

Kinetika Adsorpsi Kadmium dengan Limbah Nanas

Monik Kasmani^{(1)*}, Emelda Raudhati⁽¹⁾, Clara Sarys Purba⁽¹⁾, Harlia Febrianti⁽²⁾

*email: monik.kasman@unbari.ac.id

⁽¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari Jambi

⁽²⁾Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Adiwangsa Jambi

Abstrak

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya berbahaya di perairan. Sumber-sumber pencemaran kadmium diantaranya terdapat pada limbah cair industri cat, minuman ringan, industri peleburan, pelapisan logam, dan lain-lain. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah. Adsorben dapat dibuat dengan bahan yang mengandung selulosa. Hasil studi menyatakan bahwa material-material yang mengandung selulosa dapat digunakan untuk mengolah limbah logam berat (Igwe, dkk, 2005). Pada penelitian ini limbah nanas digunakan karena mengandung selulosa yang mampu menyerap logam kadmium. Variasi massa adsorben dan waktu reaksi pada eksperimen ini dilakukan dengan menggunakan biomassa nanas murni dan biomassa nanas yang diaktivasi menggunakan NaOH 10%. Eksperimen pada skala laboratorium menunjukkan bahwa efisiensi penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas murni dengan variasi massa adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr, 8 gr, adalah sebesar 98,65%, 98,67%, 98,66%, 98,87% dan 98,81% sedangkan kapasitas penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas aktivasi dengan massa adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr dan 8 gr adalah sebesar 98,73%, 98,76%, 98,73%, 98,65% dan 98,83% dengan waktu kontak optimum sebesar 30 menit. Adapun berdasarkan perhitungan kinetika adsorpsi, biomassa nanas murni dan biomassa nanas aktivasi memiliki kesesuaian dengan kinetika reaksi *pseudo second order* dengan nilai korelasi sebesar 0,9995 pada biomassa nanas murni dan 0,9996 pada biomassa nanas aktivasi.

Kata-kunci : adsorpsi, kadmium, limbah nanas

Pendahuluan

Seiring berkembangnya industri di Indonesia, terjadi peningkatan kuantitas limbah yang dibuang ke lingkungan sehingga berpotensi mendegradasi kualitas lingkungan. Salah satu padatan industri adalah logam kadmium (Cd). Kadmium termasuk dalam logam berat bersifat toksik tinggi setelah merkuri. Akibat dari sifat toksisitas logam ini maka kadarnya dalam perairan juga harus sangat kecil. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Lingkungan hidup, kadar untuk logam kadmium dalam perairan adalah 0,01 ppm. Kadmium dapat menyebabkan penyakit akut dan berbahaya bagi manusia, seperti kerusakan ginjal, emphyseme, hipertensi, dan lain-lain (Sembiring, 2008).

Adanya potensi bahaya dan kerugian yang ditimbulkan oleh cemaran logam berat kadmium, maka perlu dilakukan pengolahan limbah cair yang mengandung kadmium. Cara pengolahan yang mudah, umum, ekonomis serta dapat diregenerasi adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah. Adsorben dapat dibuat dengan bahan yang mengandung selulosa. Hasil studi menyatakan bahwa material-material yang mengandung selulosa dapat digunakan untuk mengolah limbah logam berat (Igwe, dkk, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi proses adsorpsi adalah agitasi, karakteristik adsorben, kelarutan adsorbat,

ukuran pori adsorben, pH, temperature dan waktu kontak. Salah satu limbah pertanian yang mengandung selulosa dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben adalah biomassa nanas.

Penggunaan adsorben dari bahan tumbuhan disebabkan karena adanya selulosa yang merupakan komponen utama yang menyelubungi sel-sel tumbuhan. Selulosa alam ataupun turunannya dapat berinteraksi dengan permukaan gugus fungsi secara fisik atau kimia (ibbet, 2006). Daun nanas merupakan salah satu bagian tanaman yang memiliki kandungan serat yang tinggi. Menurut Handayani (2010), kandungan selulosa dalam daun nanas (*Ananas comosus*) sebesar 69,6 sampai 71%, sedangkan dalam hidayat (2008) disebutkan terdapat 69,5% sampai 71,5 %. Kandungan selulosa dalam serat daun nanas yang tinggi ini diharapkan dapat dijadikan sumber selulosa sebagai alternatif baru untuk adsorben dalam mengadsorb limbah kadmium (Cd).

Hasil penelitian menunjukkan limbah nanas mampu menyisihkan 9 % logam Cu dengan waktu kontak 90 menit (Novi Eka Mayangsari). Inilah yang menjadi tantangan untuk penulis dalam mengambil topik ini karena nanas memiliki potensi sebagai adsorben dalam penyisihan pencemar di dalam air buangan. Pada Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian yang ditunjukkan untuk menyisihkan limbah kadmium (Cd) artificial.

Karakterisasi adsorben limbah nanas dilakukan dengan menghitung kadar air, kadar abu dan kadar volatile. Proses adsorpsi logam kadmium dengan limbah nanas digambarkan menggunakan metode isotherm langmuir dan freundlich. Selain itu dilakukan uji kinetika reaksi untuk mengetahui mekanisme adsorpsi limbah kadmium oleh nanas biomassa.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah gelas ukur, neraca analitik, oven, desikator, ayakan no 40 mesh, flokulator, AAS, SEM (Scanning Electron Microscopy) model S-3400N, XRF dan kertas saring Whatman 42. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah nanas, larutan artifisial kadmium dan NaOH 10%

Preparasi Adsorben dan Proses Karbonasi

Limbah nanas dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari. Setelah kering di potong kecil-kecil. Proses karbonisasi limbah nanas dilakukan menggunakan furnace dengan suhu 550° selama 30 menit. Kemudian limbah nanas didinginkan dalam desikator, lalu di ayak menggunakan saringan berukuran 40 mesh.

Proses Aktivasi

Arang yang telah di ayak kemudian diaktivasi dengan cara direndam dengan NaOH 10% dan dioven selama 30 menit pada suhu 110°C. Setelah itu dicuci dengan aquades dan disaring dengan kertas saring lalu dipanaskan dengan oven di suhu 110°C selama 1 jam kemudian didinginkan di dalam desikator dan disimpan dalam box.

Karakterisasi Adsorben Limbah Nanas

1. Kadar air

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya.

2. Kadar abu

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Setelah itu di dinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya.

3. Kadar volatile

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam. Setelah itu di dinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya.

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen untuk mengetahui efektifitas penggunaan *biochar* dari limbah lumpur pabrik kelapa sawit pada proses adsorpsi menggunakan metode *batch*. Pengujian skala laboratorium dengan metode pengadukan dilakukan menggunakan adsorben *biochar* dari limbah lumpur pabrik kelapa sawit untuk menurunkan parameter BOD & COD air limbah domestik setelah proses adsorben dilakukan pengamatan terhadap penyisihan BOD dan COD air limbah domestik. Selain itu dilakukan perhitungan kapasitas adsorpsi adsorben limbah lumpur.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, dokumentasi, pengujian kadar air dan kadar lumpur limbah.

Tempat pengambilan sampel air limbah domestik pasar kelurahan mayang mangurai, kota jambi. Pembuatan *biochar* limbah lumpur PKS dilakukan dengan metode karbonisasi pada suhu 300° C selama 2 jam di laboratorium fakultas teknik universitas Batanghari.

Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan sampel air berupa air limbah domestik. Pengolahan dilakukan menggunakan *biochar* dari limbah lumpur menggunakan flokulator jarrest dengan kecepatan 150 rpm, dengan variasi waktu kontak yaitu 60 menit; 90 menit; dan 120 menit untuk masing-masing massa adsorben (0,5 gr; 1 gr; dan 1,5 gr).

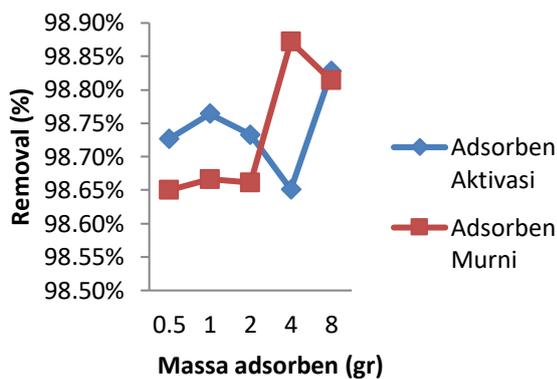
Eksperimen dilakukan dengan menimbang masing-masing adsorben menggunakan neraca analitik dengan variasi massa adsorben dibagi menjadi tiga yaitu 0,5 gr; 1 gr; dan 1,5 gr. Untuk kemudian dimasukkan air limbah domestik sebanyak 600 ml kedalam beaker berukuran 1000 ml. Selanjutnya dilakukan pengadukan menggunakan flokulator jarrest dengan kecepatan 150 rpm, dengan variasi waktu kontak yaitu 60 menit; 90 menit; dan 120 menit untuk masing-masing massa adsorben (0,5 gr; 1 gr; dan 1,5 gr) dan tahap akhir melakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 42.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dapat menampilkan data-data berupa tabel maupun gambar. Hasil harus didukung oleh referensi terkait ataupun dapat membandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyerapan Kadmium (Cd)

Gambar 1 menunjukkan grafik nilai efisiensi massa adsorben biomassa nanas murni pada 0,5 gr dengan penyerapan sebesar 98,65% pada 1 gr dengan penyerapan sebesar 98,67% pada 2 gr dengan 98,66% pada 4 gr dengan 98,87% dan pada 8 gr dengan 98,81% sedangkan nilai efisiensi massa adsorben biomassa nanas aktivasi pada 0,5 gr dengan 98,73% pada 1 gr 98,76% pada 2 gr dengan 98,73% pada 4 gr dengan 98,65 dan pada 8 gr dengan 98,83%. Pada massa adsorben biomassa nanas murni 0,5 gr dan massa adsorben biomassa nanas aktivasi 4 gr terjadi penurunan nilai efisiensi hal ini disebabkan karena waktu kontak 30 menit dengan kecepatan 100 rpm. Hal ini membuat interaksi antara adsorben dan adsorbat kurang optimal sehingga terjadi penurunan nilai efisiensi. Selain itu, dengan bertambahnya massa adsorben dalam volume yang sama justru akan menyebabkan interaksi yang tidak sempurna, karena adsorben tertutup oleh padatan lainnya atau saling tumpang-tindih sehingga banyak pori adsorben yang tidak bekerja dengan baik dalam menyerap zat organik (Swastha, 2010).



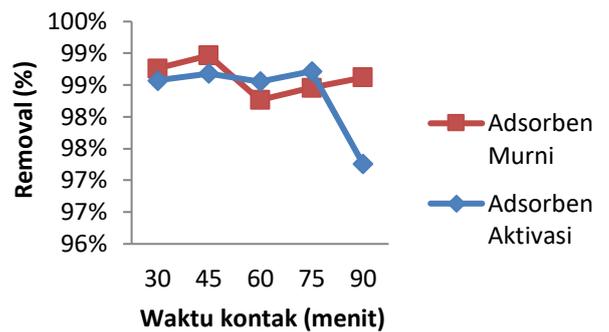
Gambar 1. Grafik Removal Kadmium (Cd) dengan Variasi Massa Adsorben

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Limbah Kadmium (Cd)

Pengaruh waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan melakukan variasi massa adsorben 0,5 mg/l pada waktu kontak 30, 45, 60, 75 dan 90 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm untuk

biomassa nanas murni (BMM) dan biomassa nanas aktivasi (BMA). Dari penelitian ini terjadi peningkatan serapan dari 30 menit ke 90 menit dan terjadi penurunan serapan sejalan dengan peningkatan waktu.

Waktu kontak optimum untuk biomassa nanas murni (BMM) dan biomassa nanas aktivasi (BMA) dengan Kadmium (Cd) yaitu pada 45 menit dengan konsentrasi akhir 0,1317 mg/l pada BMM dan 0,1035 mg/l pada BMA. Kapasitas penyerapan optimum BMM pada waktu 45 menit yaitu 98,68% sedangkan BMA sebesar 98,97%.



Gambar 2. Grafik Removal Kadmium (Cd) dengan Variasi Waktu Kontak

Pengaruh waktu kontak terendah yaitu pada 90 menit kapasitas penyerapan biomassa nanas murni (BMM) mencapai 97% dengan serapan sebesar 0,2738 mg/l dan mencapai kondisi optimum pada 45 menit dengan konsentrasi akhir sebesar 0,1317 mg/l pada BMM dan 0,1035 mg/l pada BMA sedangkan untuk biomassa nanas aktivasi (BMA) pada waktu kontak terendah yaitu pada 60 menit serapan terhadap kadmium (Cd) 0,1735 mg/l dan kapasitas penyerapan 98% dan mencapai kondisi optimum pada 90 menit dengan serapan sebesar 0,1383 mg/l dan kapasitas penyerapan 99%. Dari hasil yang dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat memungkinkan untuk terjadinya peningkatan penyerapan kadmium (Cd).

Pada BMM waktu kontak 45 menit adalah waktu optimum untuk proses penyerapan limbah kadmium (Cd) sedangkan pada BMA waktu kontak 45 menit masih belum optimum untuk kapasitas penyerapan kadmium (Cd) karena kemungkinan gugus aktif dari selulosa biomassa nanas belum mencapai kejenuhan, artinya masih banyak gugus aktif yang belum digunakan untuk mengadsorb kadmium dalam jumlah optimum. Setelah 45 menit, daya serap mengalami kondisi yang hampir-hampir mendatar. Hal ini disebabkan karena gugus aktif pada selulosa biomassa nanas telah jenuh setelah pemberian waktu 45 menit. Bernard dan Jimoh (2013) menunjukkan bahwa setelah adsorpsi mencapai keadaan

setimbang pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas penyerapan kadmium (Cd).

Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi karena menunjukkan tingkat kecepatan penyerapan adsorben terhadap adsorbatnya. Kemampuan penyerapan dapat dilihat dari laju adsorpsinya dalam hal ini pengujian terhadap laju adsorpsi yang dilakukan melalui penentuan orde reaksi secara eksperimen (Widihati, 2012). Orde reaksi yang digunakan yaitu Pseudo First Order dan Pseudo Second Order. Pada penentuan orde reaksi ini ditentukan melalui pengaruh variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Kurva regresi linear menghubungkan antara perbandingan waktu kontak Biomassa Nanas Murni dan Biomassa Nanas Aktivasi. Pada Pseudo First Order nilai y merupakan nilai \ln dari konsentrasi awal dibagi konsentrasi akhir dan pada orde dua nilai y merupakan nilai $1/\text{konsentrasi akhir}$. Nilai perbandingan koefisien korelasi (R^2) masing-masing Biomassa nanas murni dan Biomassa nanas aktivasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Nilai Perbandingan Koefisien Kolerasi (R^2)

| Adsorbent Type | Model | Parameters | R^2 | |
|----------------|---------------------|------------|--------|--------|
| BMM | Pseudo First Order | K1 | 0,053 | 0,1908 |
| | | Qe | 1,415 | |
| | Pseudo Second Order | K2 | 0,054 | 0,9995 |
| | | Qe | 11,074 | |
| BMA | Pseudo First Order | K1 | 0,086 | 0,562 |
| | | Qe | 3,709 | |
| | Pseudo Second Order | K2 | 0,054 | 0,9996 |
| | | Qe | 12,034 | |

Hasil dari perhitungan orde reaksi dengan menggunakan variasi waktu kontak pada adsorben nanas murni dan adsorben nanas aktivasi menunjukkan bahwa laju adsorpsi nanas aktivasi mengikuti kinetika Pseudo second order, dimana nilai R^2 yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan Pseudo first order. Nilai R^2 yang dihasilkan pada Pseudo First Order dan Pseudo second order adsorben nanas aktivasi adalah 0,562 dan 0,9996

sedangkan adsorben nanas murni sebesar 0,1908 dan 19995.

Hasil perhitungan menggunakan kurva regresi linear pada Biomassa nanas murni dan Biomassa nanas aktivasi menunjukkan bawah nilai R^2 Biomassa nanas murni dihasilkan memiliki nilai tertinggi pada Pseudo first order biomassa nanas murni dibandingkan dengan Pseudo first order Biomassa nanas aktivasi. Hal ini dapat dilihat dari masing-masing nilai R^2 yang dihasilkan pada Pseudo first order Biomassa nanas murni 0,1908 Pseudo first order Biomassa nanas aktivasi 0,562. Berdasarkan data yang didapatkan dapat dilihat bahwa kinetika adsorpsi pada Pseudo first order meskipun angka yang dihasilkan tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Pseudo first order yang dihasilkan menunjukkan jika besarnya laju adsorpsi tidak dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi pereaksinya. Berapapun peningkatan konsentrasi pereaksi tidak akan mempengaruhi besarnya laju adsorpsi (Hidayati et al., 2013). Pemilihan orde masing-masing kinetika adsorpsi tersebut didasarkan pada nilai koefisiensi korelasi tinggi, dimana semakin tinggi nilai koefisiensi korelasi maka kelinieritasan kurva semakin baik (Hajar et al, 2016).

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas murni dengan variasi massa adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr, 8 gr, adalah sebesar 98,65%, 98,67%, 98,66% 98,87% dan 98,81% sedangkan kapasitas penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas aktivasi dengan massa adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr dan 8 gr adalah sebesar 98,73%, 98,76%, 98,73%, 98,65% dan 98,83% dengan waktu kontak optimum sebesar 30 menit.

Daftar Pustaka

- Allukman Hakim, 2021 Adsorpsi Limbah Methylene Blue Terhadap Limbah Biomassa Nanas.
- Apriliani, Ade., 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb, dalam Air Limbah, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Arief, Latar Muhammad, 2016. Pengolahan Limbah Industri Dasar Pengetahuan dan Aplikasi ditempat Kerja, Andi Offset, Yogyakarta.
- CV. Mutiaratani Agrisarana, 2020 Tentang Jenis Buah Nanas Cayenne beserta ukuran dan ciri-cirinya.
- Novi Eka Mayangsari, 2019 Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (Ananas Cosmosus) sebagai Adsorben Logam Berat Cu.

Suasana. 2011. Ekstraksi Selulosa Limbah Mahkota Nanas.
Jurnal Politeknik Negeri Pontianak:

Giyatmi, dkk. 2008. Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag
dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede setelah
Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean.
Yogyakarta. Hidayat, P. 2008. Teknologi Pemanfaatan
Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku
Tekstil. Teknoin 13: 31-35.

Peraturan Pemerintah. Nomor 82 Tahun 2001. Tentang
Pengelolaan Kualitas Air

Sudirjo, E. 2005. Penentuan Distribusi Benzen Toluene
pada Kolom Adsorpsi Fixed Bed Carbon Aktive.
Jakarta: Jurusan Teknik. Fakultas Teknik Universitas
Indonesia.