

Adsorpsi Ion Cu(II) Menggunakan Selulosa dari Kulit Durian (*Durio zibethinus*) dengan Metode Batch

Ahmad Raisan Rizky Pulungan¹, Edi Nasra²

^{1,2}Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Padang
e-mail: edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Limbah logam berat yang dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan salah satunya logam Cu(II) dimana dapat dikurangi dengan metode adsorpsi menggunakan selulosa dari kulit durian. Kulit durian masih kurang dimanfaatkan sehingga menumpuk dan menjadi sumber penyakit. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kapasitas penyerapan dari selulosa kulit durian dan kondisi optimum dari penyerapan logam Cu(II) dengan metode batch serta variasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak. Kulit buah durian dengan kandungan selulosa (50- 60%), lignin (5%) dan pati (5%). Hasil dari penelitian didapatkan kondisi optimum penyerapan ion logam Cu(II) pada kondisi pH 5, konsentrasi 400 ppm, dan waktu kontak 90 menit adalah 5,5875 mg/g. Karakterisasi FTIR dilakukan pada selulosa standar, selulosa sebelum pengontakan dan selulosa setelah pengontakan. Isoterm cenderung mengikuti persamaan isoterm freundlich dengan nilai koefisien determinan (R) sebesar 0,9345. Sehingga dapat disimpulkan bahwa selulosa kulit durian menyerap ion logam Cu(II) terjadi penyerapan secara fisisorpsi, adsorpsi ini terjadi pada sistem heterogen artinya membentuk lapisan multilayer.

Kata kunci: *Biosorpsi, Logam Cu (II), Durio Zibethinus, Metode Batch*

Abstract

Heavy metal waste, which can be a source of environmental pollution, includes metals like Cu(II) that can be reduced using adsorption methods employing cellulose from durian peels. Durian peels are underutilized, leading to accumulation and becoming a source of illness. The aim of this research is to determine the adsorption capacity of cellulose from durian peels and the optimal conditions for adsorbing Cu(II) metal using batch methods, including variations in pH, concentration, and contact time. Durian fruit peels contain cellulose (50-60%), lignin (5%), and starch (5%). The research results showed that the optimal conditions for adsorbing Cu(II) metal ions are at pH 5, a concentration of 400 ppm, and a contact time of 90 minutes, resulting in a yield of 5.5875 mg/g. FTIR characterization was performed on standard cellulose, cellulose before contact, and cellulose after contact. The isotherm tends to follow the Freundlich

isotherm equation with a coefficient of determination (R) of 0.9345. Therefore, it can be concluded that cellulose from durian peels adsorbs Cu(II) metal ions through physisorption, and this adsorption occurs in a heterogeneous system, forming a multilayer.

Keywords : *Biosorption, Metal Cu(II), Durio zibethinus, Batch Method*

PENDAHULUAN

Pencemaran perairan telah menjadi masalah lingkungan yang utama di seluruh dunia karena efek sampingnya tidak hanya pada kesehatan manusia, tetapi juga pada seluruh ekosistem. Industrialisasi yang terus berkembang menghasilkan semakin banyak limbah dan polutan beracun, seperti pewarna, fenol, dan logam berat (Lim et al., 2019). Jenis limbah yang berbahaya salah satunya limbah yang mengandung logam berat, logam berat memiliki efek mematikan pada semua bentuk kehidupan dan ini memasuki rantai makanan melalui pembuangan limbah di saluran air. Berbagai ion logam seperti : tembaga, merkuri, kadmium, dan kromium(VI) berada di urutan teratas dalam daftar toksisitas, karena itu disarankan agar limbah diperlakukan secara sistematis untuk meminimalkan kandungan logam dalam limbahnya (Ali, 2017).

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat esensial dimana dibutuhkan dalam tubuh dengan jumlah yang sangat kecil. Proses metabolisme akan terganggu jika penyerapan logam melebihi batas aman sehingga dapat meracuni dan membahayakan tubuh. Menurut ketetapan WHO, ambang batas tembaga dalam darah adalah 0.8 – 1.2 mg/kg (Anggraini & Fitria, 2021). Tembaga adalah unsur kimia yang ditemukan di alam di banyak senyawa yang berbeda dan dalam bentuk molekul, yang ditemukan terutama dalam berbagai sel dan jaringan (do Nascimento *et al.*, 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa toksisitas tembaga dapat menginduksi perubahan aktivitas seluler, seperti regulasi metabolisme lipid dan resistensi sel tumor terhadap obat kemoterapi. Sehingga 2 dibutuhkan suatu alternatif untuk mengurangi pencemaran dari logam Cu pada lingkungan dengan cara adsorpsi logam Cu (Cid et al., 2020).

Beberapa metode tradisional untuk menghilangkan kontaminan dari air, termasuk sedimentasi, koagulasi, pertukaran ion, ozonasi, flokulasi, filtrasi, filtrasi membran, tetapi metode ini juga sering menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang, dan konsumsi energi yang lebih tinggi, termasuk implikasi biaya ketika mengolah volume besar air limbah yang mengandung konsentrasi polutan rendah, membuatnya tidak cocok untuk produksi skala besar (Bora & Dutta, 2019). Biosorpsi telah terbukti menjadi alternatif potensial untuk menghilangkan logam berat dari air limbah karena kesederhanaan dan keramahan lingkungan. Biomaterial yang digunakan sebagai biosorben memiliki afinitas terhadap logam berat karena kemampuan mengikat logamnya (Beni & Esmaeili, 2020). Beberapa penelitian tentang biosorpsi sebelumnya sudah ada seperti penggunaan kulit

pisang (*Musa paradisiaca*) (Nasra et al., 2017) dan matoa (*Pometia pinnata*) (Salsabila et al., 2021) sebagai biosorben untuk menyerap ion Cu(II).

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan pencemar (adsorbat), baik pada fasa cair maupun gas. Proses adsorpsi merupakan teknik yang cocok untuk menghilangkan polutan anorganik dan organik, karena keuntungan yang signifikan seperti biaya rendah, ketersediaan, profitabilitas, kemudahan operasi, efisiensi, dan efektivitas dibandingkan teknik lainnya (Benhachem et al., 2019).

METODE

Variabel yang terdapat pada penelitian ini yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi pH, konsentrasi dan waktu kontak. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kapasitas penyerapan ion Cu(II) oleh selulosa dari kulit buah durian (*Durio zibethinus*) dan variabel kontrol adalah massa serbuk kulit durian dan volume larutan ion Cu(II).

Prosedur kerja pada penelitian ini meliputi :

1. Pembuatan Reagen
Pada tahap ini dilakukan pembuatan larutan induk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ 1000ppm
2. Preparasi Sampel
Pada tahap ini sampel yang digunakan di kumpulkan lalu dicuci menggunakan air terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada sampel. Sampel dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 2 hari sampai kadar air berkurang.
3. Karakterisasi
Karakterisasi biosorben kulit durian dilakukan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang ada pada kulit durian dan hasil isolasi selulosa kulit durian (Akbar et al., 2021).
4. Ekstraksi Selulosa dari Kulit Buah Durian
Tahap ini dilakukan *Dexawing* (Penghilangan Senyawa Ekstraktif) dimana Residu bebas ekstraktif dilarutkan kedalam larutan NaOH 4% (1:10). Selanjutnya, panaskan pada suhu 85°C selama 2 jam, lalu diamkan selama 24 jam dan disaring. Cuci residu dengan aquades sampai pH netral. Residu yang dihasilkan kemudian dikeringkan pada oven suhu 60°C selama 4 jam, lalu ditimbang dan dihitung rendemennya., kemudian dilakukan tahap Delignifikasi, dan terakhir yaitu tahap *Bleaching* Serbuk kulit durian bebas lignin dan hemiselulosa dilarutkan ke dalam larutan H₂O₂ 10% dengan perbandingan (1: 10). Panaskan menggunakan hotplate suhu 60°C selama 2 jam. Kemudian disaring menggunakan kertas saring dan cuci dengan aquades sampai pH netral. Dikeringkan pada oven suhu 40°C selama 2 jam dan dikarakterisasi menggunakan FTIR..
5. Perlakuan Penelitian dengan Metode *Batch*
Pada tahap ini dilakukan uji pengaruh pH yang dimana Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 100 ppm dengan pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 ,

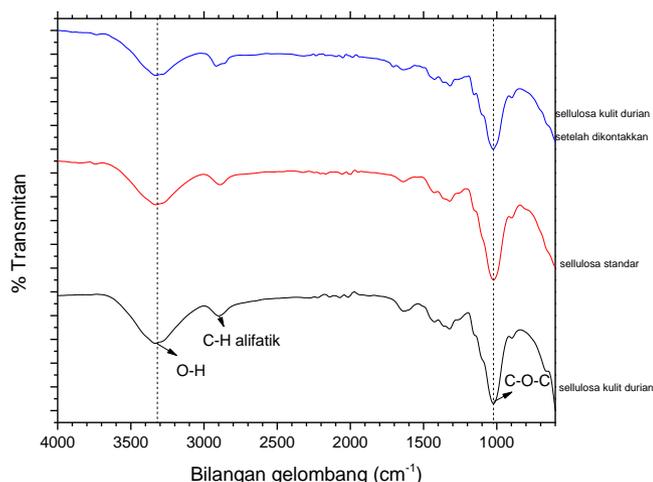
selanjutnya dilakukan uji pengaruh konsentrasi dimana larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm disiapkan pada kondisi pH optimum, kemudian larutan dikontakkan dengan biosorben sebanyak 0,2 gram dengan ukuran partikel 150 μm dengan metode batch. Larutan kemudian di-shaker dengan kecepatan 200 rpm pada waktu kontak 30 menit, lalu disaring dan melakukan pembacaan serapan ion Cu^{2+} menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), dan terakhir dilakukan uji pengaruh waktu kontak dimana Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi optimum sebanyak 25 mL dikontakkan dengan kulit durian pada pH optimum menggunakan metode batch. Larutan dishaker dengan kecepatan 200 rpm selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Lalu larutan disaring dan melakukan pembacaan serapan ion logam Cu^{2+} menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penelitian dengan metode dan prosedur yang sudah di tentukan, maka didapatkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini yaitu :

A. Karakterisasi FTIR

FTIR merupakan teknik analisis yang penting untuk mendeteksi karakteristik getaran gugus fungsi yang terdapat pada permukaan biosorben yang bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan selulosa yang nantinya akan dibuktikan dengan teridentifikasinya gugus hidroksil dan karbonil pada sampel yang diujikan. Hasil FTIR dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR selulosa kulit durian, selulosa standar, dan selulosa kulit durian setelah pengontakan

1. FTIR Selulosa Kulit Durian

Berdasarkan gambar, hasil dari bilangan gelombang spektra inframerah pada selulosa buah kulit durian (garis warna hitam) menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) yang muncul pada bilangan gelombang $3332,77 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 81,27 % T, gugus hidroksil berperan penting dalam mengikat ion logam serta bantuan gugus fungsi C-H yang muncul pada bilangan gelombang $2899,68 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 90,69 % T. Bilangan gelombang $1634,18 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan sebesar 92,27 % T. Gugus fungsi C-O terlihat pada bilangan gelombang $1322,38 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 86,22 % T. Munculnya gugus fungsi O-H, C-H serta gugus C-O-C yang muncul pada bilangan gelombang $1021,85 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 60,63 % T dimana ketiga gugus fungsi ini merupakan gugus fungsi utama selulosa yang menandakan keberadaan selulosa (Akbar et al., 2021).

2. FTIR Selulosa standar

Karakterisasi selulosa standar dilakukan untuk menjadi rujukan identifikasi dari karakterisasi ftir selulosa kulit durian yang telah di buat. Dimana hasilnya dapat dilihat pada bilangan gelombang $3331,23 \text{ cm}^{-1}$ munculnya gugus fungsi O-H dengan nilai transmittan 83,47 % T dan pada bilangan gelombang $2891,32 \text{ cm}^{-1}$ terlihat gugus fungsi C-H dengan nilai transmittan 91,01 % T. Gugus fungsi C-O dan C-O-C muncul pada bilangan gelombang $1320,96 \text{ cm}^{-1}$ dan $1021,85 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan masing-masing 84,73 % dan 54,59 % T.

3. FTIR Selulosa kulit durian Setelah Dikontakkan

Setelah dilakukan pengontakan selulosa kulit buah durian dengan ion logam Cu dikarakterisasi untuk melihat pergeseran gugus fungsi pada hasil karakterisasi FTIR selulosa kulit durian setelah pengontakan. Pergeseran bilangan gelombang gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang $3330,07 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 81,83 % T dimana terjadi kenaikan nilai transmittan dari gugus hidroksil ini menjadi tanda terikatnya ion logam Cu(II) oleh selulosa dari selulosa kulit durian.

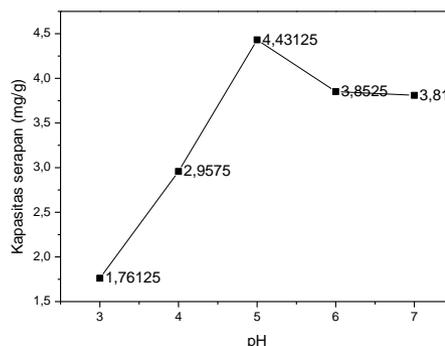
Pada gugus fungsi yang lain tidak terjadi pergeseran yang signifikan seperti pada gugus fungsi C-H pada bilangan gelombang $2916,69 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 85,83 % T, gugus C=C pada bilangan gelombang $1637,13 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 84,09 % T serta gugus C-O dan C-O-C pada bilangan masing-masing $1318,80 \text{ cm}^{-1}$ dan $1024,54 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmittan 77,59 % dan 52,96 % T. Pergeseran bilangan gelombang dari gugus hidroksil kearah yang lebih tinggi dapat menjadi bukti terjadinya penyerapan ion logam oleh selulosa kulit durian dimana hal ini juga didukung juga oleh kenaikan nilai transmittan yang berarti daya serap menurun (Salsabila et al., 2021).

B. Perlakuan dengan Metode *Batch*

1. Penentuan pH Optimum

Penentuan pH optimum ini dilakukan untuk menentukan pH optimum proses adsorpsi ion logam Cu(II). Kemampuan penyerapan suatu biosorben sangat dipengaruhi oleh ph. Hal ini berhubungan dengan juga mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben (Adriansyah et al., 2018). Parameter

pH dilakukan dengan variasi pH larutan 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Hasil penyerapan ion logam Cu (II) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cu²⁺ menggunakan selulosa kulit durian.

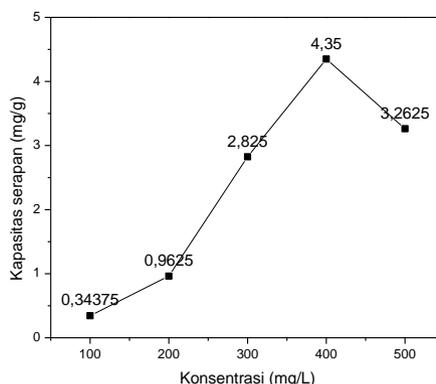
Pada Gambar 2 menunjukkan kapasitas penyerapan tertinggi terdapat pada pH 5 dengan kapasitas serapan sebesar 4,4312 mg/g mencapai 39,27 % penyerapan sehingga ditetapkan sebagai pH optimum. Hal serupa ditunjukkan dalam penyerapan ion logam Cu²⁺ menggunakan kulit buah matoa (Salsabila et al., 2021). Jika dilihat pada pH 3 kapasitas penyerapan yang terjadi sangat kecil sebesar 1,7612 mg/g dengan persentase penyerapan hanya 15,74 %.

Pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H⁺ dikarenakan gugus fungsi yang terdapat pada biosorben terprotonasi menyebabkan terjadi persaingan antara ion H⁺ dengan ion logam, dengan kata lain ion logam bersaing dengan ion H⁺ yang ada dalam sistem untuk mencapai sisi aktif biosorben yang masih tersedia untuk berikatan sehingga adsorpsinya pun menjadi rendah.

Jika dilihat pada pH 6 kapasitas penyerapan mengalami sedikit penurunan dari pH Optimum yaitu sebesar 3,8525 mg/g. Penurunan ini disebabkan oleh pada pH yang lebih tinggi sehingga sisi adsorpsi menjadi tidak aktif, hal ini disebabkan oleh reaksi antara kation logam dengan ion OH⁻ sehingga terbentuk hidroksida logam, sehingga persen serapan menurun menjadi 38,78 %.

2. Penentuan Konsentrasi Optimum

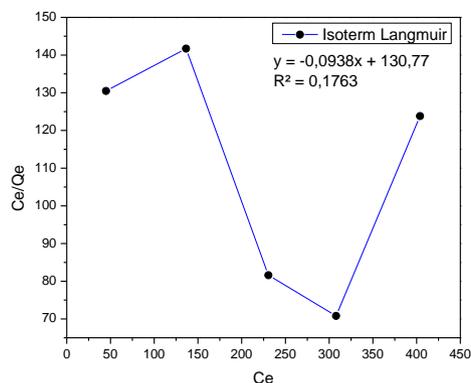
Penentuan konsentrasi optimum logam Cu dilakukan dengan variasi dari 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm dan 500 ppm serta waktu pengontakan masing-masing 30 menit dengan kecepatan 200 rpm pada pH optimum. Pada variasi ini hasil penyerapan ion logam Cu(II) dapat dilihat pada Gambar 3.



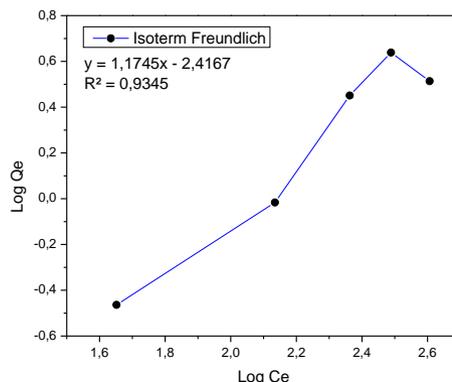
Gambar 3. Grafik pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cu^{2+} menggunakan selulosa kulit durian.

Konsentrasi optimum dapat dilihat pada konsentrasi 400 ppm dengan besar kapasitas serapan sebesar 4,350 mg/g. Kenaikan kapasitas serapan dari konsentrasi 100 sampai 400 ppm disebabkan oleh situs aktif pada selulosa belum jenuh sehingga dapat menyerap ion Cu^{2+} . Penurunan kapasitas serapan pada konsentrasi 500 ppm berkemungkinan akibat dari situs aktif sudah jenuh.

Bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat, dapat terjadi dua hal, yaitu pertama terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multilayer, sedangkan yang kedua tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida (Nur'aeni et al., 2019). Dari data variabel ini diperoleh pendekatan isoterm langmuir dan freundlich yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Isoterm Langmuir

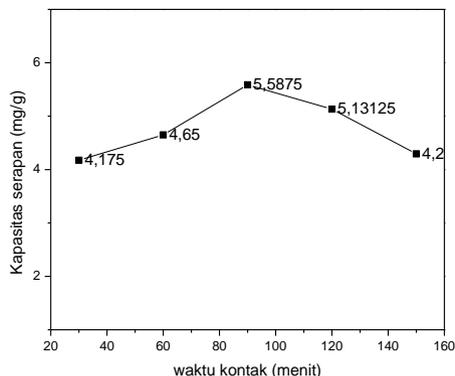


Gambar 5. Isoterm Freundlich

Dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 nilai R^2 untuk isoterm langmuir yaitu 0,1599 dan nilai R^2 pada isoterm freundlich yaitu 0,9345, sehingga dari kedua nilai R^2 tersebut dapat dikatakan penelitian ini lebih cenderung ke arah isoterm freundlich karena nilai $R^2 \geq 0,9$ (mendekati angka 1). Dapat ditarik kesimpulan penyerapan terjadi secara fisisorpsi dan adsorpsi ini terbentuk lapisan multilayer secara heterogen.

3. Penentuan Waktu Kontak

Penting untuk mengetahui waktu kontak dalam proses adsorpsi untuk mengetahui kapasitas optimum waktu kontak pada penyerapan ion Cu^{2+} . Kapasitas penyerapan ion logam Cu^{2+} dengan variasi waktu kontak menggunakan pH dan konsentrasi optimum oleh biosorben selulosa kulit durian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas penyerapan ion logam Cu^{2+} menggunakan selulosa kulit durian

Dapat dilihat pada grafik pada waktu kontak 30-120 menit terjadi kenaikan kapasitas serapan yang menunjukkan bahwa situs aktif selulosa belum jenuh sehingga terjadi peningkatan. Pada variasi waktu 90 menit di dapat kapasitas serapan sebesar 5,5875 mg/g dengan persentase adsorpsi 13,36 %. Tingginya kapasitas serapan pada waktu kontak 90 menit menjadikan waktu kontak ini menjadi waktu optimum. Pada 30 sampai 60 menit mengalami peningkatan adsorpsi 4,175 mg/g sampai 4,65 mg/g, dan menurun pada waktu 120 menit dengan kapasitas serapan 5,13125 mg/g dimana permukaan biosorben dalam kondisi jenuh dan telah setimbang sehingga penyerapan ion logam Cu^{2+} menurun.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan yaitu, kondisi optimum untuk penyerapan ion logam Cu^{2+} pada pH 5, konsentrasi 400 ppm, ukuran partikel 180 μm dengan waktu kontak 90 menit dan Kapasitas penyerapan optimum ion logam Cu^{2+} pada kondisi pH 5, konsentrasi 400 ppm, ukuran partikel 180 μm dengan waktu kontak 90 menit adalah 5,5875 mg/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. A., Nasra, E., Kurniawati, D., Beri, D., & Sanjaya, H. (2021). Isolasi dan Karakterisasi α -Selulosa Dari Kulit Buah Matoa (*Pometia pinnata*). 10(1), 1–5.
- Ali, L. A. M. (2017). Adsorption of lead (II) from industrial waste water by tea leaf leaves as adsorbent. 10(2), 829–836.
- Anggraini, D. I., & Fitria, D. (2021). Jurnal Farmasi Sains dan Praktis Uji Potensi Sari Buah Nanas (*Ananas comosus* L) Terhadap Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu) Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Test

- The Potential Of Pineapple (*Ananas comosus* L .) Juice To Reduce Con. 7(1), 7– 14
- Benhachem, F., Attar, T., & Bouabdallah, F. (2019). Kinetic study of adsorption methylene blue dye from aqueous solutions using activated carbon from starch. 2, 33–39
- Beni, A. A., & Esmaeili, A. (2020). Biosorption, an efficient method for removing heavy metals from industrial effluents: A Review. In *Environmental Technology and Innovation* (Vol. 17). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100503>
- Bora, A. J., & Dutta, R. K. (2019). Removal of metals (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, and Co)from drinking water by oxidation-coagulation-absorption at optimized pH. *Journal of Water Process Engineering*, 31(April), 100839.
- Cid, H., Ortiz, C., Pizarro, J., & Moreno-Piraján, J. C. (2020). Effect of copper (ii) biosorption over light metal cation desorption in the surface of *macrocytis pyrifera* biomass. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(3), 103729. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103729>
- do Nascimento, J. M., de Oliveira, J. D., Rizzo, A. C. L., & Leite, S. G. F. (2019). Biosorption Cu (II) by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnology Reports*, 21(2018), e00315. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00315>
- Lim, L. B. L., Priyantha, N., Lu, Y. C., & Mohamad Zaidi, N. A. H. (2019). Adsorption of heavy metal lead using *Citrus grandis* (Pomelo) leaves as lowcost adsorbent. *Desalination and Water Treatment*, 166, 44–52. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24620>
- Nasra, E., Kurniawati, D., & Bahrizal. (2017). Biosorption of Cadmium and Copper Ions from Aqueous Solution using Banana (*Musa paradisiaca*) Shell as LowCost Biosorbent. *International Conference on Chemistry and Engineering in Agroindustry*, 33–36.
- Nur'aeni, D., Hadisantoso, E. P., & Suhendar, D. (2019). Adsorpsi Ion Logam Mn²⁺ dan Cu²⁺ Oleh Silika Gel dari Abu Ampas Tebu. *Al-Kimiya*, 4(2), 70–80. <https://doi.org/10.15575/ak.v4i2.5087>
- 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.