

Pengaruh pH Pada Biosorpsi Ion Cr(VI) Menggunakan Selulosa Hasil Ekstraksi Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*)

Sava Alvarez¹, Edi Nasra²

^{1,2}Program Studi Kimia, Universitas Negeri Padang

e-mail: alvarezsava2001@gmail.com¹, edinasra@fmipa.unp.ac.id²

Abstrak

Perkembangan revolusi industri yang semakin cepat telah memenuhi kebutuhan bagi populasi penduduk yang terus meningkat, akan tetapi dari sisi lainnya juga menghasilkan limbah yang dapat mencemari badan air. Salah satu faktor berbahaya pencemaran air adalah adanya logam berat seperti logam kromium(VI) yang memiliki sifat stabil, toksik, tidak memiliki kemampuan terurai di lingkungan dan sangat berbahaya. Kulit durian (*Durio Zibethinus Murr*) yang menjadi limbah di lingkungan memiliki kandungan selulosa sekitar 50-60% dapat dijadikan sebagai biosorben yang berguna dalam menjerat ion Cr(VI) dan diharapkan dapat menjadi salah satu metode yang efektif dan ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini dapat mengetahui kondisi pH optimum dan kapasitas penyerapan ion Cr(VI) dengan metode Batch. Dari penelitian yang telah dilakukan selulosa diperoleh dari proses ekstraksi soxhletasi sebanyak 37,23%, keadaan optimum pH 1 dengan kapasitas penyerapan sebesar 4,24032 mg/g.

Kata kunci: *Biosorpsi, Ion Cr(VI), Selulosa, Kulit Durian, Spektrometer Sinar Tampak*

Abstract

The rapid development of the industrial revolution has met the needs of an increasing population, but on the other hand it also produces waste that can pollute water bodies. One of the dangerous factors of water pollution is the presence of heavy metals such as chromium (VI) metal which has stable, toxic properties, has no ability to decompose in the environment and is very dangerous. Durian peel (*Durio Zibethinus Murr*) which becomes waste in the environment has a cellulose content of about 50-60% can be used as a biosorbent that is useful in trapping Cr(VI) ions and is expected to be one of the effective and environmentally friendly methods. The purpose of this study can determine the optimum pH conditions and absorption capacity of Cr(VI) ions by the Batch method. From the research that has been carried out, cellulose is obtained from the soxhletation extraction process as much as 37.23%, the optimum state of pH 1 with an absorption capacity of 4.24032 mg/g.

Keywords : *Biosorption, Cr(VI) ions, Cellulose, Durian Pell, Spectrophotometer Visible*

PENDAHULUAN

Perkembangan revolusi industri yang semakin cepat telah memenuhi kebutuhan bagi populasi penduduk yang terus meningkat, akan tetapi dari sisi lainnya juga menghasilkan limbah yang dapat mencemari badan air. Salah satu faktor berbahaya dari pencemaran air yaitu adanya kandungan logam berat. Logam berat yang umumnya terkandung dalam air limbah industri meliputi kadmium, arsenik, kromium, merkuri, dan timbal yang sangat berbahaya jika tertelan atau terkontak langsung dengan makhluk hidup (Agasti, 2021).

Logam Kromium (VI) ialah salah satu logam berat yang memiliki sifat yang stabil, bioakumulatif, toksik dan tidak memiliki kemampuan untuk terurai di lingkungan (Kurniawati et al., 2017). Secara umum kromium yang ditemukan dalam aliran air limbah industri dapat berupa kation kromium (III) dan anion kromium (VI). Senyawa Cr(VI) memiliki 100 kali tingkat toksisitas daripada Cr(III), dikarenakan dapat berdifusi dalam bentuk ion kromat (CrO_4^{2-}) atau bikromat (HCrO_4^-) melalui membran sel (Mawardi & Nisa, 2013).

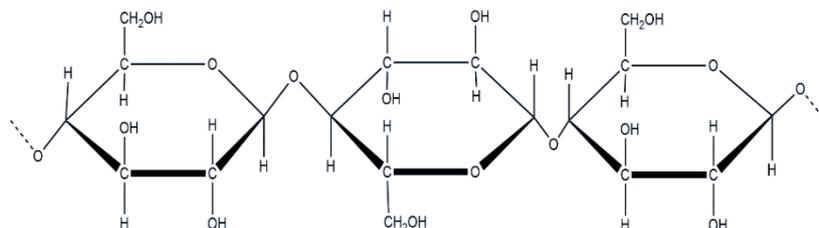
Dalam mengeliminasi kandungan logam berat krom dari dalam air sudah pernah dilakukan dengan metode konvensional meliputi presipitasi kimia, koagulasi, pertukaran ion dan osmosis (Kusumadewi et al., 2019). Akan tetapi, metode-metode ini terdapat beberapa kekurangan, diantaranya tidak efektif dalam penyerapan logam berat pada konsentrasi tertentu, analit yang digunakan cukup banyak, perlakuan yang kompleks, dan hasil kerjanya masih menghasilkan limbah terhadap lingkungan (Rambabu et al., 2020).

Metode yang disarankan dalam menurunkan kandungan ion logam ialah metode biosorpsi. Metode ini menjadi efektif dan ramah lingkungan karena kapasitas penyerapan yang besar, pengerjaannya yang sederhana, dan biaya yang dikeluarkan relatif terjangkau. Dalam metode biosorpsi terdapat sebuah biomassa yang biasanya dikenal dengan biosorben, kaya akan gugus fungsi dan berperan dalam mengikat biosorbat. Biosorpsi sudah diaplikasikan pada beberapa bahan alam salah satunya kulit pisang kepok (*Musa Balbisiana Colla*) dalam menjerat zat malachite green (Silvia et al., 2020), Rhodamin B (Daviya, M., Fauzin et al., 2021), dan Kandungan logam berat berbahaya lainnya (Yollanda et al., 2019).

Salah satu bahan alam yang melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai biosorben adalah kulit buah durian (*Durio Zibethinus Murr*). Durian menjadi salah satu jenis buah-buahan yang digemari masyarakat Indonesia, sehingga menghasilkan hasil samping berupa limbah kulit durian dengan kisaran 60%-75% dari total yang dikonsumsi dan kurang pemanfaatannya sehingga dibiarkan menumpuk disetiap sudut jalan. Kulit durian sendiri memiliki beberapa kandungan senyawa kimia antara lain: selulosa (50-60%), lignin(5%) dan pati (5%) (Ariyani, 2019).

Selulosa merupakan sumber daya alam terbarukan dan melimpah di alam, terdapat dalam dinding sel tumbuhan dalam bentuk lignoselulosa. Selulosa yang terkandung dalam dinding sel bukanlah selulosa murni, melainkan gabungan antara lignin, hemiselulosa dan selulosa itu sendiri yang saling berikatan membentuk lignoselulosa. Selulosa termasuk polimer hidrofilik tersusun atas ribuan gugus

anhidroglukosa yang saling berikatan berupa ikatan 1,4- β -glukosida rantai panjang dan linier. Ikatan Lignoselulosa harus dipisahkan untuk mendapatkan selulosa murni, sehingga lignin yang terkandung dapat lepas dari selulosa. Oleh karena itu, mengekstrak senyawa ligninselulosa menjadi metode yang cocok dalam memutuskan ikatan lignin dan selulosa yang akan digunakan sebagai biosorben (Mulyadi, 2019). Stuktur selulosa dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Struktur Selulosa

METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang (UNP). Objek penelitian ini menggunakan kulit durian (*Durio Zibethinus Murr*) yang berasal dari limbah penjual buah durian yang ada di kota Padang. Selulosa dari kulit durian akan diekstraksi secara soxhletasi yang akan digunakan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi ion Cr(VI) dengan metode batch.

Adapun prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pembuatan reagen

Pada tahap ini dilakukan pembuatan beberapa reagen yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu pembuatan larutan induk $K_2Cr_2O_7$ 1000 ppm, diphenilcharbazide 0,5%, NaOH 4%, dan H_2O_2 10%

2. Preparasi Sampel

Limbah Kulit durian yang dikumpulkan, dibersihkan dengan air terlebih dahulu sampai tidak ada kotoran yang menempel pada kulit durian. Sampel diiris hingga berukuran kecil, lalu dijemur dibawah sinar matahari selama \pm 2 hari agar kandungan air berkurang. Untuk memaksimalkan proses pengeringan, kulit durian di oven pada temperatur $100^\circ C$ selama 4 jam hingga kering dan beratnya konstan. Kemudian kulit durian yang beratnya konstan dihancurkan dengan grinder sampai halus, kemudian diayak dengan ayakan $180 \mu m$.

3. Ekstraksi Selulosa dari Kulit Durian

Proses ekstraksi selulosa dari kulit durian dilakukan dalam tiga tahapan (Kunusa, 2017). Tahap *Dewaxing* diawali dengan sebanyak 30 gram bubuk kulit durian yang sudah diayak, lalu diekstrak senyawa pengotornya menggunakan 360 mL etanol-toluena dengan rasio pelarut (1:2) secara soxhletasi pada temperatur $85^\circ C$ selama 6 jam. Setelah itu serbuk kulit durian bebas pengotor dikeringkan menggunakan oven selama 4 jam sampai residu dikeringkan hingga beratnya konstan, lalu ditimbang dan hitung rendemennya.

Tahap *Delignifikasi* dilakukan dengan memasukkan serbuk kulit durian bebas pengotor kedalam beaker glass dan larutkan dengan larutan NaOH 4% dengan rasio berat serbuk dan pelarut (1:10), lalu panaskan pada hotplate dengan temperatur 85°C sambil diaduk selama 2 jam. Setelah itu dibiarkan selama 1 hari dan disaring. Residu hasil penyaringan dicuci menggunakan aquadest hingga pH residu netral. Residu kulit durian bebas lignin dan hemiselulosa dioven dengan temperatur 60°C selama 4 jam, kemudian timbang dan hitung rendemennya.

Tahap *Bleaching* dilakukan dengan memasukkan serbuk kulit durian dari proses sebelumnya kedalam beaker glass dan larutkan dengan H₂O₂ 10% dengan rasio berat serbuk dan pelarut (1:10), lalu panaskan pada hotplate dengan temperatur 60°C sambil diaduk dengan magnetic stirrer. Residu selulosa kulit durian dicuci menggunakan aquadest hingga pH residu netral. Selulosa kulit durian dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 40°C selama 2 jam.

4. Karakterisasi

Selulosa hasil ekstraksi kulit durian dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR untuk melihat gugus fungsi yang terdapat pada selulosa kulit durian. Kemudian dibandingkan dengan selulosa standar dan selulosa kulit durian yang sudah dikontakkan dengan ion Cr(VI).

5. Perlakuan Penelitian Metode *Batch*

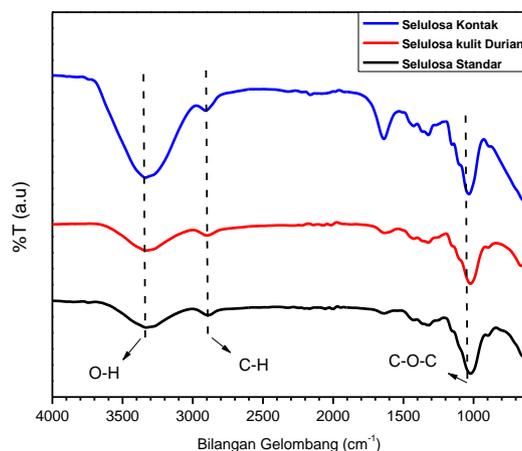
Penelitian ini diawali dengan mencari λ maksimum penyerapan kromium(VI) dan membuat kurva kalibrasinya yang dimana memipet masing-masing 1 mL larutan K₂Cr₂O₇ dengan konsentrasi (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2) mg/L. Lalu diencerkan dalam labu ukur 50 mL, di tambah 1 mL diphenyl Carbazide 0,5% dan 3 tetes H₂SO₄ dan di tambah aquadest sampai tanda batas, homogenkan. Dilakukan pengujian nilai absorbansinya dengan rentang panjang gelombang 535-550 nm dengan spektrofotometer Visibel (Nasra & Chairunnisa, 2022). Hasil pengukuran panjang gelombang dengan nilai paling tinggi menjadi panjang gelombang maksimum dan membuat kurva kalibrasi antara konsentrasi dengan absorbansi atau serapan, dan ditentukan persamaan linear dan koefisien korelasinya (Akbar & Nasra, 2021).

Optimasi pH pada penyerapan ion Cr(VI) menggunakan biosorben selulosa kulit durian dilakukan dengan cara sebanyak 25 mL larutan K₂Cr₂O₇ konsentrasi 100 mg/L dengan variasi pH (1,2,3,4,5,dan 6). Kemudian masing- masing larutan dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan 0,2 gram selulosa kulit durian dengan metode batch. Selanjutnya shaker dengan kecepatan 200 rpm dalam selang waktu 30 menit. Setelah itu, larutan disaring dan filtratnya diambil. Sebanyak 1 mL filtrat dimasukkan dalam labu ukur 50 mL, komplekskan dengan menambahkan 3 tetes H₂SO₄ pekat dan 1 mL diphenilcharbazide 0,5%. Lalu diencerkan menggunakan aquades sampai tanda batas dikocok dan homogenkan. Dianalisis konsentrasi logam Cr(VI) dengan spektrofotometer Vis untuk melihat konsentrasi logam Cr(VI) yang tidak terserap, maka kondisi pH optimal (Nasra & Chairunnisa, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi FTIR

FTIR adalah salah satu teknik analisa yang biasa digunakan dalam mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang terkandung pada permukaan adsorben sehingga diperoleh informasi mekanisme pengikatan antara gugus fungsi yang terdapat pada biomassa dalam interaksi dengan ion logam (Yollanda et al., 2019). Karakterisasi dengan instrumen FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} . Hasil data FTIR sampel selulosa standar, selulosa kulit durian sebelum dan sesudah dikontakkan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Gabungan Spektrum FTIR

Tabel 1. Daerah Serapan FTIR Selulosa Kulit Durian

Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi	Daerah serapan (cm^{-1})		
	Selulosa Standar	Selulosa Hasil Ekstraksi Kulit Durian	Selulosa setelah dikontakkan Ion Cr(VI)
O-H stretching	3331,23	3332,77	3336,17
C-H stretching	2891,32	2899,68	2908,44
O-H bending	1638,15	1634,18	1638,98
C-H bending	1320,96	1322,38	1322,43
C=O stretching	-	-	-
C-O-C	1021,88	1021,85	1032,93

Berdasarkan data dari tabel 1 menunjukkan bahawa selulosa standar yang dikarakterisasi digunakan sebagai acuan dan dibandingkan dengan selulosa kulit buah durian hasil ekstraksi. Hasil identifikasi pada bilangan gelombang 3331,23 cm^{-1} terdapat gugus fungsi O-H dengan nilai transmittan 81,27%. Kemudian bilangan gelombang 2891,32 cm^{-1} menandakan adanya gugus C-H dengan nilai transmittan 91,01%. Selanjutnya gugus C-O-C yang muncul di bilangan gelombang 1021,88 cm^{-1}

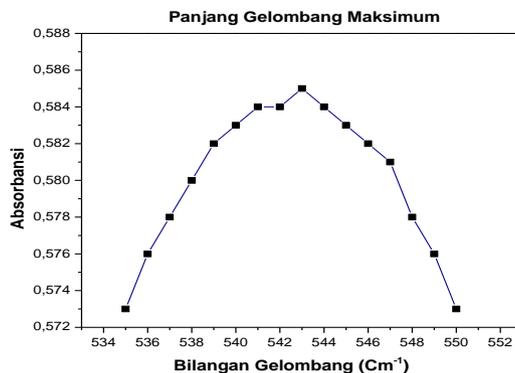
dengan nilai transmitan 54,59%. Gugus fungsi yang muncul seperti -OH, -CH, dan C-O-C merupakan gugus utama untuk selulosa (Setyaningsih et al., 2020).

Selulosa hasil ekstraksi kulit durian menandakan terdapatnya gugus hidroksil (O-H) yang berada pada bilangan gelombang $3332,77\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmitan 81,27% [16]. Gugus -OH berperan penting dalam proses penjeratan ion logam. Kemudian pada bilangan gelombang $2899,68\text{ cm}^{-1}$ muncul gugus fungsi C-H dengan besar transmitan 90,69% (Liu et al., 2018). Pada spektrum selulosa standar dan selulosa hasil ekstraksi kulit durian tidak terlihat adanya puncak C=O *stretching* kisaran panjang gelombang $1200-1300\text{ cm}^{-1}$ ini menandakan bahwa selulosa hasil ekstraksi kulit durian ini bisa direpresentasikan bahwa lignin sudah tidak ada (Penjumras et al., 2014). Gugus fungsi C-O-C dalam selulosa berada pada bilangan gelombang $1021,85\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmitan 60,63%.

Hasil spektrum pada selulosa ekstraksi kulit durian yang sudah dikontakan dengan ion Cr(VI) terjadi pergeseran bilangan gelombang gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang $3336,17\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmitan 36,10 % dan C-H pada bilangan gelombang $2908,34\text{ cm}^{-1}$ Serta getaran kerangka cincin piranosa C-O-C dalam selulosa berada pada bilangan gelombang $1032,93\text{ cm}^{-1}$. Spektrum -OH mengalami pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih tinggi, dapat diindikasikan bahwa pada gugus fungsi tersebut terjadinya pengikatan ion kromium(VI) (Masykur et al., 2023).

B. Mencari λ Maksimum dan Kurva Standar

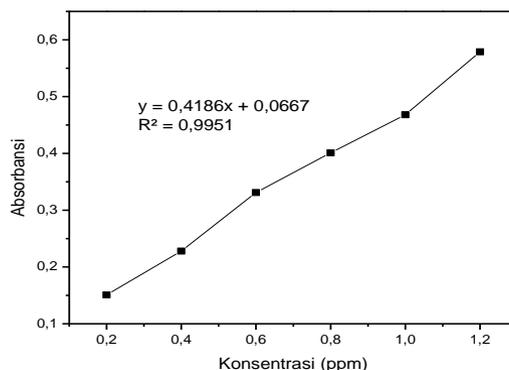
Berdasarkan hasil uji menggunakan spektrofotometer visible dengan rentang panjang gelombang 535-550 nm di dapat hasil panjang gelombang seperti gambar 3.



Gambar 3. Panjang Gelombang Cr(VI)

Terlihat panjang gelombang kromium (VI) 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 $Y = 0,4186x + 0,0667$ dengan nilai $R^2 = 0,9951$ sehingga dapat digunakan sebagai standar pada

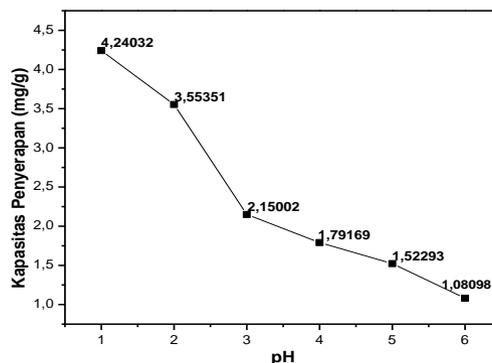
penentuan kondisi optimum kromium (VI). Adapun grafik kurva standar dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva Kalibrasi Cr(VI)

C. Penentuan pH optimum penyerapan ion Cr(VI)

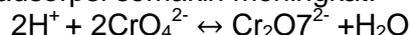
Penentuan pH larutan adalah parameter utama yang sangat mempengaruhi kelarutan ion logam di dalam suatu larutan, pH dapat mempengaruhi muatan yang ada pada permukaan adsorben dan derajat ionisasi serta spesifikasi adsorbat saat mengalami penyerapan (Salmariza *et al.*, 2016). Dalam proses penyerapan pada optimasi pH ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas penyerapan pada pH berapa ion Cr(VI) terserap dan terbentuk secara optimal serta berada dalam keadaan yang stabil. Pada pengujian ini dilakukan variasi pH yaitu pH 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Optimasi pH

Berdasarkan hasil data yang diperoleh kondisi optimum terjadi pada pH 1 dengan jumlah ion Cr(VI) teradsorpsi sebesar 4,24032 mg/g. Terjadi penurunan penyerapan pada pH 2-6 yang tidak signifikan, hal ini dapat terjadi karena kelarutan logam Chromium dapat ditentukan dengan banyaknya jumlah ion H⁺ yang terdapat didalam air. Semakin banyak jumlah ion H⁺ (asam) didalam air, maka kelarutan ion Cr(VI) semakin besar. Meningkatnya derajat keasaman akan terjadi pengionan yang lebih

besar, sehingga terjadi interaksi antara ion Cr(VI) dengan gugus aktif selulosa kulit durian yang menyebabkan adsorpsi semakin meningkat.



Kapasitas penyerapan ion Cr(VI) lebih efisien terdapat pada pH 1, alasannya karena dalam suasana yang sangat asam ion Cr(VI) hadir dalam bentuk anion, dalam bentuk kompleks stabil seperti $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, HCrO_4^- , CrO_4^{2-} , dan HCr_2O_7^- (Li et al., 2018). Pada pH 1-6 kromium hadir dalam bentuk $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ atau HCrO_4^- . Pada pH ini gugus aktif yang terdapat pada selulosa durian akan terprotonasi dan memiliki afinitas yang tinggi untuk partikel bermuatan negatif (anion). Oleh karena itu, pada pH rendah terjadi adsorpsi yang paling efisien. Sedangkan jika jumlah ion H^+ didalam air sedikit (basa), maka kelarutan ion Cr(VI) semakin kecil ini disebabkan seiring meningkatnya pH, maka jumlah ion OH^- yang terkandung didalam larutan akan meningkat sehingga terjadi kompetisi dengan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Karna itulah penyerapan yang terjadi semakin kecil, ini dapat dilihat dari grafik bahwa pada pH 3-6 kapasitas penyerapan menurun secara signifikan. Ketika pH lebih tinggi, permukaan biosorben bermuatan negatif (anion) akan unggul sehingga pengikatan ion logam kromium hampir tidak terjadi akibat adanya gaya elektrostatis tolak (Blagojev et al., 2021).

SIMPULAN

Dapat ditarik kesimpulan bahwa biosorben selulosa dari proses ekstraksi kulit durian sebesar 37,23% dengan kondisi optimum pH terhadap penyerapan ion Cr(VI) yaitu pH 1. Kapasitas penyerapan ion Cr(VI) sebesar 4,24032 mg/g dengan pesentase penyerapan sebesar 43,0695%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agasti, N. (2021). Decontamination Of Heavy Metal Ions From Water By Composites Prepared From Waste. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4(March), 100088. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100088>
- Akbar, F. A., & Nasra, E. (2021). Pengaruh pH Pada Biosorpsi Ion Logam Cr(VI) Menggunakan Selulosa Hasil Isolasi Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(1), 1–6.
- Ariyani, S. B. (2019). Karakteristik Bioadsorben dari Limbah Kulit Durian untuk Penyerapan Logam Berat Fe dan Zn pada Air Sumur. *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.36048/jtpii.v4i1.5229>
- Blagojev, N., Vasić, V., Kukić, D., Šćiban, M., Prodanović, J., & Bera, O. (2021). Modelling and efficiency evaluation of the continuous biosorption of Cu(II) and Cr(VI) from water by agricultural waste materials. *Journal of Environmental Management*, 281(January). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111876>
- Daviya, M., Fauzin, N., Nasra, E., Amran, A., & & Khair, M. (2021). Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana Colla*). *Chemistry Journal*, 10(2), 51–55. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Kunusa, W. R. (2017). Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokristalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung. *Entropi*, 12(1), 105–108.
- Kurniawati, S., Nurjazuli, & Raharjo, M. (2017). Risiko Kesehatan Lingkungan Pencemaran

- Logam Berat Kromium Heksavalen Cr(VI) pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Aliran Sungai Garang Kota Semarang. *Higiene*, 3(penelitian), 152–160.
- Kusumadewi, R. A., Wijayanti, A., & Hadisoebroto, R. (2019). Utilization of banana peel and water hyacinth leaves as adsorbent for removal of copper from wastewater. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(12), 2529–2534.
- Liu, Y., Liu, A., Ibrahim, S. A., Yang, H., & Huang, W. (2018). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from pomelo peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 717–721. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.098>
- Mandal, A., & Chakrabarty, D. (2011). Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1291–1299. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.030>
- Masykur, A., Aprilia, G., Hapsari, A. D., Wibowo, A. H., & Purnawan, C. (2023). Modifikasi Membran Kitosan Tertaut Silang Tripolifosfat Untuk Deteksi Ion Cu (II). 19(1), 86–93. <https://doi.org/10.20961/alchemy.19.1.56392.86-93>
- Mawardi, & Nisa, R. K. (2013). Optimasi Tanah Napa Sebagai Adsorben Ion Logam Kromium (VI). *Periodic Chemistry Journal of State University of Padang*, 2(1), 46–50. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi Dan Karakteristik Selulosa. *Jurnal Saintika Unpam*, 1(2), 177–182.
- Nasra, E., & Chairunnisa. (2022). Pengaruh pH dan Konsentrasi Ion Logam Cr(VI) Terhadap Penyerapan Karbon Aktif Kulit Durian. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 11(1), 45–50.
- Penjumras, P., Rahman, R. B. A., Talib, R. A., & Abdan, K. (2014). Extraction and Characterization of Cellulose from Durian Rind. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.034>
- Rambabu, K., Bharath, G., Banat, F., & Show, P. L. (2020). Biosorption performance of date palm empty fruit bunch wastes for toxic hexavalent chromium removal. *Environmental Research*, 187(May), 109694. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109694>
- Salmariza, S., Mardiaty, M., Mawardi, M., Sofyan, S., Ardinal, A., & Purnomo, Y. (2016). Adsorpsi Ion Cr (VI) Menggunakan Adsorben dari Limbah Padat Lumpur Aktif Industri Crumb Rubber. *Jurnal Litbang Industri*, 6(2), 135. <https://doi.org/10.24960/jli.v6i2.1596.135-145>
- Setyaningsih, L. W. N., Mutiara, T., Hapsari, C. Y., Kusumaningtyas, N., Munandar, H., & Pranata, R. J. (2020). Karakteristik dan Aplikasi Selulosa Kulit Jagung Pada Pengembangan Hidrogel. *Journal of Science and Applicative Technology*, 4(2), 61. <https://doi.org/10.35472/jsat.v4i2.252>
- Silvia, R., Nasra, E., Oktavia, B., & Etika, S. B. (2020). Penyerapan Zat Warna Malachite Green Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa Balbisiana Colla*) Sebagai Biosorben Dengan Metode Batch. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 9(2), 1–66.
- Yollanda, D., Nasra, E., Dewata, D. K. I., & Nizar, U. K. (2019). Pengaruh Ion Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺ dan Cr³⁺ Terhadap Penyerapan Logam Pb²⁺ Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca L*) Sebagai Biosorben. *Menara Ilmu*, XIII(2), 171–177. <http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/menarailmu/article/viewFile/1220/1072>