INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF PARTICLE SIZE OF RICE HUSK ASH AS ADSORBENT FOR MERCURY IN COLUMN ADSORPTION SYSTEM

Desi Nurandini[1), 2)*], Riani Ayu Lestari[1)], Isna Syauqiah[1), 2)], Ahmad Rizalli[1)], Ryan Rahmatullah[1)]
[1)] Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Lambung Mangkurat University, South Kalimantan, Indonesia
[2)] Wetland Based Materials Research Group, Lambung Mangkurat University,
South Kalimantan, Indonesia

[*] E-mail corresponding author: desi.nurandini@ulm.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 05-10-2021
Received in revised form: 07-10-2021
Accepted: 07-10-2021
Published: 08-10-2021

Keywords:
Liquid waste
Mercury
Adsorption column
Rice husk ash
Particle size

ABSTRACT

The presence of heavy metal mercury (Hg^{2+}) in liquid waste has caused serious problems to environmental pollution. One of the most effective method to reduce the levels of heavy metals mercury (Hg^{2+}) in liquid waste is adsorption. Rice husk ash is highly potential to adsorb heavy metals in water because it is a porous material with a high silica content. Therefore, rice husk ash can be used as an adsorbent for heavy metals in liquid waste. The purpose of this study was to determine the level of mercury (Hg^{2+}) that can be adsorbed from the column adsorption process using adsorbent of rice husk ash and to determine the optimum mass of rice husk ash as an adsorbent. The research was conducted using a series of simple adsorption column tools with a circulation time of 120 minutes. While the independent variables were adsorbent particle size of 50, 100, and 200 mesh. Measurement of mercury (Hg^{2+}) levels was carried out on samples before and after treatment with Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results showed a significant decrease in Hg^{2+} levels with the optimum adsorbent particle size of 200 mesh, the value of the adsorbed Hg^{2+} ion content reached 101.670 μg/L.

INVESTIGASI PENGARUH UKURAN PARTIKEL ABU SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN MERKURI PADA SISTEM ADSORPSI KOLOM

Abstrak- Keberadaan logam berat merkuri (Hg^{2+}) dalam limbah cair dapat menimbulkan permasalahan yang serius bagi pencemaran lingkungan. Salah satu upaya yang dapat di lakukan untuk mengurangi kadar logam berat tersebut dengan menggunakan metode adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui berapa kadar Hg^{2+} yang dapat terserap dari proses adsorpsi secara kontinyu menggunakan adsorben abu sekam padi, serta menentukan ukuran partikel abu sekam padi yang optimum sebagai adsorben. Penelitian ini menggunakan rangkaian alat kolom adsoprsi kontinyu sederhana dengan waktu sirkulasi selama 120 menit. Variabel bebasnya adalah ukuran partikel adsorben abu sekam padi 50, 100 dan 200 *mesh*. Kadar merkuri pada sampel ditentukan dengan analisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar Hg^{2+} yang signifikan dengan ukuran partikel adsorben optimum 200 mesh dan nilai kandungan ion Hg^{2+} yang teradsorpsi mencapai 101,670 μg/L.

Kata kunci : limbah cair, merkuri, kolom adsorpsi, abu sekam padi, ukuran partikel

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia pada saat ini semakin pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti industri kertas, tekstil, dan sebagainya. Seiring dengan pertambahan industri tersebut, maka semakin banyak pula hasil samping yang diproduksi berupa limbah. Salah satu limbah tersebut adalah limbah logam berat. Limbah ini dapat menyebabkan

pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas serta mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya. Salah satu logam berat yang mendapat perhatian khusus yaitu merkuri. Merkuri dianggap sebagai logam berbahaya karena baik ion atau senyawanya mudah diserap oleh tubuh, bersifat karsinogenik dan dapat mengakibatkan terhambatnya fungsi dari berbagai enzim dan kerusakan sel. Selain itu, merkuri juga bersifat mudah larut dalam air. Hal ini dapat menjadi permasalahan yang serius, khususnya bagi Kalimantan Selatan yang sebagian besar wilayahnya berupa lahan basah dan banyak dialiri sungai apabila pencemaran logam merkuri ini dibiarkan begitu saja.

Dewasa ini usaha-usaha pengendalian limbah logam berat semakin berkembang dalam upaya pencarian metode-metode yang murah, efektif, dan efisien. Salah satu metode yang banyak dipakai dalam industri adalah adsorpsi karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun, mampu menghilangkan bahan-bahan organik serta efektif untuk menyerap logam berat. Proses adsorpsi tentunya memerlukan adsorben dan pada umumnya penggunaan adsorben konvensional memerlukan biaya operasional dan regenerasi yang relatif lebih mahal, sehingga perlu digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, karena selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, adsorben tersebut juga bersifat lebih ekonomis

Daerah-daerah agraris seperti Kalimantan Selatan umumnya mempunyai masalah terhadap limbah hasil pertanian dimana ketersediaan limbah sekam padi yang cukup banyak di segala tempat di sekitar penggilingan padi sedangkan tempat pembuangan atau penumpukannya terbatas. Bahkan di beberapa daerah sekam padi dibuang dan dianggap sebagai bahan yang kurang bermanfaat. Padahal, abu sekam padi merupakan bahan yang sangat potensial sebagai bahan penyerap logam berat dalam air. Abu sekam padi dapat digunakan sebagai adsorben karena merupakan material berpori dengan kandungan silika yang tinggi. Silika adalah salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai adsorben dan silika dari abu sekam padi merupakan adsorben yang baik karena mempunyai luas permukaan yang besar (200-250 m^2/g) dengan ukuran partikel 1-10 µm dan mempunyai kandungan silika yang tinggi yaitu sebesar 86,9-97,3% (Mulyasuryani et al., 2013). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan abu sekam padi apabila dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengurangi kandungan logam berat merkuri dalam limbah cair, sehingga diharapkan bisa menjadi alternatif penyelesaian masalah pencemaran lingkungan.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan terdiri dari seperangkat kolom adsorpsi, *stopwatch*, neraca analitik, bak penampung *efluen* dan *influen*, pompa air celup (*submersible pump*), pipa kecil, kran, klem, gelas ukur, dan botol kaca.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi, larutan artifisial merkuri ($HgSO_4$) 10 ppm, akuades, larutan HCl 0,1 N dan kapas.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap awal adalah pembuatan limbah artifisial merkuri sulfat ($HgSO_4$) 10 ppm sebanyak 100 L yang disimpan dalam bak penampung. Selanjutnya adalah preparasi adsorben abu sekam padi, dimana sekam padi dipanaskan dalam *muffle furnace* pada suhu 600^{o}C selama 4 jam hingga menjadi abu. Abu sekam padi yang telah terbentuk diayak dengan 3 variasi ukuran yaitu 50, 100 dan 200 *mesh*. Kemudian dilakukan studi adsorpsi merkuri menggunakan adsorben abu sekam padi. Pada tahap ini abu sekam padi ukuran 50 *mesh* dengan massa 2 gram dimasukkan ke dalam kolom adsorpsi. Selanjutnya, sampel larutan artifisial merkuri ($HgSO_4$) dialirkan dari bak *influen* secara *down flow* ke dalam kolom dan sampel dari larutan *efluen* diambil setelah waktu sirkulasi 120 menit. Pengambilan sampel dilakukan selama 2 menit dimana volume sampel yang tertampung dicatat. Langkah tersebut diulangi ukuran partikel abu sekam padi (100 dan 200 *mesh*). Penentuan kadar akhir merkuri dilakukan dengan menggunakan sistem analisis *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

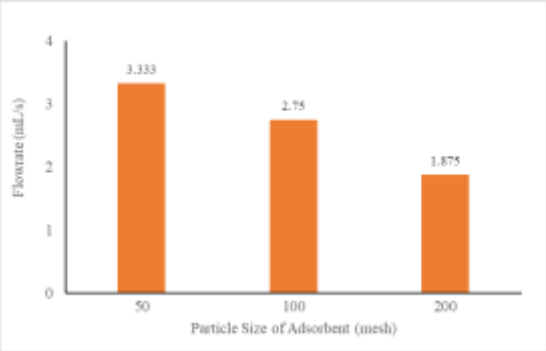
HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi menggunakan adsorben abu sekam padi dalam penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar logam Hg^{2+} yang terkandung dalam limbah artifisial. Metode/sistem dalam penggunaan adsorben dibedakan menjadi dua, yaitu sistem *batch* dan kolom. Sistem adsorpsi yang digunakan merupakan sistem kolom yang merupakan sistem kontinyu yang operasinya selalu mengontakkan adsorben dengan larutan baru. Sistem kolom lebih menguntungkan karena pada umumnya memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *batch* sehingga lebih sesuai untuk aplikasi skala besar (Irma et al., 2015).

Model aliran yang digunakan adalah aliran dari atas ke bawah. Pada model ini, limbah akan teradsorpsi secara cepat dan efektif. Penggunaan kapas pada rangkaian alat kolom adsorpsi bertujuan untuk memecah aliran sehingga larutan adsorbat dapat tersebar secara merata pada saat melewati adsorben. Selain itu kapas juga berperan sebagai filter atau penyaring terhadap zat-zat pengotor yang terkandung dalam larutan adsorbat. Adapun konsentrasi larutan artifisial $HgSO_4$ yang digunakan yaitu 10 ppm dengan kadar ion Hg^{2+} sebesar 774,760 µg/L berdasarkan hasil pengujian menggunakan AAS.

Adsorben dibuat melalui proses kalsinasi sekam padi dalam tungku pembakar *furnace* pada suhu 600 ^oC selama 4 jam. Penggunaan suhu pada proses kalsinasi dibawah 600 ^oC menyebabkan hasil adsorben yang didapat semakin sedikit. Hal ini disebabkan karena pada suhu rendah sebagian besar sekam padi terbakar menjadi karbon (arang) saja. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi arang tersebut terbakar lebih lanjut sehingga berubah menjadi abu. Jadi, makin tinggi suhu pembakaran, maka semakin besar bagian sekam yang berubah menjadi abu. Sebelum dilakukan kalsinasi, pada sekam padi terlebih dahulu dilakukan proses pengeringan untuk mengeliminasi kandungan air dalam sekam padi dengan cara menguapkan air dari permukaan sekam padi. Proses pengeringan ini diikuti oleh pengurangan volume (Nurhasni et al., 2010).

Pengaruh variasi ukuran partikel adsorben terhadap *flowrate* diketahui dari pengukuran pada masing-masing variasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Nilai *flowrate* yang diperoleh pada massa 6 gram dengan variasi ukuran partikel adsorben 50, 100 dan 200 *mesh* masing-masing sebesar 3,333; 2,750; dan 1,875 mL/s.

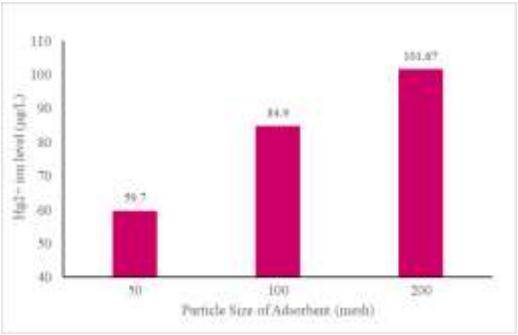


Gambar 1. Hubungan Variasi Ukuran Partikel Adsorben terhadap *Flowrate*

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa ukuran partikel adsorben berbanding lurus dengan *flowrate*, dimana semakin kecil ukuran adsorben maka *flowrate* juga akan semakin kecil. Semakin lambat *flowrate* maka semakin lama kesempatan partikel adsorben abu sekam padi untuk bersinggungan dengan ion Hg^{2+} yang akan terikat di dalam pori-pori abu sekam padi. Semakin kecil laju alir maka semakin banyak ion Hg^{2+} yang terserap. Kondisi ini disebabkan karena pada laju alir yang semakin kecil maka waktu kontak antara ion-ion yang terdapat dalam air semakin lama sehingga ion-ion yang teradsorpsi semakin banyak (Sylvia, 2017).

Pada penelitian kali ini juga dilakukan perbandingan, yaitu dilakukan pengukuran terhadap *flowrate efluen* pada salah satu variasi yaitu pada ukuran 200 *mesh.* Dengan larutan yang mengandung merkuri, diperoleh nilai *flowrate* seperti pada Gambar 1 di atas yaitu sebesar 1,875 mL/s. Sedangkan dengan larutan yang tidak mengandung merkuri, pada variasi yang sama diperoleh nilai flowrate sebesar 2,133 mL/s. Hasil tersebut membuktikan bahwa proses bersinggungan antara partikel adsorben abu sekam padi dengan ion Hg^{2+} yang akan terikat di dalam pori-pori abu sekam padi mempengaruhi nilai *flowrate efluen*, proses tersebut dapat memperlambat laju aliran. Semakin lama proses bersinggungan ini terjadi, maka semakin lambat pula laju alirnya. Hal ini ditandai dengan *flowrate efluen* pada larutan yang mengandung merkuri lebih lambat dibandingkan larutan yang tidak mengandung merkuri.

Adapun pengaruh variasi ukuran partikel adsorben terhadap kadar ion Hg^{2+} terserap dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, diperoleh nilai kadar Hg^{2+} terserap pada massa adsorben 6 gram untuk variasi ukuran adsorben 50, 100 dan 200 *mesh* masing-masing sebesar 59,700; 84,900; dan 101,670 µg/L.



Gambar 2. Hubungan Variasi Ukuran Partikel Adsorben terhadap Kadar Ion Hg^{2+} Terjerap

Variasi ukuran partikel adsorben berbanding terbalik dengan kadar ion terserap. Terlihat bahwa adsorben yang memiliki ukuran partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat penyerapan lebih besar dibandingkan dengan adsorben yang berukuran lebih besar. Hal ini menyangkut luas area

permukaaan adsorben yang tersedia untuk dapat berinteraksi dengan substansi yang terdapat pada larutan. Secara teoritis efisiensi penyerapan akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Bertambahnya luas permukaan adsorben menyebabkan ion-ion akan lebih banyak terserap pada permukaan biosorben tersebut (Nurhasni et al., 2010). Pada ukuran partikel 200 *mesh*, kadar Hg^{2+} dalam efluen secara umum lebih rendah daripada ukuran 50 dan 100 *mesh*. Hal ini dikarenakan pada abu sekam padi ukuran 200 *mesh* memiliki laju difusi yang lebih kecil sehingga secara umum waktu adsorpsi yang diperlukan juga lebih pendek, atau dengan kata lain, pada waktu yang sama, jumlah Hg^{2+} yang dapat dijerap lebih besar dibandingkan pada ukuran 50 dan 100 *mesh* sehingga kadar Hg^{2+} pada efluen lebih rendah. Sehingga, ukuran vartikel yang optimum dapat ditentukan dan kadar ion Hg^{2+} yang terserap. Dengan kata lain variasi adsorben yang optimum adalah adsorben yang mempunyai ukuran partikel yang semakin kecil. Adapun pada penelitian kali ini variasi adsorben yang optimum terdapat pada ukuran partikel 200 *mesh* dengan massa sebesar 6 gram. Pada variasi tersebut diperoleh nilai paling tinggi dari kadar ion Hg^{2+} yang terserap mencapai 101,670 μg/L.

KESIMPULAN

Ukuran adsorben abu sekam padi yang optimum adalah 200 *mesh* dimana diperoleh nilai paling tinggi dari kadar ion Hg^{2+} yang terserap sebesar 101,670 μg/L. Hal ini dikarenakan ukuran partikel adsorben yang lebih kecil mempunyai luas permukaan yang besar sehingga tingkat penjerapan ion logam juga menjadi lebih besar.

Biomassa sekam padi dapat dikembangkan sebagai adsorben untuk ion logam berat lainnya dimana proses yang dibutuhkan dalam sintesis dan adsorpsi adalah sederhana dan efektif. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan adsorben abu sekam padi yang diaktivasi terlebih dahulu, untuk mengetahui pengaruh aktivasi terhadap daya jerap adsorben dalam mereduksi kadar merkuri dan melakukan perbandingan menggunakan adsorben komersial untuk mengetahui efisiensi dari keduanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Universitas Lambung Mangkurat melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) atas pendanaan penelitian Program Dosen Wajib Meneliti (PDWM) Tahun Anggaran 2021 dengan Surat Kontrak No. 008. 09 /UN8.2/PL/2021.

DAFTAR PUSTAKA

Afrianita, R., Dewilda, Y. & Fitri, R., 2013, "Efisiensi Dan Kapasitas Penyerapan Fly Ash Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan Logam Timbal (Pb) Limbah Cair Industri Percetakan di Kota Padang", *Jurnal Teknik Lingkungan Unand*, 10 (1**),** 1-10.

Astuti, W. & Kurniawan, B., 2015, "Adsorpsi Pb^{2+} Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk Dan Granular", *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, (4), 27-33.

Irma, K.N., dkk., 2015, "Adsorpsi Fenol menggunakan Adsorben Karbon Aktif dengan metode Kolom", *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4 (1), 17-21.

Mohamed, R. M., Mkhalid, I. A. & Barakat, M. A., 2015, "Rice Husk Ash as A Renewable Source for The Production Of Zeolite Nay And Its Characterization", *Arabian Journal Of Chemistry* (8), 48-53.

Mulyasuryani, A., Rumhayati, B., Cahyani, C. & Soebiantoro, 2013, "Adsorpsi Pb^{2+} Dan Cu^{2+} Menggunakan Kitos an-Silika Dari Abu Sekam Padi", *Valensi*, 3 (2)**,** 88-92.

Nurhasni, Hendrawati, & Saniyyah, N., 2010, "Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr Dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi", *E-Journal UINSyahid*, 1 (6), 311-318.

Syauqiah, I., Kurnain, A., Masrevaniah, A. & Kusuma, Z., 2015, "Pellets' Pore Characteristics on The Fly Ash-Chitosan Composite Crosslinked to Glutaraldehyde", *International Journal of Chemtech* Research (7), 0974-4290.

Sylvia, N., 2017. "Kinerja Kolom Adsorpsi pada Penjerapan Timbal (Pb^{2+}) dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit", *Jurnal Integrasi Proses*, 6 (4), 185-190.

Zakaria, A., Rochaeni, H., Djasmasari, W., Purawamargapratala, Y. & Taufiq, A., 2012), "Karakterisasi Dan Pemanfaatan Abu Terbang Aktivasi Fisika Dalam Menjerap Ion Logam Cu^{2+}", *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Bahan***,** 161-167.