

Optimasi Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺ Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Ras

Nesya Febi Utami¹, Edi Nasra*², Desy Kurniawati³, 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

*edinasra@fmipa.unp.ac.id

Abstract — adsorption is a method of waste treatment that has the potential to remove toxic heavy metals. One of the factors that influence the occurrence of the adsorption process is the presence of a biological material called a biosorbent. The adsorption method is a method of absorbing heavy metal contamination in liquid waste that is very efficient and effective, as well as easy and cheap economically because of the use of biomaterials that are very cheap and can be regenerated. Chicken egg shell contains Calcium Carbonate (CaCO₃) of 98.41% and has natural pores of 10,000 to 20,000 so it is estimated that it can absorb solutes. Based on the known mineral composition, chicken egg shells are composed of CaCO₃ (98.41%), Ca₃(PO₄)₂ (0.75%), and MgCO₃ (0.84%). So it can be seen that chicken egg shells have a high calcium carbonate content, where calcium carbonate is a polar adsorbent. The optimum conditions for each variable in contacting broiler egg shells that have been activated with Cu²⁺ metal ions are optimum at pH 4, concentration of 250 ppm.

Keywords — adsorption, eggshell, Cu²⁺, batch method

I. PENDAHULUAN

Berkembangnya Industri lokal memberikan pengaruh positif pada perekonomian masyarakat Indonesia [1]. Namun demikian, semakin pesatnya perkembangan industri ini dapat menimbulkan efek negatif pada lingkungan berupa bahan buangan yang beracun, salah satunya yaitu limbah logam berat. Menurut [2], limbah logam berat pencemar dengan toksisitas tertinggi adalah Kromium (Cr) dan Tembaga (Cu). Logam ini akan sangat berbahaya pada lingkungan perairan jika dalam konsentrasi yang tinggi karena adanya sifat akumulasi dan toksisitas logam didalam rantai makanan terutama dalam persistensi lingkungan makhluk hidup.

Seiring perkembangan dan kemajuan teknologi industri di Indonesia mengakibatkan semakin banyaknya penggunaan logam tembaga (Cu). Logam tembaga dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari yaitu seperti peralatan listrik dan mobil, AC, lemari es, telepon, amunisi, kabel, alat-alat radio, kapal terbang, campuran logam (perunggu dan kuningan), bahan celup dan rayon, perhiasan, alat-alat rumah tangga, alat-alat bangunan, untuk pewarnaan gelas/kaca, sebagai komponen dalam keramik, dan lain-lain [3].

Analisa logam biasanya menggunakan *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS). Selain itu, banyak metode lain yang dapat digunakan dalam analisis logam yaitu seperti metode prakonsentrasi yang dapat menentukan ion logam renik dalam air, diantaranya kopresipitasi. Proses

kopresipitasi ini melibatkan suhu, kecepatan pengadukan, dalam bentuk produk, dan pH [4]. Metode lain yang dapat menentukan logam yaitu ekstrasi fasa padat. Ekstrasi fasa padat adalah faktor yang dapat mempengaruhi proses sorpsi (adsorpsi-desorpsi) yang masih terus dikembangkan [5].

Adsorpsi adalah metode pengolahan limbah yang memiliki potensi untuk menghilangkan unsur logam berat yang beracun. Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya proses adsorpsi yaitu adanya material biologis yang disebut biosorben. Metode adsorpsi merupakan metode penyerapan kontaminasi logam berat pada limbah cair yang sangat efisiensi dan efektif, serta mudah dan murah secara ekonomi karena penggunaan bahan biomaterial yang sangat murah serta dapat diregenerasi [6].

Proses adsorpsi terjadi saat padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul adsorbat, sehingga terjadi gaya hidrostatis atau gaya kohesif dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material [7]. Proses adsorpsi terjadi saat molekul menempel dan terlepas pada permukaan adsorben yang diakibatkan oleh reaksi kimia dan fisika. Faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi yaitu sifat antar molekul yang diserap, temperatur, sifat zat padat yang mengadsorpsi, konsentrasi, dan lain-lain [8].

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, adsorben yang digunakan yaitu kulit pisang dan kulit durian [9]. Pada penelitian ini menggunakan cangkang telur ayam ras dimana pemanfaatan limbah cangkang telur ayam belum dimanfaatkan secara maksimal. Sebagian hanya

dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan pupuk organik, kerajinan tangan dan pakan unggas. Kadar kalsium yang cukup tinggi pada cangkang telur ayam ras memiliki potensi untuk menjadi penyerap atau sorben yang baik [10]. Cangkang telur ayam memiliki kandungan Kalsium Karbonat (CaCO_3) sebesar 98,41% dan memiliki pori-pori alami sebanyak 10.000 hingga 20.000 sehingga diperkirakan dapat menyerap solut. Berdasarkan komposisi mineral yang telah diketahui cangkang telur ayam tersusun atas CaCO_3 (98,41%), $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%), dan MgCO_3 (0,84%). Sehingga dapat diketahui bahwa cangkang telur ayam memiliki kandungan kalsium karbonat yang tinggi, dimana kalsium karbonat ini merupakan adsorben polar [11].

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia, gelas ukur, pH meter (kertas indikator), botol semprot, *hot plate*, *magnetic stirrer*, neraca, kertas saring, ayakan 180 mesh, alu dan mortar, oven, dan shaker.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang telur ayam ras, larutan logam $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, larutan HNO_3 0,1M, larutan NaOH 0,1 M, larutan HCl 0,1 M, dan Aquadest.

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel

Cangkang telur ayam ras terlebih dahulu dicuci dengan air mengalir hingga bersih dari kotoran. Setelah dicuci, cangkang telur ayam ras direndam dalam air panas selama ± 15 menit agar cangkang telur bebas dari kotoran. Setelah direndam, cangkang telur ayam ras ditiriskan dan dijemur hingga kering. Setelah kering, cangkang telur digiling dengan menggunakan alu dan mortar hingga halus menyerupai serbuk. Setelah dihaluskan, cangkang telur ayam ras di ayak dengan menggunakan ayakan berukuran 180 mesh. Cangkang telur ayam ras yang sudah di ayak, dimasukkan ke dalam oven dan dibiarkan selama ± 15 menit dengan suhu 105°C [12].

2. Aktivasi cangkang telur ayam ras

Serbuk adsorben yang telah didapat direndam dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam. Setelah direndam selama 48 jam, serbuk adsorben disaring dengan menggunakan kertas aring. Lalu, adsorben yang telah disaring dicuci dengan menggunakan akuades hingga pH 7 (netral). Selanjutnya adsorben netral, dimasukkan ke dalam oven selama ± 30 menit dengan suhu 105°C . Lalu, adsorben dikeringkan dalam desikator dan dilakukan karakterisasi dengan FTIR [12].

3. Persiapan adsorpsi dengan metode batch

a. Pengaruh pH

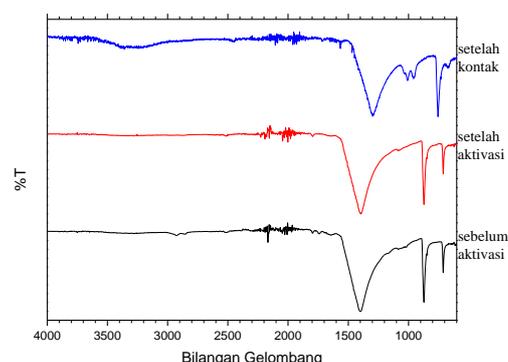
Sebanyak 25 ml larutan ion Cu^{2+} dengan konsentrasi 150 mg/L dengan variasi pH 2, 3, 4, 5 diatur dengan larutan HNO_3 0,1 M dan pH 6 diatur dengan NaOH 0,1 M, kemudian masing-masing larutan dikontakkan dengan 0,5 gram serbuk cangkang telur yang telah diaktivasi dengan metode batch, lalu larutan diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Selanjutnya larutan disaring, sehingga didapatkan filtrat. Filtrat kemudian diukur konsentrasi logam yang tidak terserap dengan menggunakan instrument SSA, lalu akan diperoleh pH optimum.

b. Pengaruh konsentrasi larutan

Sebanyak 25 ml larutan ion Cu^{2+} dengan konsentrasi (50, 100, 150, 200, 250, 300) mg/L pada pH 4. Setiap larutan dikontakkan dengan 0,5 gram serbuk cangkang telur yang sudah diaktivasi dengan sistem batch. Lalu larutan diaduk dengan *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Selanjutnya larutan disaring sehingga didapatkan filtrat, Filtrat yang didapat diukur konsentrasi logam yang tidak terserap dengan menggunakan instrument SSA, lalu akan diperoleh konsentrasi optimum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang dibuktikan dengan teridentifikasinya gugus fungsi dari mineral karbonat pada sampel cangkang telur yang telah diaktivasi, sebelum diaktivasi maupun setelah dikontakkan dengan Cu^{2+} . Pada karakterisasi ini digunakan bilangan gelombang $4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$. Hasil FTIR disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Spektrum FTIR cangkang telur sebelum diaktivasi, setelah aktivasi, dan setelah pengontakan

Pengujian awal yaitu menganalisa gugus fungsi yang terdapat pada serbuk cangkang telur sebelum diaktivasi. Berdasarkan data di atas terdapat puncak yang tajam pada bilangan gelombang 1400 cm^{-1} , 872 cm^{-1} , dan 712 cm^{-1} yang merupakan karakteristik dari mineral karbonat. Serapan pada bilangan gelombang ini adalah karakteristik ikatan C-O pada karbonat karena vibrasi ulur, menunjukkan ikatan koordinasi antara atom oksigen dari karbonat dan atom kalsium. Selanjutnya,

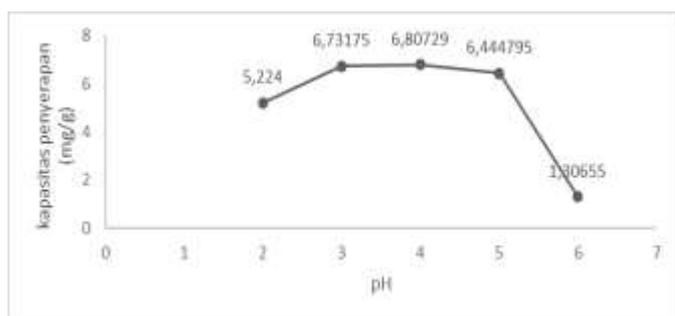
serapan pada bilangan gelombang 872 cm^{-1} dan 712 cm^{-1} dikarenakan bentuk deformasi dari karbonat [13].

Pada pengujian setelah diaktivasi bertujuan untuk menganalisa pengaruh aktivasi terhadap cangkang telur ayam ras. Aktivasi pada cangkang telur ayam digunakan untuk menghilangkan pengotor yang menutupi permukaan adsorben sehingga akan membuka pori-pori pada cangkang telur ayam ras. Dari data diatas, dapat dilihat pada pergeseran bilangan gelombang dari gugus fungsi, yaitu adanya pergeseran bilangan gelombang pada ikatan C-O yaitu 1394 cm^{-1} .

Pengujian ketiga yaitu setelah dikontakkan yang bertujuan untuk menganalisa pengaruh cangkang telur ayam setelah dikontakkan dengan ion logam Cu^{2+} . Dapat dilihat pada data diatas bahwa terjadinya pergeseran pada bilangan gelombang yang menandakan adanya interaksi antara gugus fungsi dengan ion logam Cu^{2+} . Data diatas ditunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang pada ikatan C-O yaitu 1300 cm^{-1} dan pada bilangan gelombang 770 cm^{-1} . Spektrum diatas terdapat dua puncak pada bilangan gelombang 1066 cm^{-1} dan 1112 cm^{-1} yang menunjukkan bentuk daerah sidik jari dimana biasanya menagndung adsorban yang sangat kompleks. Hal ini disebabkan karena seluruh jenis vibrasi bending molekul menyerap pada daerah tersebut (dari 1500 sampai 500 cm^{-1}) [14]

A. Pengaruh pH larutan

Optimasi pH dalam proses penyerapan ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan ion logam Cu akan terserap pada cangkang telur ayam ras dan terbentuk secara optimal serta berada dalam keadaan yang stabil. Penelitian ini dilakukan uji dengan variasi pH larutan yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6. Hasil penyerapan ion logam Cu^{2+} oleh cangkang telur ayam ras dapat dilihat pada gambar 2.

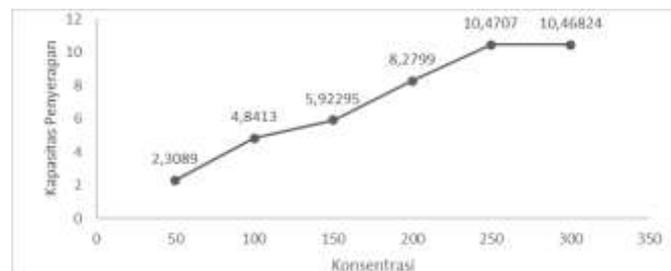


Gambar 2. Grafik pengaruh pH larutan

Kondisi optimum kapasitas penyerapan terjadi pada pH 4, yaitu dengan jumlah ion logam Cu^{2+} yang teradsorpsi sebesar 6,80729 mg/g. Pada pH yang tinggi 5 hingga 6 terjadi penurunan pada adsorpsi. Dikarenakan seiring meningkatnya pH, maka jumlah ion OH^- yang terkandung di dalam larutan akan meningkat sehingga sangat dimungkinkan sehingga sangat dimungkinkan terjadi kompetisi dengan ion logam menyebabkan penyerapan yang terjadi semakin kecil [15].

B. Pengaruh konsentrasi larutan

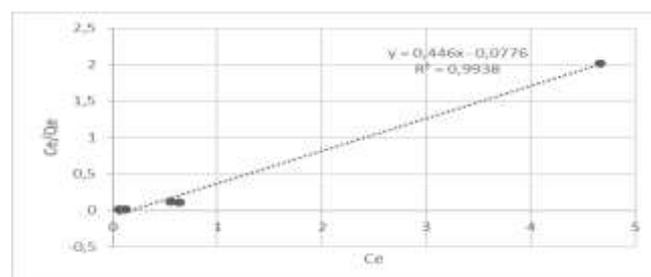
Optimasi konsentrasi dalam proses penyerapan ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan pada konsentrasi berapa ion Cu^{2+} akan terserap dan terbentuk secara optimal serta berada dalam keadaan yang stabil. Hasil penyerapan ion logam Cu^{2+} oleh cangkang telur ayam ras dapat dilihat pada gambar 3.



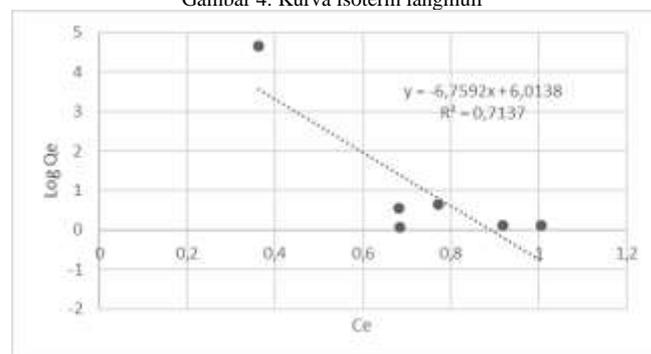
Gambar 3. Grafik pengaruh konsentrasi larutan

Penyerapan optimum terlihat pada konsentrasi 250 ppm yaitu dengan jumlah ion logam Cu^{2+} yang teradsorpsi sebesar 10,4707 mg/g. Pada kurva diatas menunjukkan terjadinya kenaikan penyerapan seiring bertambahnya konsentrasi yang terlihat pada 50-250 ppm dan konstan pada 250-300 ppm. Peningkatan penyerapan pada konsentrasi <250 ppm dikarenakan semakin besar konsentrasi maka akan menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi pada adsorben. Hal ini disebabkan karena ketersediaan pori pada permukaan adsorben semakin berkurang.

Untuk melihat kemampuan penyerapan adsorben maka dihitung kapasitas penyerapannya dengan menggunakan isoterm langmuir dan isoterm freundlich, yang dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Kurva isoterm langmuir



Gambar 5. Kurva isoterm freundlich

Diperoleh nilai R^2 pada persamaan isoterm langmuir yaitu 0,9938; sedangkan pada persamaan isoterm nilai R^2 yaitu 0,7137. Dari kedua isoterm yang diperoleh hasil penelitian didapat nilai koefisien korelasi (R^2) cenderung mengikuti persamaan langmuir, karena nilai R^2 mendekati 1. Dimana penyerapan terjadi secara kemisorpsi, dimana adsorpsi terjadi apabila terbentuk ikatan kimia antara molekul yang terserap dengan penyerap yaitu pusat aktif yang akan membentuk lapisan tunggal pada permukaan penyerap (*monolayer adsorption*) [16].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah: Kondisi optimum setiap variabel dalam pengontakan cangkang telur ayam ras yang telah diaktivasi dengan ion logam Cu^{2+} adalah optimum pada pH 4, konsentrasi 250 ppm

REFERENSI

- [1] Asip, F. (2008). Uji efektifitas cangkang telur dalam mengadsorpsi ion Fe dengan proses batch. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, 15, 22-26.
- [2] Adriyansyah, R. (2018). Biosorpsi ion logam berat Cu(II) dan CR(VI) menggunakan biosorben kulit kopi terxanthasi. Jurnal pendidikan dan ilmu kimia, 2(2), 114-121.
- [3] Pasema, W., Amrin. and Nasra, E. (2012). Analisis Kandungan Mangan (Mn) dan Tembaga (Cu) dalam bijih Mangan di Daerah Taming Tonga Kecamatan ranah Batahan Kabupaten Pasaman Barat Secara Spektrofotometri Serapan Atom. 1(1), pp. 66-69.
- [4] Wizul, Y., Dewata, I. and Nasra, E. (2013). Studi Kopresipitasi Zn^{2+} Menggunakan $Al(OH)_3$ sebagai kopresipitan. 2(2), pp. 6-10.
- [5] Etika, S. B., Nasra, E. and Rilaztika, I. (2018). Synthesis and Characterization of C-Cinnamal Calix [4] Resorsinarena from Cinnamon Oil Waste West Sumatera. 335(2018) 012028.
- [6] Naimah,S., dkk. (2011). Biosorpsi Logam Berat Cr(VI) dari Limbah Industri Pelapisan Logam Menggunakan Biomassa Saccharomyces Cereviceae dari Hasil Samping Fermentasi Bir. Jurnal Kimia Kemasan, 33(1), 113-117.
- [7] Ginting, F.D. (2008). Pengujian alat pendingin system adsorpsi dua adsorber dengan menggunakan methanol 1000 ml sebagai refrigeran. Universitas Indonesia:Jakarta, 178.
- [8] Batool, S., Idrees, M., Hussain, Q., & Kong, J. (2017). Adsorption of copper (II) by using derived-farmyard and poultry manure biochars: Efficiency and mechanism. *Chemical Physics Letters*, 689(Ii), 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2017.10.01>.
- [9] Nasra, E., Sari, R., Etika, S. B., Kurniawati, D., & Sari, T. K. (2020). Optimization of Phenol Absorption Using Banana Peel (*Musa balbisiana Colla*) as Biosorbent. 10(ICoBioSE 2019), 238–243. <https://doi.org/10.2991/absr.k.200807.048>
- [10] Zakiyyatunni'mah. (2016). Modifikasi Abu Kelud 2014 Sebagai Bahan Adsorben Ion Logam Tembaga (II) dan Nikel (II) Dengan Asam Asetat.
- [11] Vimonses, dkk. (2009). Kinetic study and equilibrium isotherm analysis of Congo Red adsorption by claymaterials. *Chemical Engineering Journal*, 148(2-3), 354-364.
- [12] Wati, E., Hajar, I., Sitorus, R. S., Mulyaningtias,N., &Welan, F. J. (2016). EFEKTIVITAS ADSORPSI LOGAM Pb^{2+} DAN Cd^{2+} MENGGUNAKAN MEDIA ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM.Ojs.Unpkediri.Ac.Id,5(1),1–8. <http://dx.doi.org/10.20527/k.v5i1.4771>
- [13] Al-Ghouthi, M. A., & Salih, N. R. (2018). Application of eggshell wastes for boron remediation from water. *Journal of Molecular Liquids*,256(2017),599–610. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.02.074>
- [14] Dachriyanus. (2004). Analisis Struktur senyawa Organik secara Spektroskopi. Padang: Universitas Andalas. LPTIK.
- [15] Abriagni, D. (2011). Optimasi Adsorpsi Krom (Vi) Ampas Daun Teh (*Camellia Sinensis L*) Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri. Universitas Negeri Semarang, Vi, 1–90.
- [16] Wiyantoko, Bayu., Pipit Novi Andri., Dyah Anggarini (2015). Pengaruh Aktivasi Fisika pada Zeolit Alam dan Lempung Alam terhadap Daya Adsorpsinya. Yogyakarta.