

PENGARUH KECEPATAN PENGADUKAN DAN WAKTU KONTAK AMPAS KULIT DURIAN (*Durio Zibethinus L.*) TERHADAP PENYERAPAN ION LOGAM TEMBAGA (II) DENGAN METODE BATCH

The Effect of Stirring Speed and Contact Time of Durian Peel Waste (*Durio Zibethinus L.*) on the Absorption of Copper (II) Metal Ions Using the Batch Method

Vadianda Bastian & Edi Nasra

Universitas Negeri Padang

vadiandabastian17@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Nov 2, 2023	Nov 6, 2023	Nov 9, 2023	Nov 12, 2023

Abstract

*One of the effective methods in handling the impact of pollution by copper ion is the biosorption method using durian peel powder (*Durio Zibethinus L.*). The purpose of this research is to determine the optimum absorption conditions and the optimum capacity for absorption of copper metal ions (Cu^{2+}) using the batch method with variations in pH, concentration, stirring speed, contact time, and mass of biosorbent. The results of the research showed that the optimum conditions for the absorption of Cu^{2+} metal ions were at pH 6, concentration of 220 ppm, stirring speed of 250 rpm, contact time of 90 minutes and mass of biosorbent 0,4 gram was 7,788 mg/g. The adsorption isotherm of Cu^{2+} metal with durian skin biosorbent (*Durio Zibethinus L.*) tends to follow the Langmuir isotherm equation with a determinant coefficient (R) of 0,1854. Durian peel powder was characterized by the FTIR instrument, before being activated, after being activated, and after contacting the analyte there were functional groups, namely hydroxyl (O-H), alkene (C=C), carbonyl (C=O), and ether (-COC) groups.*

Keywords : Biosorption, Ion Cu^{2+} , *Durio Zibethinus L.*, Batch Method

Abstrak: Salah satu metode yang efektif dalam penanganan dampak pencemaran ion tembaga yaitu metode biosorpsi menggunakan serbuk kulit durian (*Durio Zibethinus L.*). Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan kondisi optimum penyerapan dan kapasitas optimum penyerapan ion logam tembaga (Cu^{2+}) menggunakan metode batch dengan variasi pH, konsentrasi, kecepatan pengadukan, waktu kontak, dan massa biosorben. Hasil dari penelitian didapatkan kondisi optimum penyerapan ion logam Cu^{2+} pada kondisi pH 6, konsentrasi 220 ppm, kecepatan pengadukan 250 rpm, waktu kontak 90 menit dan massa biosorben 0,4 gram adalah 7,788 mg/g. Isoterm adsorpsi logam Cu^{2+} dengan biosorben kulit durian (*Durio Zibethinus L.*) cenderung mengikuti persamaan isoterm Langmuir dengan nilai koefisien determinan (R) sebesar 0,1854. Serbuk kulit durian dikarakterisasi dengan FTIR, pada saat sebelum diaktivasi, setelah diaktivasi, dan setelah pengontakan dengan analit terdapat gugus fungsi yaitu gugus hidroksil (O-H), alkena (C=C), karbonil (C=O), dan eter (-COC).

Kata Kunci : Biosorpsi, Ion Logam Cu^{2+} , *Durio Zibethinus L.*, Metode Batch

PENDAHULUAN

Logam berat adalah jenis limbah yang memiliki risiko tinggi bagi makhluk hidup sebab dapat merusak lingkungan dan habitat perairan dengan zat beracunnya yang memiliki sifat karsinogenik (Kurniasari, 2010). Pencemaran lingkungan disebabkan oleh limbah beracun yang mengakibatkan tercemarnya ekosistem umumnya berasal dari limbah Industri seperti industri electroplating (pelapisan logam), industri cat, industri tekstil, pengisian ulang arus listrik (accu) dan revarasi, serta industri kosmetik. Jenis logam berat, misalnya, Pb, Cd, Ni, Zn, Cr, dan Cu sering digunakan pada industri tersebut sangat mengancam ekosistem makhluk hidup (Zaini & Sami, 2016).

Tembaga merupakan satu dari jenis unsur kimia yang dapat dijumpai di berbagai senyawa yang tidak sama dan berbentuk molekul, khususnya dapat ditemukan dalam jenis jaringan maupun sel (Gaetke *et al.*, 2014). Kondisi divalen Cu^{2+} merupakan kondisi ion tembaga yang memiliki kandungan racun berlebih karena membentuk radikal bebas yang menyebabkan stres oksidatif sehingga cenderung membentuk radikal bebas yang pada konsentrasi tinggi akan terakumulasi dalam rantai makanan atau mengalami bioakumulasi sehingga mengganggu pertumbuhan makhluk hidup serta dapat memicu terbentuknya sel kanker. Ini digunakan di berbagai sektor industri, terutama dalam pembuatan paduan logam dan peralatan listrik. Bentuk utama pencemaran lingkungan oleh logam tembaga terutama melalui penambangan, pembuangan limbah padat yang mengandung jenis logam ini, pipa yang telah usang, penggunaan panci tembaga dan bahan kabel listrik (Ali *et al.*, 2016). Penelitian-penelitian yang telah dilakukan memperoleh hasil bahwa toksisitas tembaga dapat menimbulkan pergeseran aktivitas seluler, misalnya resistensi sel tumor terhadap obat

kemoterapi dan regulasi metabolisme lipid (Gaetke *et al.*, 2014) . Pelepasan logam berat ke lingkungan melalui berbagai cara, seperti proses industri, pertanian, dan kehidupan perkotaan. Sangat mungkin untuk menghilangkan logam dari limbah dan air bahkan dalam konsentrasi sangat kecil menggunakan biosorben yang murah dan mudah didapatkan.

Biosorpsi merupakan proses adsorpsi yang membutuhkan fungsi biomassa dalam perannya sebagai adsorben yang dapat disebut biosorben. Biosorben mempunyai kelebihan, yaitu tidak menimbulkan zat beracun dan tidak menimbulkan residu padat (Costa & Tavares, 2016). Beberapa penelitian mengenai biosorben logam Cu^{2+} telah dilakukan oleh (Alkhaira, 2022) tentang Biosorpsi Ion Tembaga (II) Menggunakan Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Dengan Metode Batch, kemudian juga dilakukan oleh (Salsabila *et al.*, 2021) tentang Optimalisasi Retensi Partikel Logam Cu(II) Memakai Kulit Matoa yang Menjadi Biosorben. Penggunaan kulit durian (*Durio Zibethinus* L.) sebagai biosorben Cu^{2+} dinilai dapat mengurangi limbah kulit durian maupun limbah Cu^{2+} dalam air. Secara kimiawi, kulit durian memiliki komponen utama, yaitu serat yang mengandung poliosa dan gugus selulosa, misalnya lignoselulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selain itu, kandungan dalam kulit durian yang lain adalah karbon, kandungan pati, minyak atsiri, saponin, flavonoid, unsur selulosa, dan lignin (Rizkqi & Chairull, 2016). Berdasarkan hasil studi, permukaan luar durian memiliki kandungan selulosa yang banyak (50% sampai dengan 60%), kandungan lignin (5%) serta kandungan pati yang sedikit (5%). Dalam siklus biosorpsi, teknik yang digunakan bebas dari metabolisme, karena partikel logam berkumpul di lapisan luar bahan biosorben. Berdasarkan pada permasalahan yang muncul tersebut, peneliti akan mengkaji biosorpsi dengan menggunakan serbuk kulit durian yang diaktifasi menggunakan NaOH yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan serbuk kulit durian dalam menyerap logam Cu^{2+} pada kondisi optimum dengan menggunakan metoda batch dan diharapkan dapat menghasilkan penyerapan yang lebih baik.

METODE

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari gelas kimia, lumpang, desikator, *magnetic stirrer* (MR *Hei Standart*), alu, oven, ayakan (180 μm), neraca analitik (ABS 220-4), cawan porselen, kertas untuk menyaring, *shaker* (model: VRN-480), pH meter (*Schott instrument Lab 850*), botol semprot, FTIR (*PerkinElmer* AA-100), dan AAS (*Perkin Elmer* AA-100). Bahan-

bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit durian, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, HNO_3 0,1 M, NaOH 0,1 M serta aquadest merupakan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

2. Preparasi dan Aktivasi Kulit Durian

a. Preparasi Sampel

Kulit durian yang digunakan dalam kondisi segar, tidak busuk ataupun menghitam. Cuci dengan air mengalir guna membersihkan kotoran pada kulit durian, kemudian dipotong menjadi beberapa potongan kecil agar memudahkan proses pengeringan. Penjemuran kulit durian dilakukan dalam beberapa hari, lalu dimasukkan dalam mesin oven dengan tekanan suhu 80°C sekitar 48 jam dan didinginkan dalam desikator sekitar 15 menit, biomassa kering kemudian diblender sehingga menjadi bubuk.

b. Aktivasi Kulit Durian

Kulit durian yang sudah menjadi serbuk disaring menggunakan ayakan yang berukuran 180 μm . Serbuk durian yang sudah diayak kemudian diaktivasi dengan cara mengambil serbuk durian sebanyak 25 gram lalu ditambahkan larutan NaOH 0,1 M sekitar 250 mL (1:10), didiamkan selama 24 jam. Setelah itu disaring menggunakan kertas saring agar dapat memisahkan antara filtrat dan residu. Residu (serbuk kulit durian) dicuci dengan aquades sampai pH netral. Kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 2 jam. Karakterisasi serbuk kulit durian sebelum dan sesudah diaktivasi di uji menggunakan instrument FTIR.

c. Karakterisasi Kulit Durian

Gugus fungsi pada kulit durian yang telah dikontakkan dengan kondisi optimum dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*).

3. Optimasi dengan Metode Batch

a. Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Sebanyak 25 mL Larutan ion Cu^{2+} dengan pH 6 , dan konsentrasi 220 ppm. Masing-masing Larutan ion dikontakkan dengan 0,2 gram serbuk kulit durian yang telah diaktivasi, kemudian di shaker selama 30 menit dengan variasi kecepatan pengadukan 100, 150, 200, 250 dan 300 rpm. Larutan disaring dan ditampung filtratnya. Filtrat yang dihasil kemudian dilakukan

pengukuran konsentrasi logam Cu^{2+} yang tidak terserap menggunakan AAS menggunakan rumus:

$$\text{Kapasitas serapan (mg/g)} = \frac{\text{Cu Terserap}}{\text{Massa Biosorben}} \times \text{Vol. Larutan}$$

$$\% \text{ serapan} = \frac{\text{Cu Terserap}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

b. Pengaruh Waktu Kontak

Sebanyak 25 mL Larutan ion Cu^{2+} dengan pH 6, konsentrasi 220 ppm dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Masing-masing Larutan ion dikontakkan dengan 0,2 gram serbuk kulit durian yang telah diaktivasi, kemudian di shaker selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Larutan disaring dan ditampung filtratnya. Filtrat yang dihasil kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi logam Cu^{2+} yang tidak terserap menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

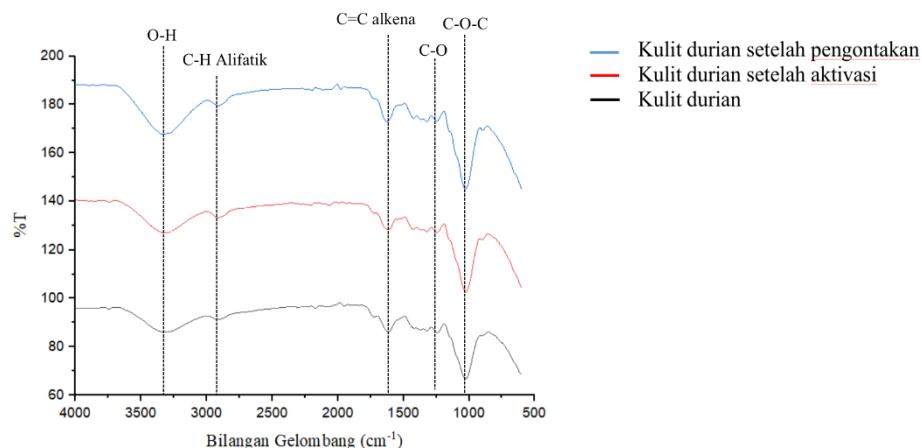
1. Preparasi Sampel

Preparasi serbuk kulit durian diawali dengan membersihkan terlebih dahulu, untuk memastikan kandungan air pada kulit durian telah hilang dilakukan pengeringan di bawah sinar matahari kemudian dioven hingga beratnya konstan. Kemudian dihaluskan untuk memperbesar luas permukaan pada biosorben tersebut (Arifiyana *et al.*, 2021).

Selanjutnya biosorben diaktivasi menggunakan NaOH, yang dapat meningkatkan daya penyerapan logam oleh biosorben, serta kemampuan adsorpsi menggunakan aktivator NaOH meningkat pada logam Cu^{2+} (Dr. Vladmir, 2021). proses aktivasi pada biosorben sangat berperan dalam penyerapan. Dalam penelitian ini digunakan aktivator berupa NaOH, penurunan kadar air berhubungan dengan sifat higroskopis dari aktivator ini, sehingga pori-pori semakin besar dikarenakan terikatnya molekul air pada biosorben (Erlina *et al.*, 2015).

2. Karakterisasi FTIR

Biosorben serbuk kulit durian (*Durio zibethinus* L.) dianalisis dengan FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang terikat pada ion Cu^{2+} . Hasil FTIR sampel sebelum diaktivasi, sesudah di aktivasi dan sesudah dikontakkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR serbuk kulit durian, serbuk kulit setelah durian aktivasi, serbuk kulit durian setelah pengontakan.

Berdasarkan hasil pada Gambar 1. dari bilangan gelombang spektra inframerah pada kulit durian memperlihatkan adanya vibrasi dari gugus hidroksil (O-H) yang teridentifikasi pada bilangan gelombang $3331,99 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 86,06%. Gugus hidroksil yang terkandung pada selulosa mampu mengikat logam Cu^{2+} dan kemudian terdapat peregangan gugus alkil (-CH) pada bilangan gelombang $2916,65 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 91,36%, hal ini menunjukkan adanya vibrasi ulur pada rentang bilangan gelombang $3000\text{-}2800 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan penyusun kerangka lignoselulosa pada biomaterial. Gugus alkana (C=C) pada bilangan gelombang $1614,28 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 85,77% yang menunjukkan terjadinya vibrasi ulur. Gugus karbonil (C-O alkohol) pada bilangan gelombang $1321,34 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 86,67% dan gugus eter (C-O-C) pada bilangan gelombang $1025,85 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 66,74%.

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 $3328,78 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 85,65%. Serapan pada gugus ini lebih kecil dari pada 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

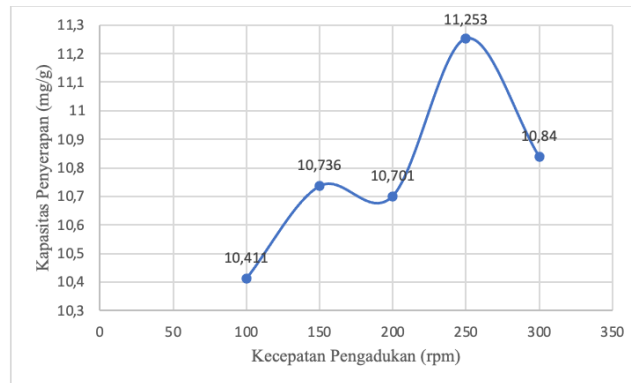
menggunakan NaOH. Selanjutnya gugus alkil (-CH) pada bilangan gelombang $2917,16\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 91,86%, gugus alkena (C=C) pada bilangan gelombang $1618,90\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 85,73%. Gugus karbonil (C-O alkohol) pada bilangan gelombang $1321,85\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 86,18% dan gugus eter (C-O-C) pada bilangan gelombang $1025,82\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 61,31%.

Kulit durian (*Durio zibethinus* L.) yang telah diaktivasi dilakukan pengontakkan dengan tembaga Cu^{2+} juga mengalami pergeseran bilangan gelombang. Pengontakkan dengan Cu^{2+} terjadi pergeseran gugus hidroksil (O-H) menjadi $3333,39\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 78,54%. Serapan relative kecil dibandingkan %T pada kulit durian setelah aktivasi dikarenakan telah terjadi adanya interaksi antara ion logam Cu^{2+} dengan gugus aktif yang terdapat pada biosorben kulit durian (*Durio zibethinus* L.) Selanjutnya pada gugus alkil (-CH) terjadi pergeseran menjadi $2910,48\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 90,46%. Pergeseran pada gugus alkena (C=C) dengan bilangan gelombang $1978,12\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 97,13%. Gugus karbonil (C-O alkohol) pada bilangan gelombang $1246,20\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 83,99% dan gugus eter (C-O-C) pada bilangan gelombang $1027,35\text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 55,75%. Pergeseran bilangan gelombang dari gugus hidroksil dapat menjadi bukti terjadinya penyerapan ion logam oleh selulosa kulit durian (Salsabila *et al.*, 2021).

3. Optimasi dengan Metode Batch pada Kulit Durian

a. Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum

Penentuan optimum kecepatan pengadukan dilakukan bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan pada konsentrasi berapa ion logam Cu^{2+} terserap dan terbentuk secara optimal serta berada dalam keadaan yang stabil. Penentuan kecepatan pengadukan ini dilakukan dengan variasi kecepatan yaitu 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm dan 300 rpm. Hasil data kecepatan pengadukan optimum dapat dilihat pada Gambar 2.

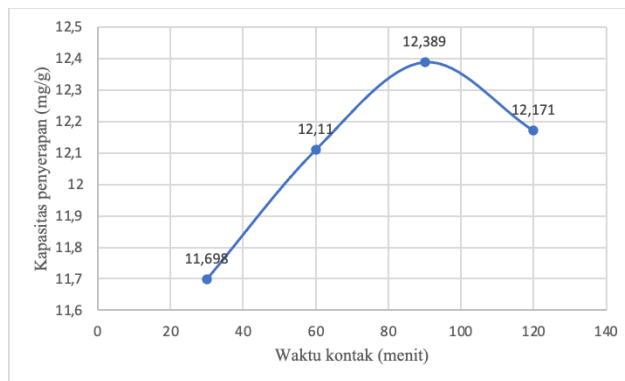


Gambar 2. Grafik pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap kemampuan retensi partikel logam Cu^{2+} dengan serbuk kulit durian

Grafik tersebut mengindikasikan kemampuan kecepatan pengadukan optimum terdapat pada kecepatan 250 rpm dengan kapasitas penyerapan sebesar 11,253 mg/g dengan presentase serapan 69,04%. pada kecepatan 100 rpm hingga 150 rpm mengalami kenaikan kapasitas serapan. Menurut (Widayanto *et al.*, 2017) dalam proses biosorpsi semakin cepat pengadukan maka molekul molekul antara biosorbat dengan biosorben akan saling bertumbukan sehingga akan mempercepat proses biosorpsi. Selanjutnya kecepatan 200 rpm hingga 250 rpm juga mengalami kenaikan kemudian terjadi penurunan kapasitas penyerapan pada kecepatan pengadukan 300 rpm, hal ini diakibatkan karena kecepatan pengadukan terlalu cepat dapat merusak struktur biosorben, sehingga penyerapan kurang optimal (Zarkasi *et al.*, 2018).

b. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak antara biosorben dan adsorbat sangat mempengaruhi efisiensi dari proses biosorpsi. Variasi waktu kontak ini bertujuan untuk melihat berapa waktu optimum logam Cu^{2+} dapat teradsorpsi secara maksimal oleh biosorben kulit durian. Pengaruh waktu kontak dilakukan pada variasi 30, 60, 90, dan 120 menit dengan pH, konsentrasi, dan kecepatan pengadukan optimum. Kapasitas penyerapan ion logam Cu^{2+} dengan variasi waktu kontak oleh biosorben kulit durian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Grafik pengaruh Waktu Kontak terhadap kemampuan retensi partikel logam Cu^{2+} dengan serbuk kulit durian

Grafik 3 menjelaskan penyerapan optimum terjadi pada waktu kontak 90 menit dengan kapasitas penyerapan 12,389 mg/g dengan efisiensi adsorpsinya sebesar 72,62%. Waktu dimana telah terjadi kesetimbangan antara biomassa dan logam maka disebut sebagai waktu optimum (Dr. Vladimir, 2021) hal serupa ditunjukkan (Mayangsari et al., 2019) dalam penyerapan ion logam Cu^{2+} Pada waktu 30 menit dan 60 menit mengalami peningkatan adsorpsi dari 11,698 mg/g sampai 12,110 mg/g, dengan pertambahan waktu banyaknya Cu^{2+} yang teradsorpsi akan semakin banyak sampai pada suatu titik, dimana seluruh situs aktif pada biomassa telah jenuh oleh Cu^{2+} , sehingga jumlah Cu^{2+} yang terikat mengalami penurunan, seperti yang terjadi pada waktu 120 menit dengan kapasitas penyerapan 12,171 mg/g yang mana permukaan biosorben dalam kondisi jenuh sehingga sedikit demi sedikit situs aktif yang berinteraksi dengan ion logam mulai melepaskan ion logam kembali kedalam larutan (Adella & Kurniawati, 2020).

KESIMPULAN

Kondisi optimum untuk penyerapan ion logam Cu^{2+} menggunakan biosorben ampas kulit durian (*Durio Zibethinus* L.) diperoleh kecepatan pengadukan 250 rpm dan waktu kontak optimum 90 menit dengan kapasitas penyerapan optimum ion logam Cu^{2+} 7,788 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Adella, F., & Kurniawati, D. (2020) "Adsorption of Rhodamine B from Aqueous Solution Using Langsung (Lansium domesticum) Shell Powder," 10(ICoBioSE 2019), 273–276.
- Ali, M. T. E., & Abdel-Kariem, S. M. 2016 Methods for Synthesis of N- Hetrocyclyl/ Hetroaryl-a- Aminophosphonates and a-(Azahetrocyclyc) Phosphonates
- Alkhaira, N. (2022). Biosorpsi Ion Tembaga (II) Menggunakan Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Dengan Metode Batch. *CHEAD Journal of Chemistry, Education and Science*, Vol 6, No 2, <https://doi.org/10.30743/cheds.v6i2.6071>
- Arifiyana, D., & Devianti, V. A. (2020). Biosorpsi Logam Besi (Fe) Dalam Media Limbah Cair Artifisial Menggunakan Adsorben Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)," *J. Kim.Ris.*, vol 5, no, p. 1, doi: 10.20473/jkr.v5i.20245.
- Costa, F., & Tavares, T. (2016). Biosorption of Nickel and Cadmium in the Presence of Diethylketone by a *Streptococcus equisimilis* biofilm supported of vermiculite, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 155, 119-132.
- Dr. Vladimir, V. F. (2021). In *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*. 1(69), 5-24.
- Erlina, Umiatin., & Budi, E. (2015). Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Logam Cu," *Prof. Semin. Nas. Fis.*, vol. IV, no. 2, pp. 55-60
- Gaetke, L. M., Chow-Johnson, H. S., & Chow, C. K. (2014). Copper: toxicological relevance and mechanisms. *Arch toxicol*
- Kurniasari, L. (2010). Pemanfaatan Mikroorganisme Bahan Baku Biosorben Logam. *Pemanfaatan Mikroorganisme Dan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat*, 6(2), 5–8.
- Mayangsari, N. E., Apriani, M., & Veptiyan, E. D. (2019). Pemanfaatan Daun Nanas sebagai adsorben Logam Berat. *Journal of Research and Technology*, 5(2), 129–138
- Putra, D. K., Etika, S. B., & Kurniawati, D. (2019). Biosorption of Plumbum Ions by Immobilized Lengkeng (*Euphorialogan lour*) Shell. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 2(3), 438–442. www.ijred.com
- Rizkqi, Z. N., & Chairull, Y. S. R. (2016). Adsorpsi Ion Logam Pb Dengan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Durian Yang Teraktivasi. *Jom FTEKNIK*, 3, 1-8
- Salsabila, B., Nasra, E., Dewata, I., & Kurniawati, D. (2021). Pengaruh Ph Dan Konsentrasi Pada Penyerapan Ion Logam Cu (II) Menggunakan Kulit Buah Matoa (*Pometia Pinnata*). 10(1), 1–5.
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(2), 175
- Zaini, H., & Sami, M. (2016). Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Menggunakan Sistem Kolom Dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, November 2016, p-ISSN : 2407 – 1846 e-ISSN : 2460 – 8416 1-9.
- Zarkasi, K., Dewi Moelyaningrum, A., & Trirahayu Ningrum, P. (2018). Penggunaan Arang Aktif Kulit Durian (*Durio zibethinus murr*) Terhadap Tingkat Adsorpsi Kromium (Cr^{6+}) Pada Limbah Batik. 5, 67–7