



ANALISA PERBANDINGAN ADSORPSI LOGAM BESI (FE) DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI MENGGUNAKAN BIOADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM DAN TELUR ITIK

Fatimah Athirah^a, Idi Amin^{a,*}, Andi Asdiana Irma Sari Yusuf^a

^aProgram Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar

Jalan Sunu No. 220, Kota Makassar, 90211

*E-mail: Idi.amin@atim.ac.id

Masuk Tanggal : 14 November , revisi tanggal: 18 Desember, diterima untuk diterbitkan tanggal : 20 Desember 2023

Abstrak

Pencemaran air oleh logam besi dari limbah cair industri menjadi masalah lingkungan yang serius. Metode pengolahan limbah cair yang terus dikembangkan yaitu penggunaan bioadsorben, salah satu bahan alami yang dapat digunakan adalah cangkang telur, cangkang telur yang digunakan yaitu cangkang telur ayam dan telur itik karena merupakan jenis telur yang umum dikonsumsi sehingga banyak limbah cangkang telur yang dihasilkan. Kandungan CaCO_3 dalam cangkang telur memiliki peran penting dalam mengikat logam berat. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyerapan ion logam Fe^{2+} agar kadar ion logam Fe^{2+} pada limbah cair bisa semakin berkurang. Untuk menurunkan kadar ion logam Fe^{2+} pada limbah cair digunakan bioadsorben cangkang telur ayam dan cangkang telur itik dengan variasi konsentrasi masing-masing 15 g/L; 20 g/L; 25 g/L; 30 g/L; dan 35 g/L. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan adsorpsi logam besi (Fe) dalam limbah cair industri menggunakan bioadsorben cangkang telur ayam dan telur itik dengan menggunakan variasi konsentrasi bioadsorben yang berbeda sehingga mencapai batas aman sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bioadsorben cangkang telur itik memiliki kemampuan penyerapan logam besi pada limbah cair industri yang lebih tinggi dibandingkan oleh bioadsorben cangkang telur ayam, pada penggunaan bioadsorben cangkang telur ayam dengan variasi konsentrasi 15 g/L; 20 g/L; 25 g/L; 30 g/L; dan 35 g/L diperoleh efektivitas penyerapan yaitu dari 80,12%-91,07% sedangkan pada cangkang telur itik dengan variasi konsentrasi yang sama diperoleh efektivitas penyerapan yang lebih tinggi yaitu dari 90,73%-95,67%.

Kata Kunci: Limbah cair Industri, Bioadsorben, Cangkang telur ayam, Cangkang telur itik, Logam Fe

Abstract

Water pollution by iron metal from industrial liquid waste is a serious environmental problem. The liquid waste processing method that continues to be developed is the use of bioadsorbents, one of the natural materials that can be used is egg shells. The egg shells used are chicken egg shells and duck eggs because they are a type of egg that is commonly consumed so a lot of egg shell waste is produced. The CaCO_3 content in egg shells has an important role in binding heavy metals. Therefore, it is necessary to absorb Fe^{2+} metal ions so that the levels of Fe^{2+} metal ions in liquid waste can be further reduced. To reduce the levels of Fe^{2+} metal ions in liquid waste, chicken eggshell and duck eggshell bioadsorbents were used with varying concentrations of 15 g/L each; 20g/L; 25g/L; 30g/L; and 35 g/L. This research aims to analyze the comparison of adsorption of iron metal (Fe) in industrial liquid waste using bioadsorbent chicken egg shells and duck eggs using different bioadsorbent concentration variations so that it reaches safe limits in accordance with the Regulation of the Minister of the Environment of the Republic of Indonesia No. 5 of 2014. Based on the tests that have been carried out, it can be concluded that duck eggshell bioadsorbent has a higher ability to absorb iron metal in industrial liquid waste compared to chicken eggshell bioadsorbent, when using chicken eggshell bioadsorbent with varying concentrations of 15 g/L; 20g/L; 25g/L; 30g/L; and 35 g/L, the absorption effectiveness was obtained, namely from 80.12%-91.07%, while in duck egg shells with the same concentration variations, the absorption effectiveness was higher, namely from 90.73%-95.67%.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran air sering kali menjadi salah satu dampak lingkungan yang muncul akibat kegiatan industri. Air limbah industri mengandung berbagai jenis polutan termasuk logam berat, salah satu logam berat yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia jika terkonsentrasi dalam jumlah yang tinggi adalah logam besi (Fe^{2+}). Isu lingkungan yang cukup kompleks yaitu keberadaan logam berat. Logam berat cenderung menumpuk di tanah dan air di lingkungan, yang dapat menyebabkan kontaminasi pada makanan yang dikonsumsi manusia [1]. Air limbah yang mengandung kadar ion logam besi (Fe^{2+}) yang tinggi dapat menyebabkan dampak serius pada lingkungan dan kesehatan manusia. Pencemaran logam besi dapat mengganggu ekosistem perairan dan mengganggu ketahanan tanaman di sekitar perairan.

Limbah cair yang mengandung besi, mengandung besi terlarut dalam bentuk Ferro (Fe^{2+}). Besi dalam bentuk Ferro dapat mudah teroksidasi menjadi besi dalam bentuk Ferri (Fe^{3+}) ketika terpapar oksigen di udara. Semakin tinggi kadar Fe^{2+} , pertumbuhan bakteri menjadi lebih cepat dan dapat menyebabkan penyumbatan saluran pipa. Organisme laut memerlukan unsur Fe untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Namun, apabila terjadi penyerapan besi secara berkelanjutan, kandungan besi dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan jika jumlahnya berlebihan, dapat memiliki efek beracun. Keracunan logam besi dalam jangka pendek dapat menimbulkan gejala seperti rasa mual, muntah, diare, dan sakit kepala [2]. Kandungan ion Fe(II) dalam air bersih memiliki potensi untuk mengubah warna air menjadi kuning-coklat. Setelah beberapa waktu kontak dengan udara, dapat menimbulkan aroma yang kurang menyenangkan dan menyebabkan bercak kuning pada pakaian, serta berpotensi menimbulkan masalah atau gangguan kesehatan bagi individu yang mengonsumsinya secara berkelanjutan [3]. Kadar besi (Fe) yang berlebihan dalam tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan pada organ-organ vital seperti pankreas, otot jantung, dan ginjal [4].

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup menetapkan standar baku mutu air limbah, dimana ditetapkan batas aman kandungan logam Fe pada air limbah sebesar 10 Mg/L atau 0,01 g/L [5].

Logam besi yang terakumulasi dalam tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan produktivitas pertanian. Di sisi kesehatan manusia, paparan air limbah yang mengandung logam besi berlebihan dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti keracunan logam Fe, gangguan sistem pencernaan, dan gangguan neurologis. Kandungan logam Fe yang diperoleh dalam limbah cair industri pengolahan incinerator mencapai 0,2309 g/L yang menunjukkan bahwa kandungan logam Fe pada limbah cair tersebut telah melewati batas yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, penting untuk mengelolah limbah cair industri dengan cermat dan melaksanakan tindakan pencegahan untuk mengurangi dampak buruk pada lingkungan dan kesehatan manusia.

Metode pengolahan air limbah yang sedang dikembangkan yaitu penggunaan adsorben alami (bioadsorben). Beberapa bahan alami yang telah dikembangkan sebagai bioadsorben antara lain zat sisa pertanian, serat kelapa sawit, arang aktif dan bahan alami yang lain. Metode adsorpsi menjadi pilihan utama yang paling umum digunakan dalam mengurangi konsentrasi logam berat dalam air. Keunggulan metode ini meliputi desain yang simpel, ramah lingkungan, tidak menghasilkan zat beracun, tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi, biaya relatif terjangkau, dan mampu mengurangi risiko pembentukan bahan kimia yang tidak diinginkan [6]. Salah satu limbah padat dari rumah tangga, restoran, dan industri yang dihasilkan dalam jumlah besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal yaitu cangkang telur. Cangkang telur yang dihasilkan oleh rumah tangga, restoran dan industri selain dijadikan sebagai kerajinan, cangkang telur juga lebih sering dibuang begitu saja sehingga hanya menjadi limbah yang menumpuk dan bisa menimbulkan bau yang tidak sedap. Oleh karena itu, cangkang telur dimanfaatkan sebagai bahan bioadsorben agar limbah cangkang telur bisa semakin berkurang.

Cangkang telur mengandung protein (asam amino) sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi dan memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi, dalam cangkang telur itik mengandung CaCO_3 sebesar 94% [7]. Sedangkan pada cangkang telur ayam ras mengandung kalsium karbonat sebesar 92,57% dan kalsium sebanyak 28% [8].

Bagian luar telur, yang disebut cangkang telur memiliki ketebalan sekitar 0,2-0,4 mm dan terdiri dari lapisan keras yang mengandung kalsium karbonat. Lapisan ini berfungsi untuk melindungi

bagian dalam telur. Kulit telur memiliki pori-pori yang memungkinkan udara dapat lewat. Warna kulit telur bervariasi, mulai dari putih hingga coklat, tergantung pada jenis unggas. Namun, perbedaan warna ini tidak mempengaruhi kualitas telur secara keseluruhan. Telur ayam memiliki kulit berwarna putih kekuningan hingga coklat, telur itik memiliki warna biru kehijauan, dan telur puyuh memiliki dasar putih dengan bercak-bercak coklat kehitaman [9].

Oleh karena itu, cangkang telur dapat digunakan sebagai adsorben serta mendukung penerapan minimalisasi limbah. Dalam penelitian ini, cangkang telur ayam dan telur itik dipilih sebagai bahan bioadsorben karena mudah diperoleh dan tersedia banyak dari kegiatan peternakan, restoran dan pedagang makanan.

Berdasarkan pernyataan yang telah diuraikan, maka dilakukan analisa perbandingan adsorpsi logam besi (Fe) dalam limbah cair industri menggunakan bioadsorben cangkang telur ayam dan telur itik dengan menggunakan variasi konsentrasi bioadsorben yang berbeda sehingga mencapai batas aman sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan produksi.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

2.1 Pembuatan Bioadsorben Cangkang Telur

Cangkang telur ayam dan telur itik dicuci hingga bersih kemudian dihilangkan membran serta kotoran yang melekat pada kulit telur, lalu cangkang telur ayam dan telur itik direndam menggunakan air panas selama 15 menit. Cangkang telur ayam dan telur itik dijemur selama 2 hari di bawah sinar matahari. Cangkang telur ayam dan telur itik yang telah kering dihaluskan menggunakan blender. Bubuk cangkang telur kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran partikel <180 mesh, kemudian bubuk cangkang telur selanjutnya dipanaskan dengan suhu 110°C selama 1 jam di dalam oven. Selanjutnya Bubuk cangkang telur dimasukkan dalam desikator kemudian disimpan pada wadah yang kedap udara.

2.2 Aktivasi Bioadsorben

Cangkang telur yang telah halus dipanaskan dengan suhu 600°C selama 1 jam di dalam tanur. Selanjutnya bioadsorben didinginkan di desikator lalu dimasukkan ke dalam wadah yang kedap udara.

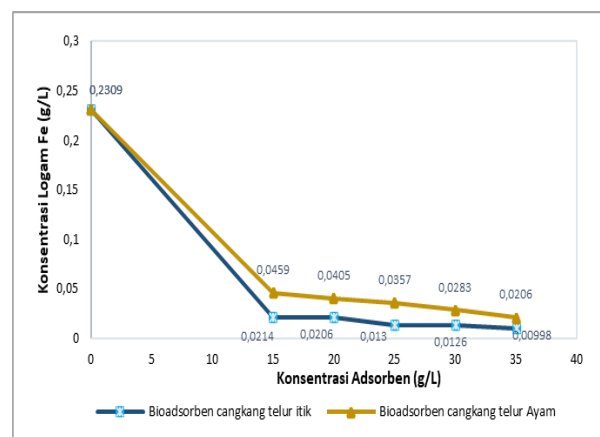
2.3 Uji Daya Serap Bioadsorben terhadap Ion Logam Fe²⁺

Sampel limbah cair industri dari pengolahan incinerator dimasukkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 100 mL. Bioadsorben dari cangkang telur ayam dimasukkan sebanyak 1,5 gram; 2 gram; 2,5 gram; 3 gram, dan 3,5 gram pada 5 buah erlenmeyer yang berisi sampel limbah cair industri dan dilakukan hal yang sama untuk bioadsorben cangkang telur itik. Erlenmeyer yang berisi sampel yang telah dicampurkan dengan bioadsorben diletakkan di atas hotplate magnetic stirrer dan waktu kontak diatur selama 60 menit pada masing-masing sampel dengan kecepatan putaran 200 rpm. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat hasil saringan lalu diuji kadar logam Fe²⁺ dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan cangkang telur ayam dan telur itik sebagai bioadsorben untuk mengurangi kadar ion logam Fe²⁺ pada limbah cair industri. Kadar Fe awal pada air limbah industri sebesar 0,2309 g/L, hal ini telah melampaui Standar Baku Mutu Air Limbah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.5 Tahun 2014 yaitu maksimum kadar Fe sebesar 0,01 g/L. Cangkang telur dipilih sebagai bahan bioadsorben karena memiliki zat kalsium karbonat (CaCO₃) yang cukup tinggi. Cangkang telur juga memiliki 10.000 hingga 20.000 pori-pori sehingga dapat menyerap ion logam dan dapat digunakan sebagai bioadsorben [10].

Pengaruh penambahan konsentrasi bioadsorben cangkang telur ayam dan telur itik terhadap penyerapan ion logam Fe²⁺ dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi ion logam Fe²⁺ pada air limbah industri dengan penambahan bioadsorben cangkang telur ayam dan cangkang telur itik.



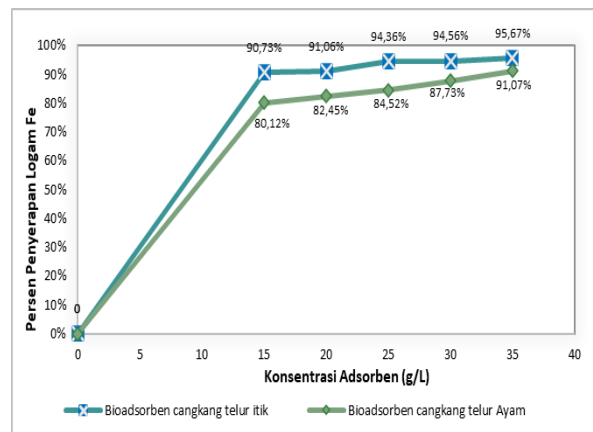
Gambar 1. Penyerapan ion logam Fe²⁺ pada air limbah industri

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa ada pengaruh dari konsentrasi bioadsorben terhadap konsentrasi ion logam Fe^{2+} yaitu berbanding terbalik, dimana semakin tinggi konsentrasi bioadsorben yang diberikan maka kadar ion logam Fe^{2+} yang terdapat pada air limbah industri akan semakin berkurang. Tingkat penurunan kadar Fe^{2+} yang paling tinggi yaitu pada bioadsorben cangkang telur itik dengan konsentrasi 35 g/L dimana konsentrasi ion logam Fe^{2+} yang tersisa sebesar 0,0099 g/L. Hal ini menunjukkan bahwa pada penambahan bioadsorben cangkang telur itik terhadap penurunan kadar ion logam Fe^{2+} pada air limbah telah sesuai dengan Standar Baku Mutu Air Limbah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.5 Tahun 2014 dengan kadar Fe maksimal 0,01 g/L. Sedangkan pada penambahan bioadsorben cangkang telur ayam terhadap penurunan kadar ion logam Fe^{2+} belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, karena kandungan kalsium karbonat pada cangkang telur itik lebih tinggi dibandingkan pada cangkang telur ayam, dimana pada bioadsorben cangkang telur itik memiliki kandungan kalsium karbonat yang lebih tinggi yaitu sekitar 94% [7], dibandingkan pada bioadsorben cangkang telur ayam yang memiliki kandungan kalsium karbonat sekitar 92,57% [8].

Saat konsentrasi bioadsorben yang digunakan meningkat menyebabkan jumlah partikel pengikatan ion juga meningkat, sehingga terjadi pengurangan kadar ion logam Fe^{2+} . Hal ini dikarenakan cangkang telur memiliki kemampuan adsorpsi yang efektif disebabkan oleh pori-pori yang banyak, kandungan $CaCO_3$ yang tinggi, dan bagian protein asam mukopolisakarida yang memiliki kandungan seperti karboksil, amina, dan sulfat yang berperan dalam mengikat ion logam berat dan membentuk ikatan ion [11].

Penyerapan ion logam Fe^{2+} dapat dilihat pada gambar 2 yang menunjukkan efektivitas penyerapan kadar ion logam Fe^{2+} oleh bioadsorben cangkang telur ayam dan itik.

Pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa jumlah bioadsorben yang ditambahkan mempengaruhi persentase penyerapan.



Gambar 2. Efektivitas penyerapan ion logam Fe

Dimana hal ini sebanding dengan jumlah partikel bioadsorben yang semakin banyak sehingga sisi aktif juga semakin banyak, saat gugus karboksilat ($COOH$) yang terdapat pada asam amino mengalami pelepasan ion H^+ karena adanya ion hidroksida (OH^-) saat itu juga terbentuk mekanisme pertukaran ion, yang menyebabkan gugus karboksilat bermuatan negatif (COO^-) yang cenderung berikatan dengan ion Fe^{2+} [12].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa bioadsorben cangkang telur ayam dan telur itik efektif dalam menyerap ion logam Fe^{2+} pada limbah cair industri, dimana pada cangkang telur ayam dengan variasi konsentrasi 15, 20, 25, 30 dan 35 g/L diperoleh efektivitas penyerapan yang semakin meningkat yaitu dari 80,12%-91,07% dan pada cangkang telur itik dengan variasi konsentrasi yang sama diperoleh efektivitas penyerapan yang semakin meningkat yaitu dari 90,73%-95,67%, hal ini menunjukkan bahwa bioadsorben dari cangkang telur itik memiliki tingkat penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan bioadsorben dari cangkang telur ayam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik ATI Makassar dan WWTP PT. KIMA serta semua pihak yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suliestyah, P. N. Hartami and E. J. Tuheteru, "Effect of Weight and Contact Time Adsorption of Activated Carbon from Coal as Adsorbent of Cu(II) and Fe(II) in Liquid Solutions," AIP Conference Proceedings, pp. 1-9, 2020.

- [2] Suryaningsih, I. Said and N. Rahman, "Analisis kadar kalsium (Ca) dan besi (Fe) dalam kangkung air (*Ipomeae Aquatica* Forsk) dan kangkung darat (*Ipomeae Reptan* Forsk) asal palu," *Jurnal Akademika Kim*, pp. 7(3): 140-145, 2018.
- [3] R. Farizan, A. H. Mukaromah and D. H. Sitomurti, "Penurunan Kadar Ion Fe(II) dalam Air Menggunakan Cangkang Telur Ayam Kampung dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman," 2018.
- [4] T. Dian Pradana, Suharno and A. Kamarullah, "Efektivitas Koagulan Bubuk Kapur Dan Filtrasi Dengan Metode Up Flow dan Down Flow Untuk Menurunkan Fe," *Jurnal Kesehatan Masyarakat Khatulistiwa*, pp. 5(1); 32-41, 2018.
- [5] Menteri Lingkungan Hidup, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup, 2014.
- [6] L. Ifa, Nurdjannah, T. Syarif and Darnengsih, *Bioadsorben dan Aplikasinya*, Kota Baru: Yayasan Pendidikan Cendekia Muslim, 2021.
- [7] I. Y. Wiyata and R. T. Broto, "Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur Bebek sebagai Katalis CaO," 2021.
- [8] W. M. Syam, *Optimalisasi Kalisium Karbonat dari Cangkang Telur Untuk Produksi Pasta Komposit.*, Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin, 2016.
- [9] Wirakusumah and Emma, *Menikmati Telur Bergizi, Lezat dan Ekonomis*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2005.
- [10] D. Y. Purwaningsih, I. A. Wulandari and A. W. Aditya, "Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Biosorben untuk Penurunan COD pada Limbah Cair Pabrik Batik," *Teknik Kimia*, pp. 507-512, 2021.
- [11] C. M. F. Mali, "Uji Efektivitas Cangkang Telur dan Karbon Aktif Sekam Pada Dalam Mengadsorpsi Logam Timbal (Pb)," *Politeknik ATI Makassar*, Makassar, 2020.
- [12] V. N. Amalia, S. Oktorina and D. N. Setyowati, "Efisiensi Penyerapan Logam Besi (Fe) Menggunakan Adsorben Cangkang Telur Ayam dengan Sistem Batch," *Jurnal Teknologi Technoscintia*, pp. 14(2): 91-96, 2022.