

EFISIENSI PENYERAPAN LOGAM BESI (FE) MENGGUNAKAN ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM DENGAN SISTEM BATCH

Vivian Novia Amalia¹⁾; Sarita Oktorina²⁾; Rr Diah Nugraheni Setyowati³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Indonesia
Email : viviannovia@gmail.com

Masuk: 23 Juni 2021, Revisi masuk: 3 Agustus 2021, Diterima: 16 Agustus 2021

ABSTRACT

Chicken eggshell is a waste produced by household activities and food industries. The chicken eggshell contains calcium carbonate (CaCO_3) and mucopolysaccharide acid protein which can be processed into adsorbent. This research was conducted to determine the adsorption ability of chicken eggshell waste toward Ferro (Fe) by using a batch system, the most effective variations of the adsorbent dose, and stirring time. This research was an experimental study with a variation of stirring time of 30 minutes and 60 minutes, while the adsorbent mass was 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr, and 2,5gr. The result showed that the average adsorption at stirring time variation of 30 minutes and 60 minutes were 74,87% and 91,94% respectively. Meanwhile the average adsorption at adsorbent mass variation of 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr and 2,5gr were 32,09%, 89,55%, 97,55%, 98,65% and 99,21% respectively. The adsorbent mass of 1,5 gr with a stirring time of 60 minutes was the highest adsorption, that is 99,65%. This research showed that chicken eggshell adsorbents can reduce iron (Fe) levels with stirring time and adsorbent mass variations.

Keywords: Adsorption, Chicken Eggshell, Iron (Fe).

INTISARI

Cangkang telur ayam merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga dan industri makanan. Cangkang telur memiliki kandungan protein asam mukopolisakarida dan kalsium karbonat (CaCO_3) yang dapat dijadikan sebagai adsorben. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi adsorben dari limbah cangkang telur ayam terhadap logam besi (Fe) dengan sistem batch serta variasi dosis adsorben dan waktu pengadukan yang paling efektif. Metode penelitian ini adalah eksperimental dengan variasi waktu pengadukan 30 menit dan 60 menit, sedangkan massa adsorben sebesar 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa hasil rata-rata adsorpsi pada variasi waktu kontak 30 menit dan 60 menit berturut-turut sebesar 74,87% dan 91,94%. Hasil rata-rata adsorpsi pada variasi massa adsorben 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr berturut-turut sebesar 32,09%, 89,55%, 97,55%, 98,65% dan 99,21%. Massa adsorben 1,5 gr dengan waktu kontak 60 menit mempunyai efisiensi penyerapan yang paling tinggi, yaitu 99,65%. Berdasarkan hasil di atas, diketahui bahwa adsorben cangkang ayam dapat menurunkan kadar besi (Fe) dengan variasi waktu pengadukan dan massa adsorben.

Kata-kata Kunci: Adsorpsi, Besi (Fe), Cangkang Telur Ayam.

PENDAHULUAN

Sumber kehidupan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari salah satunya adalah air. Air tanah merupakan sumber air baku yang masih banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, oleh sebab itu ketersediaannya harus diperhatikan kualitasnya. Mengingat kondisi lingkungan yang menurun akibat kegiatan industri maupun rumah tangga. Salah satu pencemar yang terdapat pada air tanah yaitu besi (Fe).

Pada penelitian yang dilakukan di salah satu sumur yang ada di Desa Sambibulu yaitu kadar Fe sebesar 21,85 mg/L. Kadar Fe dari salah satu sumur di Desa Ketapang yaitu 19,80 mg/L, sedangkan di Desa Jimbaran Kulon diketahui kadar Fe yaitu berkisar antara 0,37 – 1,42 mg/L. Hal tersebut dapat menyebabkan beberapa masalah, diantaranya warna air berubah menjadi kuning kecokelatan, menimbulkan bau yang tidak sedap dan masalah kesehatan bagi yang mengonsumsinya secara terus menerus.

Kadar besi (Fe) dapat diturunkan dengan beberapa cara seperti oksidasi, pertukaran ion, filtrasi maupun adsorpsi. Adsorpsi mampu menurunkan konsentrasi yang disebabkan oleh pencemaran logam berat. Adsorpsi juga lebih ekonomis, tidak menimbulkan efek toksik dan mampu menghilangkan bahan organik. Proses adsorpsi yaitu perpindahan partikel pada larutan pada permukaan pori yang ada pada butiran adsorben. Metode adsorpsi ada dua, yaitu sistem *batch* dan kontinyu (Ibrahim, 2016). Cara kerja sistem *batch* yaitu dengan cara memasukkan adsorben ke dalam wadah berisi larutan, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Sistem *batch* dipilih karena pengoperasian yang lebih mudah dan efisien waktu. Adsorben yang dapat diperoleh dengan cara memanfaatkan limbah yang ada di sekitar kita, antara

lain sabut kelapa, tongkol jagung dan cangkang telur.

Menurut Dinas Peternakan Provinsi Jawa Timur, produksi telur yang berasal dari ayam petelur sebesar 475.949 kg pada tahun 2018 yang mengalami kenaikan dimana pada tahun 2017 jumlahnya sebesar 467.505 kg. Jumlah produksi telur ayam ini mempengaruhi konsumsi telur ayam. Konsumsi telur ayam ini juga menghasilkan limbah berupa cangkang telur. Limbah cangkang telur langsung dibuang tanpa dimanfaatkan. Menurut (Farizan, 2018), cangkang telur mengandung unsur CaCO_3 dan protein asam mukopolisakarida yang dapat mengikat ion logam berat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Farizan, cangkang telur ayam kampung mampu menyerap logam besi (Fe) sebesar 83,35% dengan waktu pengendapan 3 jam. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Saleha menggunakan cangkang telur puyuh mampu menyerap logam besi (Fe) sebesar 91,40% dengan waktu perendaman 1 jam.

Pada penelitian ini, adsorben dari cangkang telur ayam digunakan untuk menurunkan kadar logam besi (Fe). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dari adsorben cangkang telur ayam dan mengetahui variasi massa adsorben dan waktu pengadukan yang paling efektif. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan sampel limbah artifisial besi (Fe). Tahapan penelitian yaitu dimulai dengan pembuatan adsorben cangkang telur ayam, pembuatan limbah artifisial besi (Fe), setelah itu dilakukan optimasi proses adsorpsi dan pengujian kadar besi (Fe) setelah proses adsorpsi.

Penelitian ini dilaksanakan mulai Mei 2020 hingga Januari 2021. Tempat pengambilan limbah cangkang telur ayam yaitu di Desa Sambibulu, Sidoarjo.

Penelitian sampel dilaksanakan di Laboratorium Mandiri yang berada di Sidoarjo, dan pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

Peralatan yang dibutuhkan antara lain botol plastik, baskom, kotak penyimpanan, neraca analitik, blender, ayakan, desikator, cawan petri, spatula, gelas beaker, corong, erlenmeyer, kertas saring whatman 42, *magnetic stirrer*, dan alat ICP (*Inductively Coupled Plasma*). Bahan yang digunakan yaitu aquades, serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, limbah cangkang telur ayam dan air bersih.

Pembuatan adsorben dilakukan dengan cara sebagai berikut, yang pertama yaitu cangkang telur ayam dibersihkan dengan cara dicuci untuk menghilangkan selaput dan kotoran-kotoran yang menempel. Kemudian cangkang telur ayam direndam selama 15 menit di air panas, lalu dibilas dengan air bersih dan dikeringkan dengan cara dijemur di bawah terik matahari selama 2 hari. Setelah cangkang telur ayam tersebut kering, lalu dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 120 mesh. Bubuk cangkang telur selanjutnya dipanaskan di oven dengan suhu 110°C selama 1 jam, selanjutnya didinginkan di desikator dan kemudian dimasukkan ke dalam kotak yang kedap udara.

Limbah artifisial dibuat dengan cara menimbang serbuk $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2,5 gram dilarutkan ke dalam 500 mL aquades untuk membuat larutan induk. Setelah itu diambil larutan induk sebanyak 12,5 mL untuk dilarutkan ke dalam 2.500 mL aquades, sehingga diperoleh konsentrasi larutan Fe 5 mg/L.

Pengujian pengaruh variasi massa adsorben dengan waktu kontak terhadap adsorpsi logam besi dilakukan dengan cara larutan Fe 5 mg/L dimasukkan ke gelas beaker sebanyak

100 mL. Selanjutnya diberi adsorben sebanyak 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr. Kemudian diletakkan di atas *magnetic stirrer* dan waktu kontak diatur selama 30 menit dan 60 menit dengan kecepatan aduk yaitu 200 rpm untuk setiap sampel. Setelah itu sampel ditunggu 1 jam untuk kemudian disaring memakai kertas saring. Filtrat hasil saringan lalu dilakukan uji kadar Fe dengan menggunakan alat ICP dan perlakuan diulang sebanyak dua kali. Data yang diperoleh kemudian dihitung efektivitasnya dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_a)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

% adsorpsi : persentase adsorpsi

C_0 : kadar awal larutan (mg/L)

C_a : kadar akhir larutan (mg/L)

Hasil dari persentase penurunan tersebut akan dilakukan analisis data dengan metode analisis deskriptif kuantitatif. Selanjutnya dianalisis dengan Uji Kruskal Wallis menggunakan aplikasi SPSS untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan terhadap setiap perlakuan.

PEMBAHASAN

Pengukuran Kadar Besi (Fe)

Data rata-rata hasil pengukuran kadar besi (Fe) berdasarkan variasi massa adsorben dan waktu kontak disajikan di Tabel 1. Pada tabel di bawah ini diketahui bahwa kadar awal yaitu 1,231 mg/L, setelah proses adsorpsi didapatkan kadar akhir yang berkisar antara 0,004-1,284 mg/L.

Tabel 1. Data Rata-Rata Hasil Pengukuran Kadar Besi (Fe)

| No. | Massa (gr) | Kadar Awal Fe (mg/L) | Kadar Akhir Fe (mg/L) | |
|-----|------------|----------------------|-----------------------|----------|
| | | | 30 Menit | 60 Menit |
| 1. | 0,5 | 1,231 | 1,284 | 0,388 |
| 2. | 1,0 | 1,231 | 0,169 | 0,089 |
| 3. | 1,5 | 1,231 | 0,056 | 0,004 |
| 4. | 2,0 | 1,231 | 0,026 | 0,007 |
| 5. | 2,5 | 1,231 | 0,012 | 0,008 |

Sumber: *Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, 2020*

teradsorpsi disajikan di Tabel 2 berikut ini

Efisiensi Hasil Pengukuran Kadar Fe

Data rata-rata efisiensi hasil pengukuran kadar besi (Fe) yang

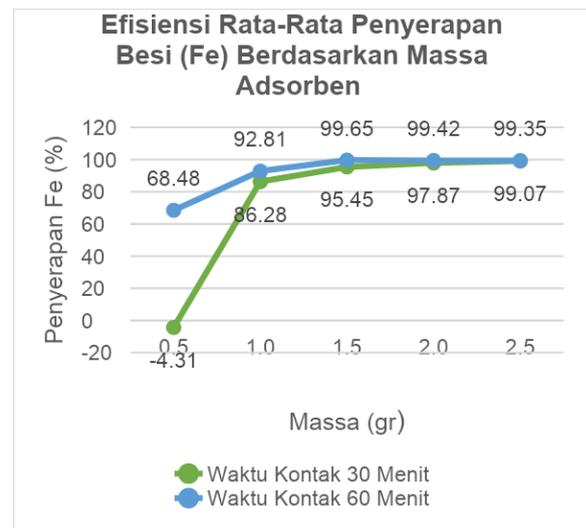
Tabel 2. Efisiensi Rata-Rata Hasil Pengukuran Kadar Besi (Fe)

| No | Massa (gr) | Kadar Awal (mg/L) | Kadar Akhir (mg/L) | | Efisiensi Penyerapan Fe (%) | |
|-----------|------------|-------------------|--------------------|----------|-----------------------------|----------|
| | | | 30 Menit | 60 Menit | 30 Menit | 60 Menit |
| 1. | 0,5 | 1,231 | 1,284 | 0,388 | -4,31 | 68,48 |
| 2. | 1,0 | 1,231 | 0,169 | 0,089 | 86,28 | 92,81 |
| 3. | 1,5 | 1,231 | 0,056 | 0,004 | 95,45 | 99,65 |
| 4. | 2,0 | 1,231 | 0,026 | 0,007 | 97,87 | 99,42 |
| 5. | 2,5 | 1,231 | 0,012 | 0,008 | 99,07 | 99,35 |
| Rata-rata | | | 0,309 | 0,099 | 74,87 | 91,94 |

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa persentase efisiensi rata-rata dari waktu kontak 30 menit berkisar antara -4,31% - 99,07% dan didapatkan hasil rata-rata yaitu 74,87%, sedangkan untuk waktu kontak 60 menit berkisar antara 68,48% - 99,65% dan didapatkan hasil rata-rata yaitu 91,94%.

Efisiensi Penyerapan Logam Fe Berdasarkan massa Adsorben

Variasi massa yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr. Pengaruh massa adsorben diuji dengan variasi waktu kontak yaitu sebesar 30 menit dan 60 menit. Penentuan massa adsorben yaitu untuk mengetahui massa minimum yang dibutuhkan sehingga diperoleh jumlah yang lebih ekonomis dan efisien. Berikut dapat dilihat pada Gambar 1.



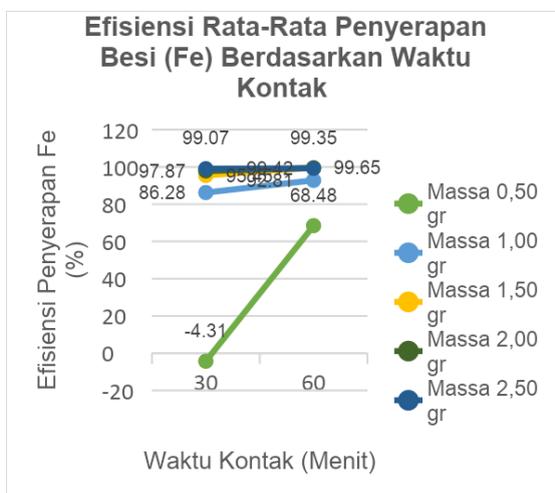
Gambar 1. Grafik Efisiensi Rata-Rata Penyerapan Besi (Fe) Berdasarkan Massa Adsorben

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa massa adsorben yang optimum pada waktu 30 menit yaitu massa 2,5 gram dengan nilai efisiensi 99,07%. Pada waktu ini efisiensi terus meningkat seiring dengan penambahan adsorben, hal ini dikarenakan jumlah dan luas permukaannya adsorben sebanding dengan banyaknya adsorbat yang terjerap. Sedangkan pada waktu 60 menit, massa adsorben optimum yaitu massa 1,5 gram dengan nilai efisiensi 99,65% dan semakin menurun seiring dengan penambahan massa

adsorben, hal ini disebabkan karena permukaan aktif pada adsorben sudah mencapai titik jenuh sehingga daya jerap adsorben menurun (Satriani dkk., 2017).

Efisiensi Penyerapan Logam Fe Berdasarkan Waktu Kontak

Variasi waktu kontak yaitu sebesar 30 menit dan 60 menit. Pengaruh massa adsorben diuji variasi massa adsorben sebesar 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr. Efisiensi adsorpsi logam Fe berdasarkan waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

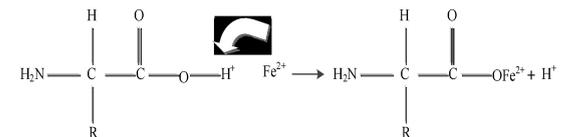


Gambar 2. Grafik Efisiensi Rata-Rata Penyerapan Besi (Fe) Berdasarkan Waktu Kontak

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa setiap penambahan waktu maka semakin meningkat pula daya adsorpsinya. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pengadukan antara adsorben cangkang telur ayam dengan larutan logam Fe, maka semakin banyak ion Fe yang terserap oleh adsorben cangkang telur karena semakin banyak permukaan pori adsorben cangkang telur ayam. Efisiensi waktu pengadukan terbaik adalah 60 menit, yaitu sekitar 68,48%-99,65%. Sedangkan efisiensi waktu pengadukan 30 menit yaitu sekitar -4,31%-99,35%.

Mekanisme Adsorpsi

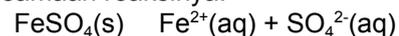
Cangkang telur ayam mempunyai gugus fungsi (O-H) yang berfungsi mengikat ion logam sehingga terjadi proses penyerapan dan pertukaran ion, berikut merupakan dugaan proses pertukaran ion yang terjadi pada adsorben cangkang telur ayam dan ion logam Fe^{2+} .



Gambar 3. Mekanisme Dugaan Pertukaran Ion yang Terjadi pada Adsorben Cangkang Telur Ayam dan Ion Logam Fe^{2+}

Saat gugus karboksilat (COOH) yang terdapat pada asam amino mengalami pelepasan ion H^+ karena adanya ion hidroksida (OH^-) saat itulah terjadi mekanisme pertukaran ion, yang menyebabkan gugus karboksilat bermuatan negatif (COO^-) yang cenderung berikatan dengan ion Fe^{2+} .

Ion Fe^{2+} merupakan senyawa yang terbentuk dari proses ionisasi $FeSO_4$ atau disebut besi (II) sulfat. Berikut persamaan reaksinya.



Berdasarkan uji statistik yang dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan pada proses adsorpsi logam besi (Fe) dan adsorben, diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi kontak yaitu nilai sig 0,130 > 0,05. Variasi massa adsorben menunjukkan adanya perbedaan signifikan yaitu dengan nilai sig 0,008 < 0,05. Pada percobaan berdasarkan penggabungan variasi waktu kontak dan massa adsorben diketahui nilai sig 0,049 < 0,05 yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka kesimpulannya adalah

adsorben dari cangkang telur ayam mampu menyerap logam besi (Fe) dalam air limbah sebesar -4,31% - 99,65%. Berdasarkan waktu kontak 30 menit dengan massa adsorben 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr didapatkan rata-rata efisiensi sebesar 74,87%. Berdasarkan waktu kontak 60 menit dengan massa adsorben 0,5gr, 1,0gr, 1,5gr, 2,0gr dan 2,5gr didapatkan rata-rata efisiensi sebesar 91,94%. Kemampuan optimal penyerapan logam besi (Fe) dengan menggunakan adsorben dari cangkang telur ayam terjadi saat waktu kontak 60 menit dengan massa adsorben 1,5 gram, yaitu sebesar 99,65%.

DAFTAR PUSTAKA

- Farizan, R., (2018), Penurunan Kadar Ion Fe (II) dalam Air Menggunakan Cangkang Telur Ayam Kampung dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman, 8.
- Ibrahim, A., (2016), Penurunan Kadar Ion Besi (Fe²⁺) dalam Air Menggunakan Serbuk Kulit Pisang Kepok, 100.
- Maharani, V., Kuntjoro, S., & Indah, N. K., (2018), Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Logam Berat Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo, 7(1), 6.
- Misfadhila, S., Azizah, Z., & Chaniago, C. D. P., (2018), Pengaplikasian Cangkang Telur dan Karbon Aktif Sebagai Adsorben Logam Timbal, 10(2), 8.
- Saleha, M., (2018), Penurunan Kadar Ion Fe (II) dalam Air Menggunakan Serbuk Cangkang Telur Puyuh, 8.
- 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>.

BIODATA PENULIS

Vivian Novia Amalia, S.T, lahir di Sidoarjo pada tanggal 2 November 1997, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya tahun 2021 pada bidang Teknik Lingkungan.