

Pengaruh Massa Adsorben Pada Biosorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Selulosa Dari Kulit Durian (*Durio zibethinus* L.)

Roza Herlina¹, Edi Nasra^{2*}, Rahadian Zainul³, Trisna Kumala Sari⁴

^{1,2,3,4}Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang – Sumatera Barat - Indonesia

[*edinasra@fmipaunp.ac.id](mailto:edinasra@fmipaunp.ac.id)

Abstract — The metal ion Cr(VI) is a very toxic substance with high solubility so that it can cause pollution to the environment. If the concentration of metal ions Cr(VI) exceeds the limit of 0.5 mg/L can damage ecosystems, the environment, poison living organisms and humans, then a method is needed to overcome the pollution caused by chromium waste. Biosorption is an effective and efficient method. The purpose of this study was to determine the optimum conditions for the absorption and absorption capacity of Cr(VI) metal ions. metal ion Cr(VI) with dihenylcarbazine and H₂SO₄ will form a purple complex reaction. The maximum wavelength of Cr(VI) ion absorption was obtained at 543 nm. These results obtained optimum absorption conditions at an adsorbent mass of 0.2 grams with an absorption capacity of 8.8964 mg/g.

Keywords — Biosorption, Metal Cr(VI), Durian Peel, Batch Method, Spectrophotometer Visible

I. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah yang mengandung logam berat merupakan salah satu masalah yang sangat serius [1]. Limbah yang sangat berbahaya dan bersifat racun biasanya adalah limbah yang mengandung unsur kimia yang berbahaya baik dalam bentuk ion, unsur maupun persenyawaan. Di dalam perairan senyawa-senyawa kimia yang berbahaya bagi makhluk hidup merupakan senyawa yang mengandung bahan aktif yang terdapat pada logam-logam berat. Daya racun yang terkandung didalam logam berat beracun aktif dapat menghalangi kerja enzim didalam tubuh pada proses metabolisme atau fisiologis dan jika terjadi akumulasi maka akan menyebabkan penyakit yang serius [2].

Ada beberapa logam berat seperti (Cu, Ni, Pb, Hg, Cd, Zn, dan Cr) logam kromium dianggap sebagai salah satu logam berbahaya yang sangat membahayakan kesehatan makhluk hidup [3]. Logam Cr di lingkungan akuatik terutama dalam bentuk Cr(III) trivalen dan Cr(VI) heksavalen, logam ini berasal dari hasil pembuangan kegiatan industri seperti industri pabrik cat, pabrik tekstil, pabrik tinta, pelapisan krom, penyamakan kulit dan penghilangan minyak. Cr(III) didalam perairan relatif kurang larut [4] sedangkan Cr(VI) merupakan suatu zat dengan memiliki kelarutan yang sangat tinggi di dalam perairan yang menyebabkan kanker dan mutase [5] dan dapat dengan sangat mudah melintasi membran sel, sekitar 100 kali lebih beracun dari pada logam Cr(III), sehingga

menyebabkan efek yang sangat serius pada organisme [4]. Sebagian besar logam Cr(VI) dapat menyebabkan kanker paru-paru. Logam ini telah dilaporkan menjadi racun bagi makhluk hidup serta diketahui bersifat karsinogenik. Konsentrasinya di dalam air limbah berkisar antara 0,5-270.000 mg/L sedangkan batas kandungan yang diizinkan didalam tubuh adalah 0,05 mg/L [6].

Beberapa metode telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan kadar ion logam berat didalam limbah cair, metode tersebut diantaranya adalah dengan cara biosorpsi, koagulasi, elektrolisis, elektrokoagulasi, presipitasi, pertukaran ion, pemisahan membran, oksidasi kimia, dan metode lainnya [7]. Namun, metode selain biosorpsi memiliki kelemahan yaitu seperti biaya operasi yang tinggi, reagen dan kebutuhan energi yang tinggi, kinerja efisiensi yang rendah, terutama bila digunakan pada konsentrasi ion logam yang sangat kecil [1]. Metode biosorpsi merupakan suatu teknik sederhana dan efisien yang menggunakan bahan alam tertentu untuk menyerap ion logam dalam perairan melalui pemisahan dua fase padat-cair [8], dengan metode ini berbagai macam jenis biomaterial yang digunakan akan berinteraksi secara efektif dengan ion logam berat yang beracun, biomaterial yang digunakan memiliki berbagai gugus fungsi yang terdapat seperti gugus hidroksil, karbonil dan amina yang memiliki afinitas tinggi untuk membentuk suatu kompleks pada logam [9]. Penggunaan bahan organik sebagai adsorben bisa menjadi salah satu alternatif dalam melakukan pengolahan limbah logam berat [10].

Bahan alam yang digunakan pada pengolahan limbah yang mengandung logam Cr(VI) seperti karbon aktif kulit durian [11], kulit pisang kepok [12], alga hijau [13], kulit kopi terxanthasi [14], biji trembesi [15] dan kulit salak [16]. Pada penelitian ini penulis memilih biosorben selulosa dari kulit durian. Meluasnya produksi tanaman durian di Indonesia pada tahun 2020 mencapai sekitar 1.000.000 ton/pertahun [17]. Kulit durian dapat digunakan karena memiliki persentase lebih besar dari bagian lain yaitu sebesar 60% – 70% yang sangat disayangkan jika dibuang begitu saja, kulit durian juga memiliki beberapa kandungan yang dapat menyerap logam berat seperti bahan organik selulosa bergugus hidroksil, karbonil dan amina.

Massa adsorben sangat berpengaruh terhadap penyerapan ion logam karena massa adsorben akan mempengaruhi peningkatan penyerapan yang sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan biosorben. Luas permukaan merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan kapasitas penyerapan [3] maka dari itu perlu dikaji pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas penyerapan.

Dari permasalahan yang telah diuraikan diatas maka dari itu penulis ingin mengkaji biosorpsi dengan menggunakan biosorben kulit durian yang diaktivasi menggunakan NaOH dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan biosorben kulit durian dalam menyerap ion logam Cr(VI) melalui kondisi optimum (massa adsorben) dengan metode batch.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Pada penelitian ini di butuhkan alat yaitu gelas kimia, gelas ukur, corong, botol semprot, pH meter, spatula, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, pipet mikro, batang pengaduk, oven, Erlenmeyer, kertas saring, aluminium foil, desikator, blender, ayakan (180 μm), magnetic stirrer (MR *Hei Standart*), neraca analitik (ABS 220-4), shaker (VRN-480), FTIR (*Perkin Elmer*) dan Spektrofotometer visible (*Spectronic Genesys 20*).

B. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit durian, HNO₃ 0,1 M, HNO₃ 0,5 M, K₂Cr₂O₇, H₂SO₄, Diphenyl Carbazide, HNO₃ 65%, NaOH 0,1 M, NaOH 0,5 M dan aquades.

C. Prosedur Penelitian

1. Preparasi Biosorben

Sampel kulit durian yang telah dibersihkan dengan air dikeringkan dibawah sinar matahari lalu di oven dan didinginkan di dalam desikator selama 15 menit, biomaterial kering selanjutnya diblender sehingga menjadi serbuk [18] Kulit durian yang telah menjadi serbuk disaring dengan saringan berukuran 180 μm kemudian di uji dengan menggunakan instrument FTIR [19].

2. Perlakuan Penelitian dengan Metode Batch

a. Mencari Panjang Gelombang maksimum Penyerapan Kromium

Larutan induk kromium 100 ppm di encerkan kedalam labu ukur 50 mL, ditambah 1 mL diphenylcarbazine 0,5% dan 3 tetes H₂SO₄ dan ditambah aquades sampai tanda batas, homogenkan. Dilakukan pengujian nilai absorbansi dengan rentang Panjang gelombang 535-550 nm dengan spektrofotometer Visibel. Panjang gelombang yang menghasilkan nilai absorbansi paling tinggi merupakan Panjang gelombang maksimum pada logam Cr (VI).

b. Preparasi Larutan Standar Logam Cr(VI) untuk Kurva Standar

Pembuatan larutan standar untuk kurva standar di lakukan dengan larutan kromium berkonsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 dan 1,2 ppm. masing-masing dimasukkan kedalam labu ukur 50 ml dengan penambahan 1 mL diphenyl carbazine, 3 tetes H₂SO₄ dan ditambah aquades hingga tanda batas dan di homogenkan. Diuji dengan spektrofotometer visible dengan λ maks [11].

c. Pengaruh Variasi Massa Adsorben

Menyiapkan biosorben kulit durian sebanyak 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 dan 0,7 gram dan kemudian masing-masing biosorben dikontakkan dengan larutan Cr⁶⁺ sebanyak 25 mL dengan pH 1, konsentrasi 150 ppm, kecepatan pengadukan 200 rpm dan waktu kontak 30 menit, setelah itu disaring dan filtratnya di tampung. Filtrat yang telah di dapat kemudian di pipet sebanyak 1 mL dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL, selanjutnya kedalam labu ukur yang sama di masukkan sebanyak 1 mL diphenylcarbazine dan 3 tetes H₂SO₄ lalu di tambah aquades hingga tanda batas [11].

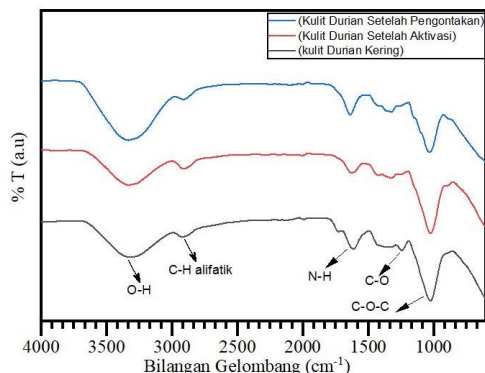
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi FTIR

Karakterisasi FTIR pada penelitian dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada kulit durian (*Durio zibethinus* L.). Pada sampel kulit durian yang telah diaktivasi di uji untuk mengetahui adanya perubahan struktur yang terjadi pada kulit durian setelah di aktivasi menggunakan NaOH dan pada sampel kulit durian yang telah dikontakkan di uji untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang berperan dalam pengikatan ion logam Cr(VI). Berikut merupakan Tabel daerah serapan dan Gambar hasil spektrum pengujian FTIR [21].

TABEL 1.
DAERAH SERAPAN INFRA MERAH KULIT DURIAN

Gugus Fungsi	Daerah serapan (cm ⁻¹)		
	Sebelum di aktivasi	Sesudah di aktivasi	Sesudah di kontakkan
O-H	3328,16	3333,37	3337,14
C-H	2921,35	2915,29	2915,73
N-H	1614,79	1625,48	1639,23
C-O alkohol	1244,93	1324,21	1326,23
C-O-C	1026,00	1024,99	1032,07



Gambar 1. Spektrum Kulit Durian Sebelum dan Sesudah di Aktivasi serta Kulit Durian Sesudah di Kontakkan.

Pada kulit durian sebelum di aktivasi memperlihatkan adanya gugus hidroksil (O-H) yang teridentifikasi pada bilangan gelombang 3328,16 cm⁻¹ [20] dengan nilai transmittan 78,30% dan kemudian terdapat pergeseran gugus alkil (C-H) pada bilangan gelombang 2921,35 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 90,64%. Gugus amina (N-H) pada bilangan gelombang 1614,79 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 83,40%. Gugus karbonil (C-O alkohol) pada bilangan gelombang 1244,93 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 82,54% dan gugus eter (C-O-C) pada bilangan gelombang 1026,00 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 51,62%.

Pada kulit durian yang telah di aktivasi dapat di lihat pada Gambar 1 biosorben kulit durian yang telah melewati tahapan aktivasi menggunakan NaOH dapat mempengaruhi perubahan gugus fungsi yang menyebabkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang. Pada pergeseran bilangan gelombang terjadi perubahan yang tidak signifikan tetapi terjadi sedikit pergeseran pita serapan. Pada gugus hidroksil (O-H) terjadi pergeseran bilangan gelombang menjadi 3333,37 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 78,98%. Serapan pada gugus ini lebih kecil daripada gugus O-H pada kulit durian yang sebelum di aktivasi karena nilai transmittan (%T) lebih besar. Hubungan nilai transmittan berbanding terbalik dengan serapan, semakin besar nilai transmittan maka semakin kecil serapan. Hal ini menunjukkan bahwa telah terbuka pori-pori biosorben kulit durian setelah dilakukan aktivasi menggunakan NaOH. Selanjutnya gugus alkil (-CH) pada bilangan gelombang 2915,29 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 88,70%, gugus amina (N-H) pada bilangan gelombang 1625,48 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 86,40%. Gugus karbonil (C-O alkohol) pada bilangan gelombang 1324,21 cm⁻¹ dengan nilai transmittan

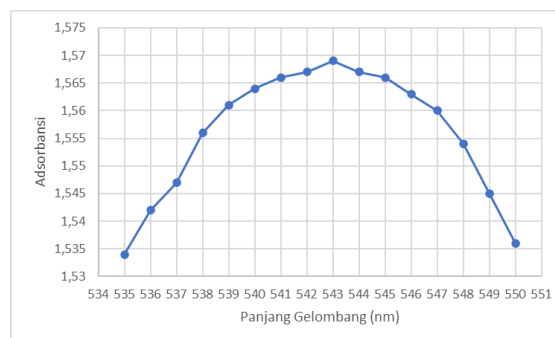
83,17% dan gugus eter (C-O-C) pada bilangan gelombang 1024,99 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 49,85%.

Pada Kulit Durian yang telah dikontakkan sampel kulit durian yang digunakan telah melewati beberapa tahap pengontakan dengan beberapa variabel. Pergeseran gugus hidroksil (O-H) menunjukkan vibrasi ulur terlihat pada bilangan gelombang 3337,14 dengan nilai transmittan 85,19%. Dari hasil yang telah di dapat terlihat bahwa nilai transmittan lebih besar dibandingkan kulit durian yang telah di aktivasi ini terjadi karena pori-pori telah digunakan dalam penyerapan ion logam Cr(VI) sehingga kapasitas untuk menyerap kembali menjadi sedikit [11] selanjutnya peregangan gugus alkil (-CH) terjadi pergeseran pita serapan yang terlihat pada bilangan gelombang 2915,73 dengan nilai transmittan 82,75%. Peregangan pada gugus amina (N-H) dengan bilangan gelombang 1639,23 dengan nilai transmittan 90,13%. Gugus karbonil (C-O alkohol) pada bilangan gelombang 1326,23 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 86,87% dan gugus eter (C-O-C) pada bilangan gelombang 1032,07 cm⁻¹ dengan nilai transmittan 33,58% [11].

Data hasil pengujian FTIR pada kulit durian setelah dilakukan pengontakan jika dibandingkan dengan hasil uji pada kulit durian sebelum dan sesudah aktivasi tidak terjadi perubahan dan pergeseran pita serapan yang signifikan. Menurunnya daya serapan disebabkan terjadinya proses penyerapan ion logam Cr(VI) oleh biosorben serbuk kulit durian secara optimal.

B. Mencari Panjang Gelombang dan Kurva Standar

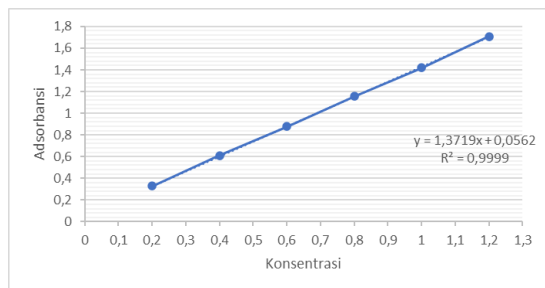
Sebelum melakukan pengujian terhadap sampel, panjang gelombang dan kurva standar perlu diketahui terlebih dahulu agar dapat mengetahui daerah serapan berupa nilai adsorbansi. Berdasarkan hasil uji menggunakan spektrofotometer visible dengan rentang panjang gelombang 535-550 nm di dapat hasil panjang gelombang seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. Panjang Gelombang Kromium

Berdasarkan pada Gambar 2 terlihat panjang gelombang kromium terletak pada panjang 543 nm. Menurut hukum Lambert-Beer jika konsentrasi larutan meningkat maka jumlah molekul yang dilewati seberkas sinar juga ikut meningkat. Hal itu juga berlaku pada kurva standar kalibrasi yang memperlihatkan besar adsorbansi dari larutan kromium di pengaruhi oleh konsentrasi dan diberikan dengan persamaan linear $Y = 1,3719x + 0,0562$ dengan nilai $R^2 = 0,9999$ sehingga dapat digunakan sebagai standar pada penentuan

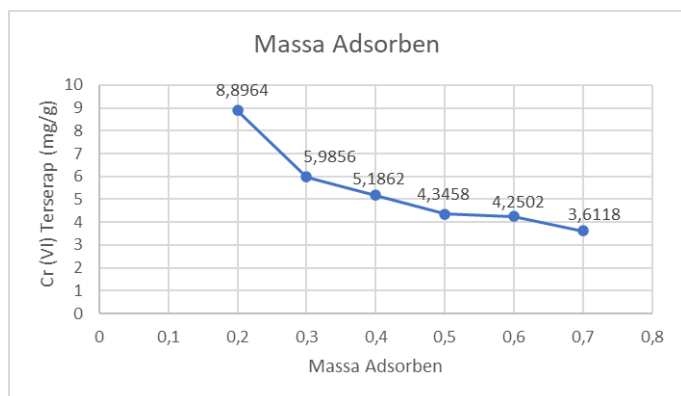
kondisi optimum kromium. Adapun kurva standar dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. Kurva Standar

C. Pengaruh Massa Adsorben

Pengaruh variasi massa adsorben dilakukan bertujuan untuk mengetahui berapa kapasitas penyerapan pada massa biosorben terhadap ion logam Cr(VI) yang terserap dan terbentuk secara optimal serta berada dalam keadaan yang stabil. Penentuan massa adsorben optimum ini dilakukan dengan variasi berat biosorben yaitu 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 dan 0,7 gram. Data hasil penentuan optimasi dengan variasi berat biosorben ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Variasi Massa Adsorben

Pada grafik diatas terlihat bahwa optimasi massa adsorben terdapat pada massa 0,2 gram, kemudian terjadi penurunan penyerapan massa adsorben dari 0,2 hingga 0,7 gram dengan kapasitas penyerapan masing-masing sebesar 8,8964 mg/g, 5,9856 mg/g, 5,1862 mg/g, 4,3458 mg/g, 4,2502 mg/g, dan 3,6118 mg/g.

Pada dasarnya berat adsorben akan mempengaruhi peningkatan penyerapan yang sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan sampel kulit durian [11].

Terjadinya penurunan penyerapan pada massa adsorben 0,2 gram sampai 0,7 gram karena ion logam Cr(VI) didalam larutan telah terserap sepenuhnya oleh gugus aktif yang menyebabkan gugus aktif yang terkandung didalam sampel mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat menerima lagi molekul-molekul dari luar. [15]. Selain itu, penurunan penyerapan juga terjadi karena adanya gumpalan-gumpalan pada biosorben kulit durian (*Durio zibethinus L.*) sehingga

mengakibatkan berkurangnya luas permukaan pada biosorben kulit durian [7].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum penyerapan ion logam Cr(VI) terhadap pengaruh pengontakan biosorben kulit durian dengan ion logam Cr(VI) dengan massa adsorben adalah 0,2 gram dengan kapasitas penyerapan maksimum sebesar 8,8964 mg/g.
2. Biosorben selulosa dari kulit durian (*Durio zibethinus L.*) dapat dimanfaatkan sebagai penyerapan logam berat berbahaya salah satunya adalah logam Cr(VI).

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas kelancaran terlaksananya penelitian ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu tenaga akademik dan non akademik serta seluruh analis Laboratorium Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas saran dan dukungannya.

REFERENSI

- [1] N. Blagojev, V. Vasic, D. Kukic, M. Sciban, J. Prodanovic, and O. Bera, "Modelling and efficiency evaluation of the continuous biosorption of Cu(II) and Cr(VI) from water by agricultural waste materials," *Journal of Environmental Management*, 2021, doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111876.
- [2] Y. B. Marlinawati & Alimuddin, "Pemanfaatan arang aktif dari kulit durian (*Durio zibethinus L.*) sebagai adsorben ion logam cadmium (II)," *Jurnal Kimia Mulawarman*, vol. 13, no. 1, 23-27, 2015.
- [3] N. K. Mondal, A. Samanta, S. Dutta, and S. Chatteraj, "Optimization of Cr(VI) biosorption onto *Aspergillus niger* using 3-level Box-Behnken design: Equilibrium, kinetic, thermodynamic and regeneration," *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, vol. 15, hal 151-160, 2017.
- [4] X. Yang, Z. Zhao, G. Zhang, S. Hirayama, B. V. Nguyen, Z. Lei, K. Shimizu, and Z. Zhang, "Insight into Cr(VI) biosorption onto alga-bacterial granular sludge: Cr(VI) bioreduction and its intracellular accumulation in addition to the effects of environmental factors," *Journal of Hazardous Materials*, 2021, doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125479.
- [5] B. Ren, Q. Zhang, X. Zhang, L. Zhao, and H. Li, "Biosorption of Cr(VI) from aqueous solution using dormant spores of *Aspergillus niger*," *Royal Society of Chemistry*, 8, 38157-38165, 2018.
- [6] E. Atagana & P. J. Oberholster, "Mathematical modeling and stimulation of thermodynamic paratameters for the removal for Cr⁶⁺ from wastewater using chitosan cross-linked flutalaraldehyde adsorbent," *Alexandria Engineering Journal*, 59, 1931-1939, 2020.
- [7] R. Adriansyah, E. N. Restiasih, and N. Meileza, "Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi," *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(2), 114-121, 2018.
- [8] Y. Li, Y. Wei, S. Huang, X. Liu, Z. Jin, M. Zhang, J. Qu, and Y. Jin, "Biosorption of Cr(VI) onto *Auricularia auricula dreg* biochar modified by cationic surfactant: Characteristics and mechanism," *Journal of Molecular Liquids*, 2018, doi.org/10.1016/j.molliq.2018.08.060.
- [9] E. Nasra, D. Kurniawati, and Bahrzal, "Biosorption of Cadmium and copper ions from aqueous solution using banana (*Musa paradisiaca*) shell as low-cost biosorbent," *International conference on chemistry and engineering in agroindustry*, 33-36, 2017.
- [10] R. Silvia, E. Nasra, B. Oktavia, and S. B. Etika, "Penyerapan Zat Warna Malachite Green Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana Colla*) Sebagai Biosorben Dengan Metode Batch," *Periodic*, 9 (2), 71-75, 2020.

- [11] Chairunnisa, "Adsorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Kulit Durian dengan Metode Batch," *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang*, 2021.
- [12] Y. Delvia, "Pengaruh ion Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , dan Cr terhadap penyerapan logam Pb^{2+} menggunakan kulit pisang kapok (Musa paradisiaca L) sebagai biosorben," *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang*, 2019.
- [13] P. Vera, "Biosorpsi ion logam berat kromium (Cr^{6+}) menggunakan biomassa alga hijau (Spirogyra setiformis)," *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang*, 2018.
- [14] R. Adriansyah, E. N. Restiasih, and N. Meileza, "Biosorpsi Ion Logam Berat Cu(II) dan Cr(VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi," *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(2), 114-121, 2018.
- [15] G. I. Hayati, B. Pertiwi, and Y. Ristianingsih, "Pengaruh variasi konsentrasi adsorben biji trembesi terhadap penurunan kadar logam kromium (Cr) total pada limbah industri sasirangan," *Chemistry*, vol. 5, no. 2., Oktober, 2016.
- [16] S. Utama, H. Kristianto, and A. Andreas, "Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr(VI)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak," 2016.
- [17] Badan Pusat Statistik. "Produksi Tanaman Buah-Buahan," In *Jakarta* (pp. 335-358). <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/960>.
- [18] M. Ngabura, S. A. Hussain, W. A. Ghani, M. S. Jami, & Y. P. Tan, "Utilization of Renewable Durian Peels for Biosorption of Zinc from Wastewater," *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 6(2), 1-49, 2018.
- [19] S. Ali, N. L. Nafie & P. Taba, "Biosorpsi Ion Logam Cu (II) oleh Kulit Buah Naga" Makassar : Universitas Hasanuddin, 2018.
- [20] M. Sulityani, "Spektroskopi Fourier Transform Infra Red Metode Reflektansi (Atr-Ftir) Pada Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Vitamin C," *Jurnal TEMAPELA*, 1(2), 39-43, 2018. <https://doi.org/10.25077/temapela.1.2.39-43.2018>
- [21] R. Silvia, "Optimasi penyerapan zat warna malachite green menggunakan kulit pisang kapok (musa balbisiana colla) sebagai biosorben," *Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang*, 2020.