

Adsorpsi Ion Logam Cd²⁺ dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Ras

Nova Fitriani, Desy Kurniawati*

^{1,2}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Indonesia

*desykurniawati@fmipa.unp.ac.id

Abstract — The industrial development has resulted in more and more liquid waste containing heavy metals. Therefore we need a way to reduce these heavy metals. One way is adsorption using eggshells. The purpose of this study was to determine the optimum conditions for the adsorption of Cd²⁺ metal ions on the effect of variations in pH and stirring speed and to determine the adsorption capacity of eggshells for Cd²⁺ metal ions. This study used the batch method with variations in pH and stirring speed. The optimum conditions obtained from each variation were at pH 4, and stirring speed at 250 rpm. The adsorption capacity at the variation of pH was 2,3875 mg/g at 42,18% and adsorption capacity at variation in stirring speed was 3,3 mg/g at 24,01%.

Keywords — adsorption, eggshell, Cd²⁺, batch method

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri di Indonesia semakin meningkat seiring waktu. Banyaknya industri dapat memberikan dampak negatif terhadap kehidupan dan lingkungan yang berada di dekat industri tersebut. Dampak negatif yang terjadi dapat berupa menurunkan kualitas perairan yang ada di lingkungan sekitar, serta udara yang tercemar. Hal ini disebabkan oleh limbah yang dihasilkan dan tidak diolah dengan semestinya sehingga dapat mencemari lingkungan hidup manusia. Banyak kegiatan yang bisa menghasilkan limbah dan masuk ke perairan laut seperti aktifitas rumah tangga, kegiatan industri dan pertanian. Salah satu pencemaran yang memasuki laut dan perairan pesisir adalah limbah cair logam berat [1]. Beberapa peraturan yang mengatur tentang penanganan dan pencegahan logam berat industri, yaitu PP no.18 tahun 1999 juncto PP no.85 tahun 1999 tentang limbah B3, PP no. 74 tahun 2001 tentang bahan berbahaya dan beracun serta mengatur limbah yang dapat merusak lingkungan.[2]

Logam berat adalah suatu polutan yang sulit terurai dalam air. Tidak seperti polutan yang lain, logam berat sulit untuk didegradasi, tetapi dapat menumpuk melalui rantai makanan, beresiko terhadap kesehatan manusia dan kerusakan ekologi. Setidaknya 20 logam diklasifikasikan beracun dimana sebagian dari logam itu di emisi ke lingkungan dengan konsentrasi yang dapat menimbulkan resiko besar bagi kesehatan manusia [3].

Berdasarkan fungsinya logam berat ada dua, yaitu logam non-esensial dan logam esensial. Logam esensial adalah logam yang diperlukan makhluk hidup dengan jumlah kecil. Jika berlebihan akan berefek racun.berikut adalah logam esensial: Zn, Sn, Mn, Se, Cu, O, dan Fe. Logam non-esensial adalah logam yang *toxic* dan tidak diketahui manfaatnya, contohnya Cd, Hg, Pb, Cr, Sn [4]. Logam Cd merupakan salah satu logam non-esensial yang berbahaya dan beracun.

Logam kadmium dapat ditemukan dengan mudah di alam karena penyebaran yang luas. Kandungan kadmium yang banyak dapat meningkatkan konsentrasi logam kadmium pada perairan [5].

Metode-metode yang sering digunakan untuk mengurangi logam beracun pada limbah hasil industri sebelum dibuang ke lingkungan, seperti presipitasi kimia, adsorpsi menggunakan karbon aktif, teknologi membran, biosorpsi, filtrasi, pertukaran ion menggunakan resin, pengendapan dan penyerapan oleh adsorben berupa karbon aktif maupun resin sintetik [6][7]. Biosorpsi logam berat dari larutan dapat dianggap sebagai teknologi alternatif pada pengolahan limbah cair industri [8].

Adsorben yang dapat digunakan salah satunya adalah cangkang telur. Cangkang telur memiliki kandungan berupa, kalsium karbonat sekitar 85-95%; 1,4% magnesium karbonat; 0,76% fosfat; 4% bahan organik [9]. Kalsium karbonat memiliki interaksi yang kuat dengan beberapa ion logam divalent (M²⁺), pengurangan ion logam dapat menggunakan adsorpsi dalam larutan [10]. Penelitian sebelumnya yang memanfaatkan cangkang telur sebagai adsorben oleh Harripersadth (2020) yang mendapatkan kapasitas penyerapan pada ion logam Pb dan Cd secara berturut-turut yaitu 277,78 mg/g dan 13,62 mg/g.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang dimanfaatkan pada penelitian ini adalah peralatan gelas, mortal dan alu, neraca analitik. pH meter, ayakan 180 mesh, kertas saring, oven listrik, *magnetic stirrer*, instrumen FTIR dan Spektrofotometri Serapan Atom.

Bahan-bahan yang dimanfaatkan pada penelitian ini adalah, aquades, cangkang telur ayam ras, Cd(NO₃)₂ 1000 mg/L, HNO₃ 0,5 M, HCl 0,1 M.

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi sampel

Cangkang telur ayam yang telah didapat, pertama dibersihkan dari kotoran dengan dicuci menggunakan air mengalir. Setelah di cuci, cangkang telur di rendam dengan menggunakan air panas selama ± 15 menit agar cangkang telur bebas dari kotoran-kotoran yang menempel pada cangkang telur. Setelah direndam, cangkang telur ditiriskan dan dijemur hingga kering dibawah sinar matahari. Kemudian dihaluskan menggunakan alu dan mortar hingga halus seperti serbuk. Serbuk yang dihasilkan diayak dengan ukuran 180 mesh. Setelah diayak, serbuk cangkang telur dioven ± 15 menit dengan suhu 105°C . Kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR [11].

2. Aktivasi cangkang telur

Adsorben yang telah didapatkan kemudian direndam dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam. Setelah itu ditiriskan dan disaring dengan menggunakan kertas saring. Adsorben dicuci dengan menggunakan aquades sampai pH 7 (netral). Setelah adsorben netral, kemudian di oven dengan suhu 105°C selama ± 30 menit. Selanjutnya dikeringkan dalam desikator dan dilakukan karakterisasi dengan FTIR [11]

3. persiapan adsorpsi dengan metode batch

a. Pengaruh pH

Disiapkan 25 ml larutan ion Cd^{2+} konsentrasi 150 mg/L dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, kemudian masing-masing larutan dikontakkan dengan 0,5 gram cangkang telur yang telah diaktivasi, larutan kemudian shaker dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit. Setelah itu, larutan disaring dan ditampung filtratnya. Filtrat yang telah didapat kemudian diukur konsentrasi logam yang tidak terserap menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA), diperoleh pH optimum.

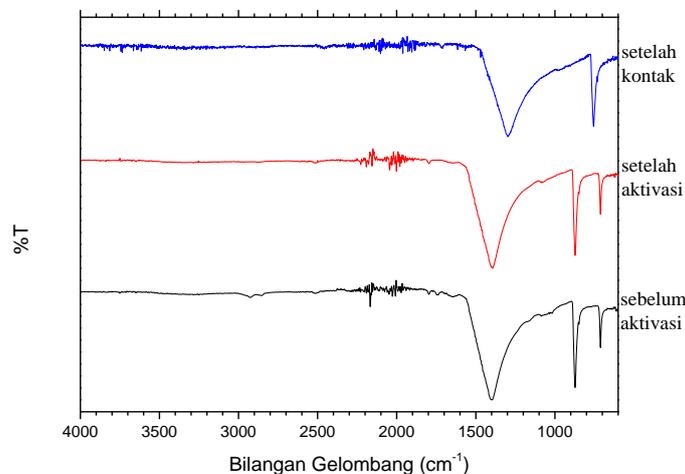
b. Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Disiapkan 25 ml larutan kadmium dengan konsentrasi 350 mg/L pada pH 4, setiap larutan dikontakkan dengan 0,5 gram cangkang telur yang telah diaktivasi. Larutan di shaker dengan kecepatan 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm dan 300 rpm selama 30 menit. Setelah itu larutan disaring dan ditampung filtratnya. Filtrat yang didapat kemudian diukur konsentrasi logam yang tidak diserap menggunakan AAS, didapatkan kecepatan pengadukan optimum

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada cangkang telur ayam ras baik sebelum dilakukan aktivasi, setelah dilakukan aktivasi dan setelah pengontakkan dengan larutan logam Cd. Pada karakterisasi ini dilakukan pada bilangan gelombang

$4000\text{-}600\text{ cm}^{-1}$. Hasil yang diperoleh terdapat pada gambar dibawah.



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

Pengujian awal yang dilakukan yaitu menganalisa gugus fungsi yang terdapat pada serbuk cangkang telur sebelum di aktivasi. Berdasarkan gambar diatas terdapat puncak yang tajam dibilangan gelombang 1404 cm^{-1} , 872 cm^{-1} , dan 712 cm^{-1} yang menunjukkan karakteristik 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 dibilangan gelombang 872 cm^{-1} , dan 712 cm^{-1} dikarenakan bentuk deformasi dari karbonat [12].

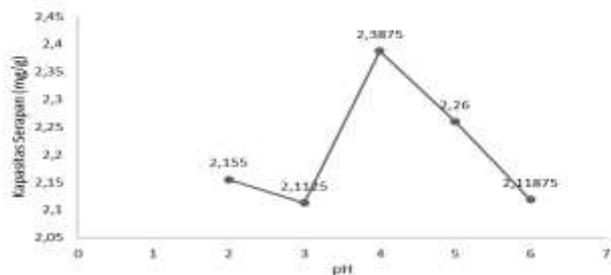
Pengujian kedua dilakukan untuk menganalisa pengaruh setelah dilakukan aktivasi terhadap cangkang telur. Aktivasi pada cangkang telur diperlukan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang menutupi permukaan adsorben sehingga akan membuka pori-pori cangkang telur. Pengaruhnya dapat dilihat pada pergeseran bilangan gelombang dari masing-masing gugus fungsi. Pada gambar diatas menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang pada ikatan C-O yaitu 1394 cm^{-1} .

Pengujian ketiga yaitu untuk menganalisa pengaruh cangkang telur setelah dikontakkan dengan logam Cd^{2+} , adanya pergeseran pada bilangan gelombang yang menandakan bahwa terjadinya interaksi antara gugus fungsi dengan logam Cd^{2+} . Pada gambar diatas menunjukkan adanya pergeseran bilangan gelombang pada ikatan C-O yaitu 1294 cm^{-1} dan pada bilangan gelombang 751 cm^{-1} .

C. Pengaruh pH

Pengaruh pH merupakan salah satu faktor penting pada proses adsorpsi sebagai fungsi dari konsentrasi ion hidrogen dan hidroksil. pH larutan mempengaruhi muatan pada permukaan adsorben dan ini berhubungan langsung dengan persaingan ion H^{+} ke situs aktif [13]. Pengaruh pH pada ion logam Cd^{2+} dilakukan pada pH 2, 3, 4, 5, 6 untuk mengetahui pada pH berapa kapasitas penyerapan optimum pada ion

logam Cd^{2+} . hasil penyerapan ion logam Cd^{2+} oleh cangkang telur dengan pengaruh pH dapat dilihat pada gambar 2.

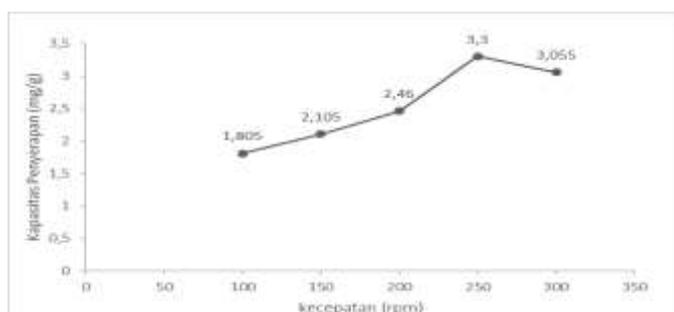


Gambar 2. Grafik pengaruh pH terhadap kapasitas penyerapan logam kadmium menggunakan cangkang telur

Pengaruh pH dapat dijelaskan dengan mekanisme pertukaran ion pada penyerapan dimana memainkan peran penting dari gugus karbonat yang mempunyai pertukaran kation [14]. Tingkat penyerapan pada pH 4 lebih tinggi dibandingkan pada pH 2 dan 3. Pada kurva diatas kapasitas penyerapan pada pH 4 dengan nilai kapasitas penyerapan 2,3875 mg/g 42,18%, sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi optimum penyerapan ion logam Cd^{2+} terjadi pada pH 4. Permukaan cangkang telur bermuatan positif pada pH kurang dari 7. Penyerapan tidak terjadi disebabkan oleh daya tarik elektrostatis dikarenakan tolak menolak antara permukaan cangkang telur dan Cd^{2+} . Tolak menolak antara kation Cd^{2+} dan muatan positif permukaan cangkang telur berkurang dengan peningkatan pH. Sehingga kapasitas penyerapan meningkat dengan kenaikan pH [15]. Ketika cangkang telur bercampur didalam larutan yang mengandung adsorbat, ion-ion seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , dan OH^- dilepaskan. Oleh karena itu, ketika pH meningkat, ada persentase yang tinggi dari gugus hidroksil yang dapat menyebabkan pengendapan logam dalam bentuk hidroksida serta tolak-menolak elektrostatis karena adanya muatan ion yang sama dalam larutan berair [12].

D. Pengaruh Kecepatan Pengadukan

Optimasi kecepatan pengadukan dalam proses adsorpsi ini bertujuan untuk mengetahui pada kecepatan berapa penyerapan terjadi secara optimum. Pada penelitian ini kecepatan pengadukan yang dilakukan adalah 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm dan 300 rpm selama 30 menit. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. Grafik pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kapasitas penyerapan logam kadmium menggunakan cangkang telur

Berdasarkan gambar diatas penyerapan optimum terjadi pada kecepatan 250 rpm dengan nilai kapasitas penyerapan 3,3 mg/g sebesar 24,01%. Pada kecepatan 250 rpm pergerakan pada partikel adsorben efektif sehingga adsorbat yang diserap lebih banyak. Jika pengadukan terlalu cepat akan mengakibatkan adsorben cepat rusak, sehingga proses penyerapan tidak optimal. Adsorbat yang telah menempel dan membentuk flok nantinya akan kembali pecah dikarenakan cepatnya pengadukan [7].

Berdasarkan teori semakin cepat kecepatan pengadukan yang digunakan, semakin tinggi ion yang diserap sehingga mencapai titik kesetimbangan, penyerapan akan mengalami keadaan konstan. Pada kecepatan 300 rpm, penyerapan mulai turun karena gugus aktif mengalami kejenuhan dan sedikit menurun karena kecepatan pengadukan akan membuat ion logam Cd^{2+} dilepaskan dari sisi aktif karena kecepatan yang sangat tinggi [16].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Penyerapan optimum logam Cd menggunakan cangkang telur terjadi pada pH 4 dan kecepatan pengadukan 250 rpm.
- 2) Kapasitas penyerapan logam Cd pada pH 4 adalah 2,3875 mg/g dan pada kecepatan pengadukan 250 rpm sebesar 3,3 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih untuk laboratorium kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang untuk dukungan dan fasilitasnya selama penulis melakukan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Santosa, R. W. (2013). Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Perusahaan Pertambangan Terhadap Nelayan Tradisional. *Administratum, Lex*, 1(2), 65–78.
- [2] Istarani, F., & Pandebesie, E. S. (2014). Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd). *Jurnal Teknik POMITS*, 3(1), 1–6. <http://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/5684/1685>
- [3] Akpor, O. B., & Muchie, M. (2010). Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications. *International Journal of Physical Sciences*, 5(12), 1807–1817.
- [4] Sosrosumahardjo, D. (2010). *Mengenal Logam Beracun*. Jakarta: Gramedia
- [5] Lestari, S., Sudarmadji, S., Tandjung, S. D., & Santosa, S. J. (2017). Biosorpsi Krom Total dalam Limbah Cair Batik dengan Biosorben yang Dikemas dalam Kantong Teh Celup. *Biosfera*, 33(2), 71. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2016.33.2.428>
- [6] Abdullah, N., Yusof, N., Lau, W. J., Jaafar, J., & Ismail, A. F. (2019). Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane technologies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 76, 17–38. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.03.029>
- [7] Afrianita, R., & Dewilda, Y. (2013). STUDI PENENTUAN KONDISI OPTIMUM FLY ASH SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENYISIHKAN LOGAM BERAT KROMIUM (Cr). *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 10(2), 104. <https://doi.org/10.25077/dampak.10.2.104-110.2013>
- [8] Antunes, W. M., Luna, A. S., Henriques, C. A., & Da Costa, A. C. A. (2003). An evaluation of copper biosorption by a brown seaweed under

- optimized conditions. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6(3), 11–21. <https://doi.org/10.2225/vol6-issue3-fulltext-5>
- [9] Schaafsma, A., Pakan, I., Hofstede, G. J. H., Muskiet, F. A. J., Veer, E. Van Der, & Vries, P. J. F. De. (2000). Mineral, Amino Acid, and Hormonal Composition of Chicken Eggshell Powder and the Evaluation of its Use in Human Nutrition. *Poultry Science*, 79(12), 1833–1838. <https://doi.org/10.1093/ps/79.12.1833>
- [10] Satriani, D., Ningsih, P., & Ratman, R. (2017). Serbuk Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Ras Sebagai Adsorben Terhadap Logam Timbal (Pb). *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), 103. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i3.8032>
- [11] Wati, E., Hajar, L., Sitorus, R. S., Mulianingias, 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>
- [12] Al-Ghouti, 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>
- [13] Bhaumik, R., Mondal, N. K., Das, B., Roy, P., Pal, K. C., & Das, C. (2012). Eggshell Powder as an Adsorbent for Removal of Fluoride from Aqueous Solution: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies. 9(3), 1457–1480.
- [14] Chojnacki, K. (2005). Biosorption of Cr(III) ions by eggshells. *Journal of Hazardous Materials*, 121(1–3), 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.02.004>
- [15] Flores-cano, J. V., Leyva-ramos, R., Mendoza-barron, J., Labrada-delgado, G. J., Guerrero-coronado, R. M., & Aragón-pi, A. (2013). Applied Surface Science Sorption mechanism of Cd (II) from water solution onto chicken eggshell. 276, 682–690. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.03.153>
- [16] 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>