

STUDI ADSORPSI ION Pb^{2+} MENGGUNAKAN JERAMI PADI OLAHAN ASAL MANOKWARI

(Study of Adsorption Pb^{2+} Ions Using Treated Rice Straw from Manokwari)

Jacson Victor Morin dan Darma Santi

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Papua

ABSTRACT

The waste material of agriculture such as the straw of rice was not yet used maximal as the kind of the materials for solution of environment pollution problem. Until this moment, there was any kind of ways that was done for separated the heavy metal from waste water, include the physical, chemistry and biology methods. Study of ion Pb^{2+} absorption using treated rice straw was carried out to determine the absorption of heavy metal from water. The result shows absorption of heavy $Cr^{3+} > Pb^{2+} > Cu^{2+}$. The absorption interaction between Pb^{2+} ion and treated straw shows Langmuir pattern with maximum capacity of Pb^{2+} ions using the straw of rice was 52,083 mg Pb^{2+} /g the rice straw.

Key words: adsorption, Pb^{2+} ions, the straw of rice

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat dalam perairan umumnya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang "bioakumulatif". Menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan hidup adalah: masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Logam Pb (timbal) merupakan salah satu jenis polutan yang berbahaya bagi manusia. Bila intake sangat tinggi dapat mengakibatkan kerusakan liver dan ginjal, bahkan sampai kematian. Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai upaya pengolahan limbah secara serius serta pemantauan daerah aliran limbah. Berbagai cara telah dilakukan untuk memisahkan logam dari air buangan, yaitu antara lain melalui cara fisika, kimia dan biologi. Dewasa ini, pengolahan limbah secara kimia melalui metode penyerapan (adsorpsi) merupakan salah satu teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Adsorpsi (serapan) merupakan

adhesi atom-atom, molekul-molekul, atau ion-ion pada permukaan suatu zat lain (Keenan, *et.al.*, 1991)

Komposisi proksimasi bahan makanan ternak di Indonesia untuk jerami padi adalah 86-100% bahan kering (BK), 18,2 – 21,2 % abu, 1,5 – 1,7 % ekstrak eter, 30,9 – 35,9 % serat kasar, 32,2 – 37,4 % BetN, dan 3,2 – 3,7 % protein kasar (Hartadi, dkk.,1993). Serat kasar merupakan residu dari bahan makanan atau pertanian setelah diperlakukan dengan asam atau alkali mendidih, dan terdiri dari selulosa, dengan sedikit lignin dan pentosan (Sudarmadji, *et.al.*, 1997). Jaringan berserat dalam dinding sel mengandung polisakarida selulosa. Pembentukan kompleks yang melibatkan gugus hidroksil selulosa, ion Cu^{2+} dan amonia menjelaskan gejala larutnya selulosa dalam larutan tembaga(II)hidroksida beramoniam (Cowd (1991). Selain itu protein juga merupakan faktor utama terjadinya adsorpsi terhadap ion logam. Sehingga, dalam penelitian ini akan dikaji uji selektivitas adsorpsi beberapa kation logam berat menggunakan jerami padi olahan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mendeskripsikan data yang diperoleh secara komprehensif serta ditunjang dengan studi kepustakaan yang berkaitan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA-UNIPA. Pengukuran konsentrasi kesetimbangan dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Jayapura. Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah jerami padi, jenis kation logam berat dan konsentrasi larutan awal Pb^{2+} dalam air. Sebagai variabel bebas adalah jerami padi, sedangkan sebagai variabel terikat adalah adsorpsi ion Pb^{2+} .

Pengolahan Jerami Padi

Jerami padi dipotong halus lalu dikeringkan dalam oven pada suhu $70^{\circ}C$ selama 4 jam, kemudian didinginkan dan diblender agar dapat dilakukan pengayakkan menggunakan ukuran 100 mesh. Jerami padi yang telah dihaluskan dicampur dengan larutan NaOH 3% lalu diaduk selama 1-2 jam. Kemudian didiamkan 1-2 jam, lalu dicuci menggunakan akuades, hingga netral (dites dengan lakmus merah).

Siapkan 100 mL larutan yang mengandung 20 mg Pb^{2+} , 20 mg Cu^{2+} dan 20 mg Cr^{3+} . Kemudian dicampur dengan jerami padi olahan sebanyak 0,5 g dalam Erlenmeyer. Selanjutnya diinteraksikan selama 2 jam dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer, lalu didiamkan selama ± 30 menit, kemudian larutan dipisahkan dengan penyaringan. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dianalisis kadar ion Pb^{2+} , kadar ion Cu^{2+} dan kadar ion Cr^{3+} dengan menggunakan alat SSA.

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum

Larutan Timbal(II) dengan konsentrasi berturut-turut 20; 25; 50; 75; 100; 125; 300; 500; dan 700 mg/L dengan volume 100 mL dicampur dengan jerami padi olahan sebanyak 0,5 g dalam erlenmeyer dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama ± 2 jam lalu didiamkan selama ± 30 menit, kemudian larutan dipisahkan dengan

penyaringan. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dianalisis kadar ion Pb^{2+} dengan menggunakan alat SSA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

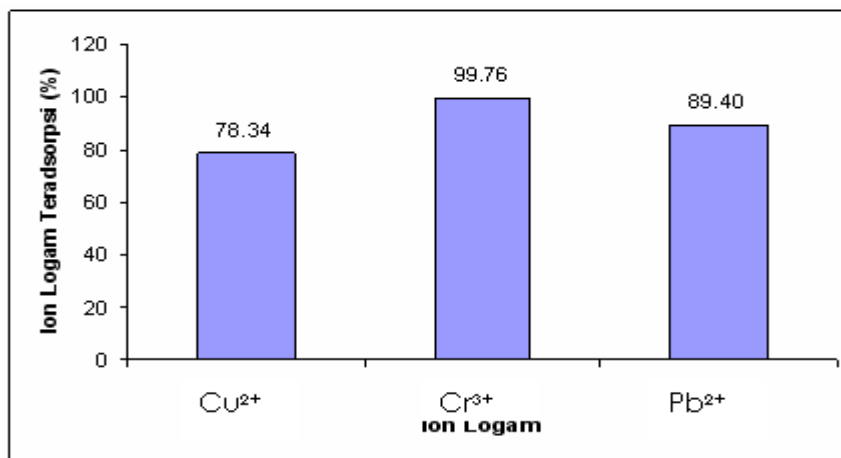
Uji Selektifitas Adsorpsi Jerami Padi Hasil Olahan Terhadap Beberapa Kation Logam Berat; dengan larutan uji yaitu Campuran Larutan ion Pb^{2+} , ion Cu^{2+} , ion Cr^{3+} .

Tabel 1. Jumlah Kation yang Teradsorpsi Pada Penggunaan Jerami Padi Seberat 0,5 g; Konsentrasi Awal Larutan Campuran Kation Uji 20 Mg/L Sebanyak 100 mL; Waktu Kontak 2 Jam

Ion Logam	$C_{\text{Teradsorpsi}}$ (mg/L)	Adsorpsi Ion Logam/Jerami Padi (mg/g)	Ion Logam Teradsorpsi (%)
Pb^{2+}	17,880	3,576	89,40
Cu^{2+}	15,668	3,134	78,34
Cr^{3+}	19,952	3,990	99,76

Berdasarkan data pada Tabel 1 terlihat bahwa jerami padi mempunyai adsorpsi tertinggi terhadap ion logam Cr^{3+} yaitu sebesar 3,990 mg untuk satu g jerami padi, sedangkan untuk ion Pb^{2+} sebesar 3,576 mg untuk satu g jerami padi dan ion Cu^{2+} sebesar 3,134 mg untuk satu g jerami padi. Dengan deret selektifitas adsorpsi kation hasil percobaan sebagai berikut: $Cr^{3+} > Pb^{2+} > Cu^{2+}$. Hubungan antara ion logam teradsorpsi (%) terhadap beberapa kation uji disajikan pada Gambar 1.

Adsorpsi ion Cr^{3+} lebih tinggi dibanding adsorpsi ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} seperti yang terlihat pada gambar 1. perbedaan penyerapan oleh jerami padi yang telah diolah tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan kekuatan pembentukan kompleks antara ion logam dengan ligan. Kekuatan pembentukan kompleks ini antara lain bergantung pada kemampuan mempolarisasi dari ion-ion logam tersebut, yaitu perbandingan antara muatan dan jari-jari ionnya.



Gambar 1. Diagram Batang Hubungan Antara Persentase Ion Logam Teradsorpsi (%) Terhadap Jenis Kation Uji; Ion Cu²⁺, Cr³⁺ dan Pb²⁺; Konsentrasi Awal Masing-masing Kation 20 mg/L Sebanyak 100 mL; Berat Jerami Padi 0,5 g; Waktu Kontak 2 Jam

Kromium yang bermuatan +3 jari-jari ionnya 0,55 Å atau $0,55 \times 10^{-10}$ m dan timbal bermuatan +2 jari-jari ionnya 1,21 Å atau $1,22 \times 10^{-10}$ m (Cotton dan Wilkinson, 1989) sedangkan tembaga bermuatan +2 jari-jari ionnya 0,72 Å atau $0,72 \times 10^{-10}$ m (Day dan Selbin, 1993). Pada penelitian ini jari-jari ion dari yang terkecil dan bermuatan paling tinggi (+3) adalah ion kromium, maka ion kromium akan mempunyai kemampuan mempolarisasi lebih tinggi daripada kedua ion lainnya. Akibatnya interaksi ion kromium dengan jerami padi hasil olahan diharapkan paling kuat daripada kedua ion lainnya, hasil analisis menunjukkan kenyataan ini. Namun hal yang berbeda terjadi untuk ion timbal dan tembaga. Jari-jari ion dari yang terbesar dan bermuatan sama (+2), sebagai berikut: Pb > Cu, maka ion tembaga akan mempunyai kemampuan mempolarisasi lebih tinggi dari ion timbal, akibatnya interaksi ion tembaga dengan jerami padi yang telah diolah diharapkan lebih kuat dibandingkan ion timbal, namun hasil analisis data tidak menunjukkan hal ini. Fakta ini dapat diterangkan berdasarkan sifat keasamaan logam dan selektifitasnya terhadap ligan yang berikatan.

Hubungan antara kemampuan mempolarisasi kation dengan tingkat pembentukan kompleks tidak selalu berbanding lurus. Interaksi antara ion logam dengan ligan dapat ditinjau dari

perbandingan keasamaan. Definisi basa lunak sebagai basa dimana atom donornya mempunyai keterkutuban (*polarizability*) tinggi dan elektronegativitasnya rendah serta mudah dioksidasi atau dikaitkan (*associated*) dengan sifat yang berlawanan dengan basa lunak (Day dan Selbin, 1993). Prinsip korelasi pada reaksi asam-basa yaitu asam keras lebih suka berkoordinasi dengan basa keras, dan asam lunak lebih suka berkoordinasi dengan basa lunak. Timbal dan tembaga merupakan asam antara, sedangkan kromium merupakan asam keras. Dengan demikian kromium dapat berinteraksi dengan basa keras yang terdapat dalam jerami padi yang telah diolah dari polisakarida, yaitu gugus hidroksil. Sedangkan untuk timbal dan tembaga dapat berinteraksi dengan basa keras ataupun basa lunak yang berasal dari residu protein seperti gugus -SH, CN⁻.

Berdasarkan pembahasan di atas dapat dipahami alasan perbedaan adsorpsi ion logam oleh jerami padi yang telah diolah menunjukkan penurunan dengan urutan: Cr³⁺ > Cu²⁺ > Pb²⁺. Dengan kondisi pengujian meliputi konsentrasi awal kation 20 mg/L dalam 100 mL; jerami padi sejumlah 0,5 g dan waktu kontak 2 jam.

Adapun data adsorpsi ion timbal oleh jerami padi pada Tabel 1. menunjukkan perbedaan, jika dibandingkan untuk konsentrasi awal larutan yang sama yaitu 20 mg/L pada Tabel 2.

Keberadaan kation asing (yaitu Cr^{3+} dan Cu^{2+}) menyebabkan konsentrasi teradsorpsi yang terukur menjadi lebih rendah, yaitu 17,88 mg/L, sedangkan untuk pengukuran pada kondisi percobaan tanpa adanya kation asing diperoleh konsentrasi teradsorpsi sejumlah 19,980 mg/L. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh kation asing dalam adsorpsi ion logam berat (dalam penelitian ini adalah ion timbal).

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Maksimum

Kemisorpsi termasuk suatu ikatan kimia antara zat teradsorpsi dan adsorben, serta hanya satu lapisan tunggal kemisorpsi dapat terjadi. Adsorpsi secara fisika pada bagian atas lapisan yang telah mengalami kemisorpsi dan difusi pada lapisan kemisorpsi tersebut di bawah permukaan dapat mengaburkan fakta bahwa bahan kemisorpsi hanya dapat terbentuk satu lapisan pada kedalaman.

Hasil penelitian pengaruh variasi konsentrasi awal larutan Timbal(II) terhadap jumlah Timbal(II) yang dapat diadsorpsi disajikan pada gambar 2, sedangkan data selengkapnya disajikan pada tabel 2.

Jika situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben (jerami padi yang telah diolah) belum jenuh dengan zat teradsorpsi maka dengan memperbesar konsentrasi Timbal(II), jumlah Timbal(II) yang teradsorpsi akan meningkat secara linear (Gambar 2., untuk konsentrasi Timbal(II) 25 hingga 500 mg/L). Selanjutnya jika situs aktif pada permukaan adsorben telah jenuh dengan Timbal(II), maka peningkatan konsentrasi Timbal(II) relatif tidak menaikkan adsorpsi Timbal(II) (Gambar 2., untuk konsentrasi Timbal(II) > 500 mg/L).

Berdasarkan kurva adsorpsi pada Gambar 2. serta dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\frac{c}{\alpha} = \frac{1}{\alpha_m k} + \frac{1}{\alpha_m} c \quad (1)$$

Diperoleh kurva yang linear (gambar 3) dan data selengkapnya disajikan pada tabel 3, sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorpsi

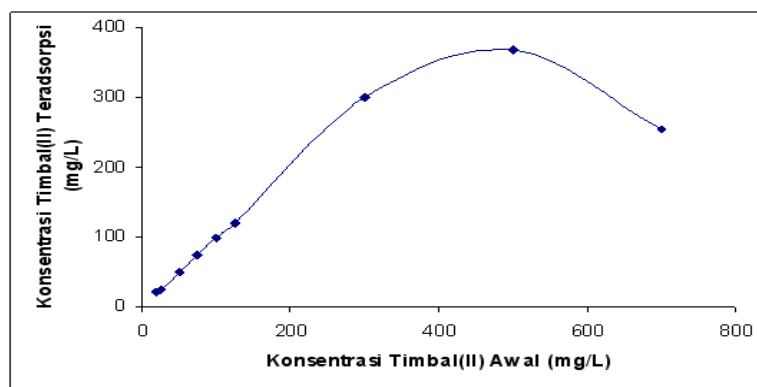
tersebut adalah adsorpsi *monolayer*. Perhitungan kapasitas adsorpsi maksimum dan afinitas adsorpsi untuk ion Pb^{2+} oleh jerami padi hasil olahan digunakan persamaan Langmuir Persamaan 1. Pengolahan data menggunakan persamaan regresi linear dengan slope = $1/\alpha_m$ dan intersep $1/\alpha_m \times k$ diperoleh koefisien korelasi (r), afinitas adsorpsi (k) dan kapasitas adsorpsi maksimum (α_m) berturut-turut adalah 0,9905; - 0,6575 g jerami padi/mg Pb^{2+} dan 52,083 mg Pb^{2+} /gram jerami padi data.

Tabel 2. Pengaruh Konsentrasi Awal Ion Pb^{2+} terhadap Adsorpsi Ion Pb^{2+} ; Berat Jerami Padi Hasil Olahan 0,5 g; 100 mL Larutan Timbal(II); Waktu Kontak 2 Jam

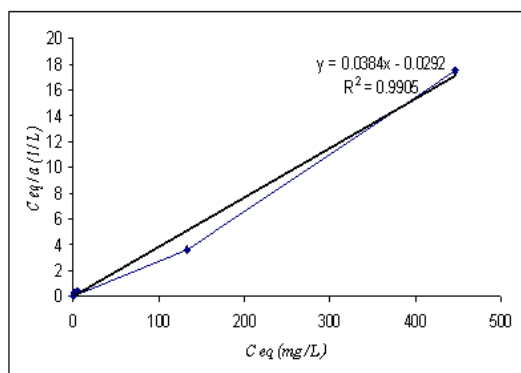
No.	C_{awal} (mg/L) Sebanyak 100 mL	C_{eq} (mg/L)	$C_{\text{teradsorpsi}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{eq}}$ (mg/L)
1	20	0,020	19,98
2	25	0,710	24,29
3	50	0,745	49,26
4	75	0,852	74,15
5	100	1,785	98,22
6	125	5,100	119,9
7	300	0,000	300,0
8	500	132,5	367,5
9	700	445,6	254,5

Tabel 3. Data Linearitas Langmuir

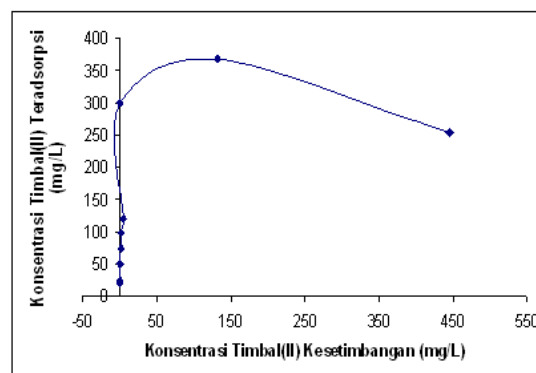
No.	C_{eq} (mg/L)	$C_{\text{teradsorpsi}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{eq}}$ (mg/L)	a (mg)	C_{eq} / a (1/L)
1	0,020	19,98	1,998	0,010
2	0,710	24,29	2,429	0,292
3	0,745	49,26	4,926	0,151
4	0,852	74,15	7,415	0,115
5	1,785	98,22	9,822	0,182
6	5,100	119,9	11,99	0,425
7	0,000	300,0	30,00	0,000



Gambar 2. Kurva Pengaruh Konsentrasi Awal Timbal(II) Terhadap Konsentrasi Timbal(II) Teradsorpsi oleh Jerami Padi Hasil Olahan; Larutan Timbal(II) Sebanyak 100 mL; Berat Jerami Padi 0,5 g; Waktu Kontak 2 Jam



Gambar 3. Kurva Linearitas Langmuir untuk Adsorpsi Timbal(II) oleh Jerami Padi yang Telah Diolah; Larutan Timbal(II) Sebanyak 100 mL; Jerami Padi Sejumlah 0,5 g; Waktu Kontak 2 Jam



Gambar 4. Kurva Hubungan Antara Konsentrasi Ion Pb^{2+} pada Keadaan Kesetimbangan dengan Jumlah Ion Pb^{2+} yang Teradsorpsi untuk Berat Jerami Padi 0,5 g; 100 mL Larutan Timbal(II); Waktu Kontak 2 Jam

Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Maksimum dan Afinitas Adsorpsi

Dari perhitungan regresi linear (gambar 3), diperoleh nilai slope dan intersep adalah 0,0384 dan -0,0292.

Dari Persamaan 1 harga slope $1/\alpha_m$ dan intersep = $1/\alpha_m \times k$; karena berat adsorben 0,5 g, maka besarnya kapasitas adsorpsi maksimum per g adsorben adalah:

$$\begin{aligned}\alpha_m &= \frac{1}{\text{harga slope}} \times \frac{1}{0,5 \text{ gram}} \\ &= \frac{1}{0,0384(\text{mg}^{-1})} \times \frac{1}{0,5 \text{ gram}} \\ &= 52,083 \text{ mg Pb}^{2+} / \text{gram Jerami Padi}\end{aligned}$$

Sedangkan besarnya k adalah:

$$\begin{aligned}k &= \frac{1}{\alpha_m \times \text{intersep}} \\ &= \frac{1}{52,083 \text{ mg Pb}^{2+} / \text{gr Jerami Padi} \times (-0,0292)} \\ &= -0,6575 \text{ g Jerami Padi/mg Pb}^{2+}\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jerami padi sebagai adsorben ion Pb^{2+} dapat diperoleh melalui interaksi jerami padi lolos ayakan 100 mesh dengan NaOH 3% selama 1-2 jam.
2. Urutan tingkat adsorpsi jerami padi yang telah diolah terhadap campuran ion-ion logam berat dalam air adalah $\text{Cr}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$. Dengan kondisi pengujian meliputi konsentrasi awal 20 mg/L dalam

volume larutan campuran 100 mL; jerami padi sejumlah 0,5 g; waktu kontak 2 jam.

3. Keberadaan kation asing (dalam pengujian digunakan ion Cr^{3+} dan Cu^{2+}) mengakibatkan adanya pengaruh terhadap adsorpsi ion Pb^{2+} menggunakan jerami padi hasil olahan.
4. Pola interaksi ion Pb^{2+} dengan jerami padi hasil olahan menunjukkan pola adsorpsi Langmuir.
5. Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb^{2+} menggunakan jerami padi yang telah diolah sebesar 52,083 mg Pb^{2+} /gram jerami padi. Dengan berat jerami 0,5 g; larutan timbal(II) sebanyak 100 mL; dan waktu kontak 2 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Cotton dan Wilkinson.1989. Kimia Anorganik Dasar. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cowd, M.A. 1991. Kimia Polimer. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Hartadi, H.1993. Tabel Komposisi Pakan untuk Indonesia. Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Keenan, Kleinfelter dan Wood. 1980. Kimia Untuk Universitas. Jilid 2. Edisi Keenam. Terjemahan oleh Pudjaatmaja, A.H. 1993. Erlangga. Jakarta.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. Dan Suhardi. 1997. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Edisi Keempat. Penerbit Liberty. Yogyakarta.
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.1997. Jakarta.