, merupakan keluarga yang sama dengan leci dan lengkeng. Tanaman *Pometia pinnata* digunakan untuk berbagai keperluan. Rasa Matoa adalah campuran kelengkeng, rambutan dan durian, memiliki cita rasa sangat manis dan berair, dan akan memiliki aroma durian yang kuat ketika dimakan dalam keadaan sangat matang [2].

Secara kimiawi, saponin, leucoanthocyanidins dan tannin diketahui ada di kulit kayu buah matoa, sedangkan pada daun diketahui memiliki aktivitas antimikroba. Penelitian tentang kulit batang dan daun *Pometia pinnata* mengungkapkan

adanya saponin, senyawa fenolik yang menunjukkan aktivitas antioksidan dan antijamur, Ekstrak etanol daun *Pometia pinnata* menunjukkan efek antijamur terhadap beberapa patogen jamur beras seperti *Bipolaris setariae*, *Curvularia oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Sclerotium rolfsii* [2], kulit buah matoa memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi karena kandungan senyawa fenoliknya [3]. Menurut [4] kulit buah matoa mengandung selulosa yang tinggi yaitu sekitar 50 % yang dapat digunakan dalam proses pembuatan kertas.

Tanaman matoa biasa dimanfaatkan dalam bidang industri kayu untuk bagian batangnya dan dikonsumsi sebagai makanan serta obat tradisional pada bagian daun, buah, serta bijinya. Benihnya bisa dikonsumsi setelah dipanggang, kayunya digunakan untuk industri kayu. Beberapa bagian pohon telah digunakan secara tradisional oleh masyarakat seperti di Papua, Papua Nugini dan Fiji untuk penggunaan obat. Warga Manokwari di Papua telah menggunakan kulit pohon *Pometia pinnata* untuk mengobati luka, luka bakar dan lesu [3].

Dari semua kegunaan ini, penggunaan kulit buah matoa sendiri belum banyak dimanfaatkan, biasanya hanya menjadi limbah dan dibuang begitu saja serta masih sedikit penelitian dan informasi terkait pemanfaatan kulit buah matoa yang belum banyak diketahui salah satunya terkait pemanfaatannya sebagai biosorben. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Pengaruh jenis aktivator yang terbaik untuk kulit buah matoa sebagai biosorben, yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal termasuk dalam penyerapan ion logam Pb^{2+} dalam perairan.

Tuntutan utama untuk memilih biosorben yang sesuai adalah biaya, ketersediaan biosorben, kemampuan adsorpsi,

regenerasi kinetik dan faktor termodinamika. Eksplorasi untuk biosorben baru terfokus pada biomaterial karena ketersediaannya yang tinggi. ramah lingkungan, layak secara ekonomi dan diperoleh dari bahan mampu. Umumnya, biosorben terdiri dari protein, polisakarida, selulosa dan lignin yang mengandung berbagai fungsi gugus ion seperti fosfat, karboksil, sulfat, fenolik dan gugus amino yang bertanggung jawab untuk adsorpsi polutan[5].

Banyak penelitian sebelumnya mengenai biosorpsi yang menjadikan limbah pertanian menjadi bahan dasar biosorben karena diketahui limbah pertanian tersebut memenuhi persyaratan dalam menjadi biosorben seperti menggunakan kulit pisang kepok (*Musa balbisiana Colla*) sebagai biosorben dalam menyerap warna rhodamin B[6], ion logam seperti Cu (II), Cd (II), Zink (II)[7], kulit lengkung [8], kulit telur [9], kulit udang [10] dan terus berkembang.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari penelitian ini difokuskan pada pengaruh jenis aktivator terhadap penyerapan in logam Pb^{2+} oleh kulit buah matoa *Pometia pinnata* sebagai biosorben. Proses karakterisasi kulit buah matoa menggunakan instrument seperti FTIR dan AAS pada permukaan kulit matoa, yang mana dengan hasilnya nanti dapat digunakan untuk mengkonfirmasi kemampuan kulit buah matoa dalam mekanisme biosorpsi.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Peralatan gelas, pipet ukur, pipet gondok, kertas saring, lumpang dan alu, blender, cawan penguap, oven, spatula, bola hisap, botol semprot, ayakan 180 mesh, neraca analitik (ABS220-4), shaker, FTIR (perkin Elmer universal ATR Sampling Accessorg 735 B), AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

B. Bahan

Kulit matoa (*Pometia pinnata*), aquades, HCl, NaOH dan KCl

C. Preparasi dan Aktivasi Kulit Buah Matoa

1. Preparasi sampel

Kulit buah matoa dikumpulkan sebanyak 250 gram, dibersihkan dari sisa kotoran kemudian dipotong lalu dikeringkan dibawah sinar matahari sampai benar benar kering, lalu disimpan pada suhu ruang.

Kulit buah matoa yang sudah dikeringkan dengan sinar matahari di oven pada suhu 50-60°C selama 3 hari hingga didapat berat konstan, Kulit buah matoa (*Pometia pinnata*), tadi dihaluskan dengan diblender, dan diayak menggunakan ayakan ukuran 180 μm , karakterisasi dengan menggunakan FTIR [7].

2. Aktivasi kulit buah matoa

Sebanyak 10 gram biosorben diaktivasi dengan 100 mL aktivator asam HNO_3 , basa NaOH dan garam KCl 0,1 M selama 2 jam sambil di-shaker, setelah itu dicuci dengan aquades hingga netral dan dikering anginkan. Kemudian

biosorben yang sudah kering dikarakterisasi dengan FTIR [8].

3. Mencari kapasitas penyerapan ion logam (Pb^{2+})

0,2 gram kulit matoa teraktivasi HNO_3 , NaOH, dan KCl dikontakkan dengan ion Pb^{2+} 10 ppm sebanyak 25 mL dengan pH 5 kemudian di shaker selama 30 menit dengan kecepatan 200 rpm, kemudian disaring dan di uji dengan SSA sehingga diperoleh jenis aktivator optimum [11].

Kapasitas penyerapan ion logam timbal dan persen efektifitas penyerapan oleh serbuk kulit matoa dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$q = (C_0 - C_f) / m \times V$$
$$Ef(\%) = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100$$
[12]

Dimana:

q = jumlah ion logam yang tersearap(mg/g)
 C_0 = konsentrasi awal ion logam(mg/L)
 C_f = konsentrasi logam akhir(mg/L)
V = volume larutan logam yang digunakan(L)
m = berat biosorben (g)

[13]

D. Karakterisasi

Gugus fungsi pada biosorben kulit matoa dengan jenis aktivator optimum dilihat dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR, Nicolet 5700, USA) dan untuk menguji kapasitas penyerapannya digunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan preparasi sampel kulit buah matoa. Kulit buah matoa yang sudah kering dan dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan 150 mesh, hal ini bertujuan agar kulit buah matoa yang digunakan sebagai biosorben mempunyai ukuran partikel yang homogen serta memiliki luas permukaan yang besar [14]. Semakin kecil ukuran partikel maka akan semakin besar luas permukaan padatan persatuan volume tertentu, sehingga kapasitas penyerapan juga akan semakin besar [1].

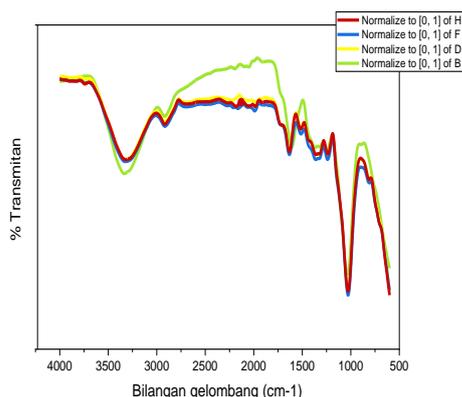
Selanjutnya dilakukan proses aktivasi dengan 3 jenis aktivator yaitu HCl, NaOH dan KCl. Proses aktivasi bertujuan untuk melarutkan tar dan mineral anorganik pada biosorben. Selain itu, aktivasi juga bertujuan untuk membuka situs-situs aktif permukaan serbuk kulit matoa, dengan begitu luas permukaan biosorben akan menjadi lebih besar sehingga kemampuan adsorpsi dari biosorben pun menjadi lebih meningkat [14]. Biosorben yang telah diaktivasi dikarakterisasi menggunakan FTIR.

A. Karakterisasi FTIR

FTIR adalah suatu teknik analisa untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang terdapat pada permukaan biosorben dan memberikan informasi mekanisme pengikatan antara

gugus fungsi yang terdapat pada biomassa dalam interaksi dengan ion logam [15]. Pada penelitian ini digunakan bilangan gelombang 4000-500 cm⁻¹.

Pengujian terhadap kulit buah matoa (*Pometia pinnata*) dilakukan sebelum sampel diaktivasi untuk melihat gugus fungsi yang terdapat pada kulit buah matoa (*Pometia pinnata*) dan sesudah diaktivasi dengan aktivator HCl, NaOH dan KCl untuk melihat perubahan struktur yang terjadi pada kulit buah matoa (*Pometia pinnata*) sesudah aktivasi dengan 3 jenis aktivator tersebut. Hasil FTIR dari ketiga aktivator dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 1 di bawah ini:



Gambar 1. Spektrum FTIR sebelum dan sesudah aktivasi

Keterangan:

Hijau : Spektrum sebelum diaktivasi

Kuning : Spektrum setelah diaktivasi dengan HCl

Biru : Spektrum setelah diaktivasi dengan NaOH

Merah : Spektrum setelah diaktivasi dengan KCl

TABEL 1.
HUBUNGAN % TRANSMITAN DAN SERAPAN DARI SPEKTRUM FTIR KULIT BUAH MATOA (POMETIA PINNATA) DENGAN VARIASI JENIS AKTIVATOR

Ikatan	Keadaan	Bil gelombang (cm-1)	% Transmitan
O-H	Sebelum aktivasi	3333,78	78,06
	Setelah aktivasi dengan HCl	3328,49	83,4
	Setelah aktivasi dengan NaOH	3323,88	83,07
	Setelah aktivasi dengan KCl	3322,65	85,84
C-H	Sebelum aktivasi	2918,53	91,7
	Setelah aktivasi dengan HCl	2915,51	90,88
	Setelah aktivasi dengan NaOH	2915,6	90,28
	Setelah aktivasi dengan KCl	2916,44	92,02
Amina	Sebelum aktivasi	1608,45	84,36

C=O	Setelah aktivasi dengan HCl	1633,05	85,29
	Setelah aktivasi dengan NaOH	1633,11	84,48
	Setelah aktivasi dengan KCl	1633,54	87,19
	Sebelum aktivasi	1246,19	83,62
	Setelah aktivasi dengan HCl	1237,02	83,63
	Setelah aktivasi dengan NaOH	1239,27	83,49
	Setelah aktivasi dengan KCl	1237,14	86,82

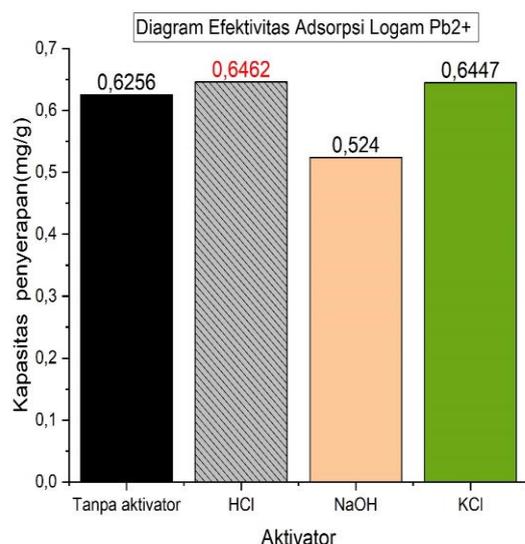
Berdasarkan gambar 1, Spektrum yang dihasilkan dari kulit buah matoa (*Pometia pinnata*) sebelum aktivasi ditunjukkan oleh garis berwarna hijau menunjukkan serapan pada daerah 3333,78 cm⁻¹ untuk gugus hidroksil (O-H) dengan %T 78,06 hal ini sesuai dengan teori bahwa selulosa dapat dianalisa berdasarkan serapan gugus -OH stretching yang muncul pada daerah serapan 3600 cm⁻¹ – 3300 cm⁻¹ [16]. pada daerah 2918,53 cm⁻¹ diduga terdapat gugus fungsi (C-H) alifatik dengan %T 91,70 sesuai dengan rentang untuk gugus fungsi C-H alifatik yaitu 2800-3000 cm⁻¹ [17], kemudian serapan yang tampak pada daerah 1608,45 cm⁻¹ menunjukkan gugus fungsi amina(N-H) dengan % T 84,36 sesuai dengan rentang panjang gelombang amina yaitu 1650 – 1560 dan pada daerah 1246,19 cm⁻¹ untuk gugus fungsi alkohol atau eter (C-O) dengan % T 83,62 sesuai dengan rentang panjang gelombang alcohol/eter yaitu 1300-1000 cm⁻¹ [18].

Kemudian, setelah dilakukan aktivasi dengan HCl, NaOH dan KCl. Proses Aktivasi dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada gugus-gugus fungsi sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan bilangan gelombang. Ketika proses aktivasi terjadi, senyawa ada yang terurai sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan bilangan gelombang. Selain itu juga terjadinya vibrasi yang menyebabkan terjadinya perubahan ikatan [19]

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa serbuk kulit buah matoa mengandung gugus-gugus fungsi yang berperan penting dalam proses penyerapan, seperti hidroksil, amina, karbonil dan lain sebagainya. Berdasarkan teori gugus fungsi – OH, –CH dan C-O merupakan gugus utama dari selulosa yang mana gugus-gugus fungsi tersebut sangat berperan penting dalam proses biosorpsi [20]. Hasil dari % T juga menunjukkan bahwa serbuk kulit buah matoa yang diaktivasi dengan HCl menunjukkan nilai % T yang kecil sehingga memiliki penyerapan yang lebih baik, Hubungan antara absorbansi dan % transmitan dapat digambarkan dengan persamaan A=log 1/T, dimana Absorbansi berbanding terbalik dengan dengan transmitan, semakin kecil transmitan maka serapan yang terjadi akan semakin besar[1].

B. Kapasitas Penyerapan Ion Logam (Pb²⁺)

Berdasarkan persamaan pada [9] hasil efektivitas adsorpsi logam Pb²⁺ dengan tiga Jenis aktivator dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Efektivitas Adsorpsi Logam Pb²⁺ pada Variasi Jenis Aktivator

Berdasarkan gambar, serbuk kulit matoa yang diaktivasi dengan asam HCl memiliki kapasitas penyerapan paling tinggi yaitu 0,6462 mg/g dengan % serapan sebesar 80,6239 %. Hal ini sesuai dengan pernyataan Adinata, pada penelitiannya menunjukkan bahwa aktivator asam memiliki peningkatan kemampuan adsorpsi yang lebih tampak, jika dibandingkan dengan basa dan garam [21]. Menurut teori, asam memiliki kemampuan lebih mudah untuk melarutkan zat-zat pengotor yang bersifat basa pada biosorben sehingga dapat membentuk garam-garam mineral anorganik, selain itu asam juga akan memberikan efek sinergis yang berfungsi sebagai aktivator [22]. Hasil ini juga mendukung data FTIR bahwa ternyata serbuk kulit buah matoa yang diaktivasi dengan asam memiliki kapasitas penyerapan lebih baik dibandingkan dengan basa ataupun garam.

IV. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan HCl 0,1 M sebagai aktivator merupakan pilihan terbaik untuk kulit buah matoa (*Pometia pinnata*) sebagai biosorben dalam penyerapan ion logam Pb²⁺ ditandai dengan penurunan %T gugus fungsi -OH, -CH dan C-O yang berperan penting dalam proses biosorpsi dan diperkuat berdasarkan hasil AAS memiliki kapasitas penyerapan paling tinggi yaitu sebesar 0,6462 mg/g dengan % serapan sebesar 80,6239 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas lancarnya pelaksanaan penelitian ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan serta telah memberikan kesempatan untuk melakukan riset 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] 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.
- [2] F. C. Faustina and F. Santoso, "Ekstraksi Dan Pengamatan Aktivitas Antioksidan Dan Antimikroba Dari Kulit Buah *Pometia Pinnata*," *J. Penelit. Pascapanen Pertan.*, vol. 11, no. 2, p. 80, 2017, doi: 10.21082/jpasca.v11n2.2014.80-88.
- [3] S. Hajar, W. Rahmah, E. M. Putri, S. S. Ressandy, and H. Hamzah, "Jurnal Farmasi Sains dan Praktis POTENSI EKSTRAK BUAH MATOA (*POMETIA PINNATA*) SEBAGAI SUMBER ANTIOKSIDAN : LITERATUR REVIEW POTENTIAL OF MATOA FRUIT EXTRACT (*POMETIA PINNATA*) AS ANTIOXIDANT SOURCE," vol. 7, no. 1, pp. 59–66, 2021.
- [4] 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.
- [5] G. Yashni, A. Al-Gheethi, R. M. S. R. Mohamed, V. Abirama Shanmugan, and J. Abu Bakar, "Characterization of *Coriandrum sativum* leaves as a sustainable green biosorbent," *Mater. Today Proc.*, vol. 47, no. xxxx, pp. 1345–1349, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.829.
- [6] S. B. Etika and E. Nasra, "Utilization of C-Cinnamal Calix[4] Resorcinarane as Adsorbent for Methanil Yellow," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1788, no. 1, pp. 234–237, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1788/1/012012.
- [7] 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.
- [8] I. D. Puja, Desy Kurniawati, Edi Nasra, . Bahrizal, Umar Kalmar Nizar, "Effect of Biosorbent Particle Size on Biosorption of Lead (II) from Lengkeng Seeds and Shell (*Euphoria logan Lour*)," pp. 244–248, 2019.
- [9] E. R. Haqiqi, "Studi Awal Kemampuan Adsorpsi Komposit Kulit Telur Ayam dengan Sekam Padi sebagai Adsorben Metil Orange," *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 1, no. 1, p. 15, 2018, doi: 10.25273/cheesa.v1i1.2623.
- [10] 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.
- [11] Mawardi, Z. Nazulis, and D. Kurniawati, "Kajian Proses Biosorpsi Timbal (II) Oleh Biomassa Alga *Spirogyra*," *Researchgate*, vol. 16, no. December, pp. 114–118, 2015.
- [12] E. W. Ibnu Hajar, R. S. Sitorus, N. Mulianingtias, and F. J. Welan, "EFEKTIVITAS ADSORPSI LOGAM Pb²⁺ DAN Cd²⁺ MENGGUNAKAN MEDIA ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM," *Konversi*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.20527/k.v5i1.4771.
- [13] M. Villen-Guzman, D. Gutierrez-Pinilla, C. Gomez-Lahoz, C. Vereda-Alonso, J. M. Rodriguez-Maroto, and B. Arhoun, "Optimization of Ni (II) biosorption from aqueous solution on modified lemon peel," *Environ. Res.*, vol. 179, no. II, p. 108849, 2019, doi: 10.1016/j.envres.2019.108849.
- [14] G. F. Kartika, I. Itnawita, T. A. Hanifah, S. Anita, N. O. M. Dewi, and S. Absus, "Pengaruh Aktivator Terhadap Kemampuan Bubuk Biji Alpukat (*Persea americana* Mill) dalam Menjerap Ion Timbal (II)," *Chim. Nat. Acta*, vol. 5, no. 1, p. 9, 2017, doi: 10.24198/cna.v5.n1.12814.
- [15] D. Yollanda, E. Nasra, D. K. I. Dewata, and U. K. Nizar, "Pengaruh Ion Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺ dan Cr³⁺ terhadap Penyerapan Logam Pb²⁺ Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L)," *Menara Ilmu*, vol. XIII, no. 2, pp. 171–177, 2019, [Online]. Available: http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/menara ilmu/article/viewFile/1220/1072.
- [16] N. R. Nurjannah, T. Sudiarti, and L. Rahmidar, "Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi sebagai Biokomposit Hidrogel," *al-Kimiya*, vol. 7, no. 1, pp. 19–27, 2020, doi: 10.15575/ak.v7i1.6490.

- [17] M. Abdillah, N. R. K. Nazilah, and E. Agustina, "IDENTIFIKASI SENYAWA AKTIF DALAM EKSTRAK METANOL DAGING BUAH KURMA JENIS AJWA (Phoenix dactylvera L .) Dosen / Program Studi Biologi UIN Sunan Ampel Abdillah et al , Identifikasi Senyawa Aktif Abdillah et al , Identifikasi Senyawa Aktif," no. April, pp. 69–74, 2017.
- [18] Y. D. I. Siregar, R. Heryanto, A. Riyadhi, T. H. Lestari, and Nurlela, "Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan," *J. Kim. Val.*, vol. 1, no. 2, pp. 103–116, 2015.
- [19] V. S. Munagapati, V. Yarramuthi, Y. Kim, K. M. Lee, and D. S. Kim, "Removal of anionic dyes (Reactive Black 5 and Congo Red) from aqueous solutions using Banana Peel Powder as an adsorbent," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 148, no. October 2017, pp. 601–607, 2018, doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.10.075.
- [20] M. Andriani, N. Nahrowi, A. Jayanegara, R. Mutia, and T. M. Syahniar, "Antioxidant Quality of Phytochemical Compounds and Chemical Characteristics of Dried Matoa (Pometia Pinnata) Peels," *J. Vet.*, vol. 21, no. 4, pp. 604–610, 2020, doi: 10.19087/jveteriner.2020.21.4.604.
- [21] Wardalia, "Karakterisasi Pembuatan Adsorben Dari Sekam Padi Sebagai Pengadsorp Logam Timbal Pada Limbah Cair," *J. Integr. Proses*, vol. 6, no. 2, pp. 83–88, 2016.
- [22] H. Alfiany and S. Bahri, "Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam," *J. Nat. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 75–86, 2013.