



PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM SEBAGAI ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR MANGAN (MN)

Oleh

Sari Sekar Ningrum^{*1}, Dewa Ayu Dindasuci Pitaloka², Briantama Hanif Setiawan³, Aidha Zulaika⁴

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Cilacap; Cilacap

^{2,3}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jayabaya; Jakarta Timur

⁴Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Ibn Khaldun, Bogor

e-mail: sarisekarningrum@pnc.ac.id

Abstrak

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas adsorpsi cangkang telur ayam untuk mengurangi logam Mn dalam air limbah. Pada penelitian ini, sampel logam Mn diukur pada panjang gelombang 279.5 nm. Penelitian kadar logam Mn dalam limbah menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Dari hasil percobaan penelitian diperoleh semakin banyak adsorben yang digunakan maka persentase penurunan kadar limbah menjadi semakin besar. Variasi lama waktu dalam pengadukan juga mempengaruhi hasil akhir pada adsorpsi semakin lama waktu pengadukan maka banyak permukaan adsorben yang menjadi aktif sehingga banyak penyerapan logam dan konsentrasi logam menjadi menurun.

Kata Kunci: adsorben, limbah cangkang telur, mangan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia semakin meningkat. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS)(1), pada Tahun 2021 Triwulan I pertumbuhan ekonomi di Indonesia sebesar 2,97 % hingga Tahun 2022 Triwulan IV menjadi 5,02%. Tingginya pertumbuhan ekonomi ini seiring dengan pertumbuhan industri. Dengan semakin tingginya pertumbuhan industri maka menyebabkan peningkatan kegiatan industri.

Kegiatan industri adalah kegiatan yang mengubah suatu bahan baku baik bahan mentah atau bahan setengah jadi menjadi produk. Pada kegiatan industri ini, selain menghasilkan produk yang diinginkan dan produk samping juga menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah padat, gas buangan ataupun limbah cair. Limbah-limbah

ini akan berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu.

Industri yang menjalankan kegiatan yang menghasilkan limbah cair perlu melakukan pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke lingkungan. Baku mutu air limbah perusahaan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan atau badan air diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (2), yang di dalamnya terdapat baku mutu untuk tiap kriteria perusahaan.

Berbagai macam perlakuan secara fisika, kimia, dan biologi dikembangkan untuk mendukung pengolahan air, khususnya dalam mengurangi dari unsur- unsur tertentu. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghilangkan unsur pencemar dari air limbah



diantaranya adalah presipitasi, membran filtrasi, dan pertukaran ion (3). Metode adsorpsi merupakan metode yang paling sering digunakan karena lebih efisien dan lebih ekonomis karena bahan baku yang berasal dari alam (4). Cangkang telur merupakan salah satu jenis adsorben yang paling sering digunakan. Cangkang telur merupakan material berpori dengan banyak unsur karbon yang dihasilkan dari bahan yang banyak mengandung karbon setelah diaktivasi secara kimia maupun fisika. Cangkang telur memiliki pori-pori yang sangat banyak dengan ukuran tertentu yang dapat menangkap partikel yang akan diserap (5).

Menurut data dari BPS (6), produksi telur ayam petelur di Indonesia dari tahun 2021-2023 terus mengalami peningkatan dengan jumlah produksi total setiap tahunnya 5,15 juta ton, 5,56 juta ton, dan 6,11 juta ton. Menurut Mahreni et al, (2012) (7), telur ayam menghasilkan limbah cangkang telur sebanyak 10% dari total jumlah telur ayam sehingga pada tahun 2023 didapat limbah cangkang telur sebanyak 611 ribu ton. Tidak seperti telur, cangkang telur belum dimanfaatkan secara maksimal.

Cangkang telur mengandung unsur CaCO_3 dan protein asam mukopolisakarida yang dapat dikembangkan menjadi biosorben. Fungsi penting asam mukopolisakarida dapat mengikat ion logam berat atau untuk menyerap logam berat yang terkandung dalam limbah. Cangkang telur tersusun atas CaCO_3 sebesar 98,34%, MgCO_3 sebesar 0,84% dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sebesar 0,75%. Selain itu, cangkang telur memiliki lebih dari 10.000-20.000 mikropori yang dapat dimanfaatkan sebagai biosorben.

Adsorpsi dapat didefinisikan sebagai pemekatan material atau peningkatan satu atau lebih komponen pada suatu bagian diantara dua bulkphase (yaitu lapisan interfase atau ruang adsorpsi). Salah satu dari fase ini harus merupakan padatan dan lainnya adalah fluida (misalnya gas atau cairan) ((5)). Fase pengadsorpsi disebut adsorben, sedangkan

material yang di adsorb dinamakan adsorbat. Pada pengelolaan limbah cair, adsorpsi merupakan proses yang berfungsi untuk mengikat atau menyisihkan komponen tertentu yang terdapat di dalam larutan menggunakan adsorben (8).

Proses pembuatan adsorben dari limbah cangkang telur dapat dilakukan dengan beberapa faktor yang saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Adapun beberapa faktor tersebut adalah:

a. Luas permukaan adsorben

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan spesifik dari adsorben. Luas permukaan spesifik sebanding dengan total luas permukaan yang dapat terjadi adsorpsi. Semakin halus dan semakin berpori suatu adsorben diharapkan yield per satuan berat adsorben semakin meningkat (9).

b. Pengaruh kemampuan adsorben

Cangkang telur dijadikan sebagai adsorben dikarenakan mempunyai kandungan CaCO_3 (Kalsium Karbonat) yang tinggi yaitu 55,46% (9). Kalsium karbonat (CaCO_3) adalah bahan yang sesuai yang digunakan untuk penghilang senyawa toksik seperti limbah logam berat. Kalsium karbonat (CaCO_3) secara fisik pada bagian dalam kutikula terdapat Kristal hidroksiapatit yang memiliki pori-pori mengandung asam protein mukopolisakarida. Asam protein mukopolisakarida dikembangkan menjadi suatu adsorben dan berperan sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi. Dekomposisi termal CaCO_3 menjadi CaO dapat dilakukan pada suhu 500 - 1000°C.

c. Ukuran adsorben

Semakin kecil ukuran partikel dan semakin berpori suatu material adsorben maka nilai adsorpsi akan semakin meningkat. Ukuran partikel yang kecil akan mengakibatkan penyerapan adsorben lebih baik karena besarnya tenaga intermolekular yang dimiliki. Semakin kecil ukuran partikel adsorben, maka luas permukaan akan semakin besar.



d. Kecepatan pengadukan

Proses pengadukan ini dilakukan agar penyerapan logam merata dan tidak menggumpal pada satu tempat saja, dan menyebabkan penyerapan logam tidak optimal. Pada proses adsorpsi kecepatan pengadukan merupakan parameter penting, karena apabila pengadukan terlalu cepat kemungkinan besar struktur adsorben cepat rusak sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

e. Waktu kontak

Waktu kontak yang ditentukan untuk adsorpsi berfungsi untuk menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum pada waktu kesetimbangan.

f. Temperature

Pada adsorpsi cairan, pengaruh temperatur terhadap afinitas pelarut lebih dominan (9).

g. Porositas adsorben

Jumlah total, bentuk dan ukuran pori-pori adsorben menentukan kapasitas adsorpsi serta laju adsorpsi. Sebagian besar adsorben padat memiliki struktur kompleks yang terdiri dari pori dengan berbagai ukuran dan bentuk. Mekanisme adsorpsi pada permukaan makropori hampir sama pada permukaan datar, adsorpsi pada permukaan ini biasanya diabaikan. Adsorpsi pada permukaan mesopori berlangsung dengan mekanisme kondensasi adsorbat secara kapiler. Sedangkan untuk mikropori, proses adsorpsi pada dasarnya adalah proses pengisian pori (9).

h. Karakteristik kimiawi permukaan

Keragaman gugus fungsi pada permukaan adsorben memiliki pengaruh terhadap keasaman permukaan, polaritas atau hidrofobisitas dan muatan permukaan, yang berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi sebuah adsorben (9).

Limbah cair industri yang dihasilkan dari semakin meningkatnya aktivitas industri mengandung mangan (Mn). Mangan di dalam senyawa, $Mn(OH)_2$ mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air tetapi untuk

senyawa Mn seperti garam $MnCl_2$, $MnSO_4$, $Mn(NO_3)_2$ mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (10). Konsentrasi mangan yang tinggi dapat menyebabkan air menjadi keruh (11). Pada air dengan kadar Mn tinggi memiliki air yang keruh hal ini diakibatkan dari kadar Mn yang tinggi akan membentuk koloid akibat dari proses oksidasi Mn, dan koloid ini akan mengalami presipitasi dan mengendap pada dasar perairan yang dapat membuat warna air menjadi kecokelatan sehingga air jadi keruh (12). Pengambilan mangan oleh manusia terutama melalui makanan seperti sayur-sayuran dan rempah-rempah, bahan makanan yang mengandung konsentrasi tinggi adalah biji-bijian, kacang-kacangan dan kerang. Setelah penyerapan dalam tubuh manusia, mangan akan diangkut melalui darah ke hati, ginjal, pankreas, dan kelenjar endokrin. Mangan sendiri merupakan nutrient esensial bagi tumbuhan dan hewan, serta berperan dalam pertumbuhan makhluk hidup dan merupakan salah satu komponen pada sistem enzim. Meskipun termasuk dalam logam esensial, jika terpapar Mn dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan gangguan pada sistem syaraf, dan dapat menimbulkan emboli dan bronkitis serta sirosis hati (13).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang telur ayam dan limbah cair. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, blender, ayakan, tanur, AAS.

Prosedur Penelitian

Pembuatan adsorben dari cangkang telur dimulai dengan mencuci cangkang telur menggunakan air yang mengalir untuk menghilangkan pengotor lalu ditiriskan. Simplisia cangkang telur yang telah bersih dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 60 menit. Simplisia yang sudah kering ditumbuk dan diblender sampai halus, kemudian diayak dengan ukuran 140 mesh.



Kalsinasi serbuk cangkang telur untuk mendapatkan kandungan kalsium karbonat. Proses kalsinasi serbuk cangkang telur dilakukan dalam tanur pada suhu 500 °C selama 2 jam.

Serbuk cangkang telur yang telah dikalsinasi dimasukkan kedalam sampel limbah cair dengan berat masing-masing 1gr/100 mL; 2 gr/100 mL; 3 gr/100 mL; dan 4 gr/100mL. Masing-masing sampel diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Lama pengadukan dilakukan selama 60 menit dan 120 menit. Kemudian sampel disaring menggunakan kertas saring lalu dilanjutkan dengan penyaringan kedua menggunakan kertas Whatmas 42. Selanjutnya dilakukan analisis kadar Mn dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS) kemudian melakukan perhitungan persentase penurunan kadar Mn pada limbah cair dengan persamaan:

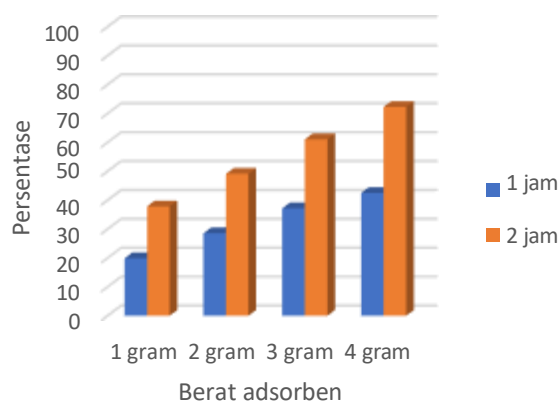
$$\% \text{penurunan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana a : kadar sebelum perlakuan
 b : kadar sesudah perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan cangkang telur ayam sebagai adsorben. Cangkang telur setelah melalui tahap kalsinasi mengandung kalsium karbonat (CaCO₃) yang mana merupakan bahan yang dapat digunakan untuk menghilangkan senyawa toksik dan limbah logam berat(14).

Hasil adsorpsi limbah Mn berdasarkan berat adsorben



Gambar 1. Hasil adsorpsi limbah Mn berdasarkan berat adsorben

Pengaruh berat adsorben terhadap penurunan kadar limbah logam Mn

Penelitian ini menggunakan variasi berat adsorben 1 gr; 2 gr; 3 gr; dan 4 gr. Dari hasil percobaan yang dilakukan seperti tertera pada **Gambar 1** diperoleh bahwa semakin banyak adsorben yang digunakan maka persentase penurunan kadar limbah menjadi semakin besar. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (15), semakin banyak bobot adsorben yang digunakan maka persentase penyerapan akan semakin tinggi. Ini terjadi karena semakin banyak adsorben yang digunakan maka jumlah partikel semakin banyak dan luas permukaan adsorben semakin besar sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyerapan menjadi meningkat (15,16).

Pengaruh lama waktu adsorpsi terhadap penurunan kadar limbah logam Mn

Waktu pengadukan atau waktu interaksi ion logam dan adsorben merupakan parameter yang penting untuk mengetahui kecepatan reaksi adsorpsi. Semakin sedikit waktu interaksi, laju reaksi makin cepat yang berarti juga laju adsorpsi makin tinggi (17). Pada



penelitian ini waktu pengadukan dilakukan dengan waktu 60 dan 120 menit.

Pada **Gambar 1** terlihat variasi waktu pengadukan diperoleh hasil bahwa Logam Mn mengalami penurunan konsentrasi maksimal pada waktu pengadukan selama 120 menit. Menurut penelitian (18,19) pada waktu pengadukan lama banyak permukaan adsorben yang menjadi aktif sehingga dapat melakukan banyak penyerapan logam dan konsentrasi logam menjadi menurun. Dalam hal ini terjadi penurunan konsentrasi dalam logam Mn. Pemilihan waktu yang lama dan volume larutan ion logam yang digunakan 100 mL membuat hasil konsentrasi logam Mn menurun. Pemilihan volume ini didasarkan pada asumsi bahwa jika digunakan jumlah ion logam yang lebih banyak akan menyebabkan permukaan adsorben menjadi lebih cepat jenuh (14).

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh jenis adsorben terhadap penurunan kandungan Mn pada air limbah menunjukkan bahwa semakin banyak adsorben ditambahkan maka semakin banyak penurunan Mn yang dihasilkan.
2. Lama waktu pengadukan dan pengukuran adsorben dapat mempengaruhi berat adsorben terhadap penurunan kadar limbah logam Mn.
3. Variasi lama waktu dalam pengadukan mempengaruhi hasil akhir pada adsorben semakin lama waktu pengadukan maka banyak permukaan adsorben yang menjadi aktif sehingga dapat melakukan banyak penyerapan logam dan konsentrasi logam menjadi menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistika. Badan Pusat Statistika. 2023 [cited 2025 Jan 5]. Ekonomi Indonesia Tahun 2022 Tumbuh

5,31 Persen. Available from: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/02/06/1997/ekonomi-indonesia-tahun-2022-tumbuh-5-31-persen.html>

- [2] Kemen LH. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah [Internet]. 5 Tahun 2024 Indonesia; 2014. Available from: www.pelatihanlingkungan.com
- [3] Hegazi HA. Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents. HBRC Journal. 2013;9(3):276–82.
- [4] Ibnu Hajar EW, Sitorus RS, Mulianingtias N, Welan FJ. EFEKTIVITAS ADSORPSI LOGAM Pb²⁺ DAN Cd²⁺ MENGGUNAKAN MEDIA ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM. Konversi. 2018 Mar 28;5(1):1.
- [5] E R. Adsorption by powders and porous solids. Chemistry, Materials Science. 1999;
- [6] Badan Pusat Statistik. Badan Pusat Statistik. 2024 [cited 2025 Jan 5]. Produksi Telur Ayam Petelur menurut Provinsi (Ton), 2021-2023. Available from: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDkxIzI=/produksi-telur-ayam-petelur-menurut-provinsi.html>
- [7] Mahreni ES, Sampe S, Chandra W. Pembuatan Hidroksi Apatit Dari Kulit Telur. In: Proseding Seminar Nasional Teknik Kimia. 2012.
- [8] Salamah S, Mufandi I, Krismawati AA, Humairrah S. Kemampuan cangkang telur sebagai adsorben untuk meningkatkan baku mutu air limbah laundry (air deterjen). Jurnal Teknik Kimia. 2023 Apr 6;29(1):47–53.
- [9] Çeçen Ferhan, Aktaş O. Activated carbon for water and wastewater treatment : integration of adsorption and biological treatment. Wiley-VCH; 2012. 388 p.
- [10] Said NI. METODA PENGHILANGAN



- ZAT BESI DAN MANGAN DI DALAM PENYEDIAAN AIR MINUM DOMESTIK. JAI. 2005;1(3).
- [11] Effendi H. Telaah Kualitas Air. Kanisius; 2003.
- [12] Moore JW. Inorganic Contaminants of Surface Water Research and Monitoring Priorities. New York: Springer Varleg; 1991.
- [13] Tri Puji AR. Identifikasi Kandungan Logam Berat Pada Air Sumur Warga Di Sekitar TPA Gunung Tugel, Banyumas. Universitas Islam Indonesia; 2019.
- [14] Nurhasni, Hendrawati, Saniyyah N. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. Jurnal Kimia Valensi. 2014 May;4(1):36–44.
- [15] Maslahat M, Taufiq A, Wahyu Subagja P. PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR SEBAGAI BIOSORBEN UNTUK ADSORPSI LOGAM Pb Dan Cd. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Biologi dan Kimia. 2017;5(1).
- [16] Apriliani A. PEMANFAATAN ARANG AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Cd, Cr, Cu DAN Pb DALAM AIR LIMBAH. [Jakarta]: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah; 2010.
- [17] Krismastuti F, Budiman H, Hanafi A. Adsorption Cadmium Ion by Silica Modified (Adsorpsi Ion Cadmium dengan Silika Modifikasi). In 2008. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/214801324>
- [18] Agus Prastyo Wibowo E, Sri Hardyanti I, Nurani I, Septyaningsih Hardjono DH, Dhana Rizkita A. STUDI PENURUNAN KADAR LOGAM BESI (Fe) DAN LOGAM TEMBAGA (Cu) PADA AIR EMBUNG MENGGUNAKAN ADSORBEN NANOSILIKA. Jurnal Ilmiah Sains. 2017;17(2).
- [19] Kusman R, Handoko D, Aning P. Pemanfaatan Abu Bawah Batubara (Bottom Ash) Teraktivasi Sebagai Adsorben Ion Logam Cd²⁺. Universitas Airlangga; 2010.