

ADSORBSI LOGAM BERAT LIMBAH CAIR INDUSTRI KERAJINAN KUNINGAN JUANA MENGGUNAKAN CAMPURAN BENTONIT DAN ABU SEKAM PADI

N. Rokhati dan A. Prasetyaningrum^{*)}

Abstrak

Tingginya pertumbuhan industri kerajinan kuningan di Juana, diiringi dengan tingginya pencemaran oleh logam berat memberikan dampak yang sangat berbahaya, baik bagi biota perairan maupun terhadap kesehatan manusia. Hal ini disebabkan sifat toksis dan akumulatif dari logam berat. Pada penelitian ini dilakukan reduksi kandungan logam berat pada air limbah industri kuningan dengan cara adsorpsi menggunakan campuran bentonit dan abu sekam padi. Proses penjerapan dilakukan dalam tangki berpengaduk (*mixer settler*) pada volum dan kecepatan pengadukan tetap serta sampel yang sama. Sedangkan perbandingan antara bentonit dengan abu sekam padi dan waktu penjerapan divariasi. Uji hasil dilakukan dengan analisa kadar logam Ni dan Mg (logam yang lain kadarnya terlalu kecil) terhadap limbah yang telah mengalami proses adsorpsi dengan menggunakan AAS. Berdasarkan uji hasil, diperoleh hasil penjerapan yang relatif baik pada perbandingan berat bentonit dan abu sekam padi 1 : 9, selama waktu penjerapan 90 menit, dengan efisiensi penjerapan logam Ni dan Mg masing-masing adalah 99,27% dan 89,76 %.

Kata kunci : adsorpsi, bentonit, abu sekam

Pendahuluan

Di industri kerajinan kuningan Juana, Pati, pada proses pencucian setelah kuningan dilapisi secara elektroplating untuk memberikan spesifikasi warna pada kerajinan, dihasilkan limbah air cucian yang masih mengandung logam berat seperti Ni, Mg, Cu dan Fe. Limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan perairan yang diantaranya digunakan untuk budidaya tambak.

Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui insang (ikan), *sieve tubes (moluska)* dan difusi melalui permukaan kulit. Pada peristiwa rantai makanan logam tersebut bisa sampai pada manusia (Miettinen, 1975). Oleh karena itu diperlukan langkah atau metode pengolahan air limbah dari industri kerajinan kuningan.

Beberapa cara yang telah dilakukan untuk mengurangi kandungan senyawa logam berat antara lain proses adsorpsi menggunakan resin sintetis, proses osmosis balik dan proses penguapan. Dasar proses adsorpsi menggunakan resin adalah adanya pertukaran kation (*kation exchange*) antara kation penukar pada resin dengan kation logam berat yang ada pada air. Namun proses adsorpsi menggunakan resin sintetis ini membutuhkan biaya yang cukup tinggi karena harga resin yang cukup mahal.

Di alam banyak terdapat bahan galian yang memiliki sifat sebagai penukar kation diantaranya adalah zeolit dan montmorillonit (bentonit). Selain itu abu sekam padi bentuk amorf yang mengandung senyawa silikat juga bersifat sebagai penukar kation.

Bentonit adalah salah satu jenis lempung (*clay*) yang banyak dijumpai di alam yang banyak mengandung senyawa silika dan alumina (SiO_2 dan AlO_3). Bentonit tersusun dari mineral montmorillonit yang tidak murni, kristal bentonit berbentuk *plate like* dengan struktur kisi menyerupai *phirophilit* dan pada tiap unit layer memiliki permukaan muatan negatif. Muatan negatif ini sebagian diisi oleh kation-kation yang terdapat di sekitar deposit bentonit dan kation ini dapat ditukar oleh kation jenis lain.

Bentonit mempunyai warna dasar putih kecoklatan, kemerahan atau kehijauan, tergantung dari jumlah dan jenis fragmen dari mineralnya. Bentonit mempunyai sifat sangat lunak, ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, mudah menyerap air dan dapat melakukan pertukaran ion. Berat jenisnya sekitar 2,4 – 2,8 gr/cc (Henry, 1995). Komposisi kimia montmorillonit dapat dilihat pada Tabel 1.

Deposit bentonit banyak dijumpai di Indonesia antara lain di daerah Kulon Progo dan Boyolali, Propinsi Jawa Tengah, di daerah Pacitan Jawa Timur, serta daerah Sukabumi, Jawa Barat.

^{*)} Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus Tembalang, Semarang 50239

Tabel 1. Komposisi Kimia Montmorillonit

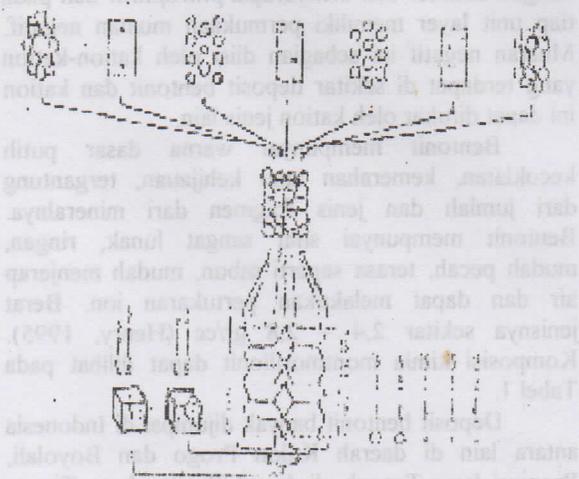
No	Komponen	Kadar (%)
1.	SiO ₂	51,14
2.	Al ₂ O ₃	19,76
3.	Fe ₂ O ₃	0,83
4.	ZnO	0,1
5.	MgO	3,22
6.	CaO	1,62
7.	K ₂ O	0,11
8.	Na ₂ O	0,04
9.	H ₂ O, % yang teruapkan pada 150 ^o C	14,81
10.	H ₂ O, % yang teruapkan pada suhu yang lebih tinggi	7,99

Sumber : Henry, 1995.

Bentonit dengan mineral Ca sering disebut sebagai *non swelling bentonit* atau bentonit kalsium. Bentonit jenis ini relatif lebih banyak mengandung Ca⁺⁺ dan Mg⁺⁺ dibanding dengan kandungan natriumnya. Sedikit menyerap air dan bila didispersikan dalam air akan mengendap cepat. Daya tukar ionnya cukup besar dan bersifat menyerap. Karena sifat-sifat tersebut jenis bentonit ini dipergunakan sebagai pemucat warna dan juga perekat pasir cetak.

Struktur kimia secara umum dari mineral montmorillonit dapat ditulis :

- Kation group A (Al⁺³, Fe⁺³, Cr⁺³, Mn⁺³) yaitu kation yang terdapat di dalam struktur oktahedral.
- Kation group B (Al⁺³, Si⁺⁴) yaitu kation yang terdapat di dalam struktur tetrahedral.
- Kation group C (O₁₀(OH,F)) yang terdiri dari oksigen dan hidroksil.
- Kation group D adalah kation yang teradsorpsi oleh bentonit pada permukaan. Kation jenis ini dapat ditukar oleh kation jenis lain.



Gambar 1 : Struktur Molekul Bentonit (Henry, 1995)

Pada struktur ini terdapat lapisan pusat yang mengandung atom Al dalam suatu koordinasi oktahedral. Setiap atom Al berkaitan dengan 4 atom oksigen dan 2 buah gugus hidroksil. Di atas dan di bawah lapisan atom Al, terdapat lapisan lain yang mengandung atom-atom silikon membentuk struktur tetrahedral dengan atom-atom oksigen.

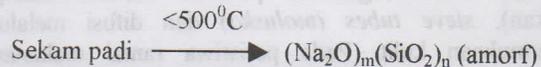
Bentonit alam jenis Ca, sebelum digunakan sebagai adsorbent, diaktifkan terlebih dahulu. Pada bentonit aktif, kedudukan kation Ca⁺⁺ dapat diganti dengan kation H⁺. Pengaktifan ini juga menyebabkan terjadinya pelepasan ion-ion Al, Fe dan Mg yang terkandung dalam kisi struktur bentonit, sehingga menyebabkan daya serap bentonit semakin besar. Hasil akhir dari aktivasi ini adalah bentonit yang kaya akan H⁺. Dalam suspensi, H⁺ sangat mudah diganti dengan kation lain yang terdapat pada larutan.

Sekam padi (kulit gabah) merupakan limbah hasil penggilingan atau penumbukan gabah. Sekam padi belum dimanfaatkan secara efisien, bahkan merupakan limbah pertanian yang menjadikan beban bagi petani. Pemanfaatan sekam ini masih terbatas, di beberapa daerah selama ini hanya ditimbun lalu dibakar di dekat penggilingan. Abunya dapat digunakan sebagai abu gosok untuk membersihkan alat-alat rumah tangga. Di tempat-tempat pembuatan batu bata atau genteng, sekam biasanya dibakar dan panas yang dihasilkan digunakan untuk mengeringkan batu bata atau genteng.

Melalui pembakaran secara terkontrol, sekam dapat diubah menjadi abu yang dapat merupakan sumber silika dalam bentuk amorf. Dari pembakaran ini dapat menghasilkan kira-kira 20% abu dengan silika (SiO₂) sebagai komponen utamanya sekitar 86-97%.

Berdasarkan suhu pembakarannya, struktur partikel abu atau silikat hasil pembakaran sekam padi dapat dibedakan atas (Husni, 1978) :

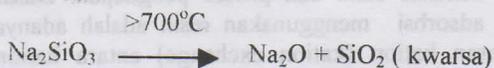
a. Pembakaran pada suhu di bawah 500^oC. berbentuk amorf.



b. Pembakaran pada suhu antara 500-700^oC, berbentuk kristal.



c. Pembakaran pada suhu diatas 700^oC, berbentuk kwarsa.



Sesuai dengan sifat senyawa silikat, perubahan suhu dapat mengakibatkan perubahan bentuk senyawa silikatnya. Dari hasil ketiga bentuk ini, bentuk amorf yang paling reaktif.

$(\text{Na}_2\text{O})_m(\text{SiO}_2)_n$ adalah polimer silikat dalam bentuk amorf. Bentuk ini dapat berfungsi sebagai penukar kation yang aktif. Di samping itu abu sekam padi dengan kehalusan ± 60 mesh sangat menguntungkan untuk digunakan sebagai media penyaring partikel suspensi dalam air. Komposisi kimia abu sekam padi bentuk amorf dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi Bentuk Amorf.

No	Senyawa	Kadar (%)
1.	Air	2,78
2.	Silikat (SiO_2)	91,15
3.	Ferri Oksida (Fe_2O_3)	0,01
4.	Aluminium Oksida (Al_2O_3)	0,03
5.	Natrium Oksida (Na_2O)	1,96
6.	Kalsium Oksida (CaO)	1,48
7.	Magnesium Oksida (MgO)	0,15

Sumber : Houston, D.F.,1972.

Abu sekam padi bentuk amorf, mirip dengan penukar ion dari bahan alam, sehingga dapat juga digunakan untuk memurnikan komponen-komponen logam antara lain yang terkandung dalam air limbah industri logam.

Proses penukaran ionnya dapat dilihat pada reaksi berikut (misal untuk logam Cu^{2+}).



Proses regenerasi dapat dilakukan dengan reaksi sebagai berikut :



Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa jauh campuran bentonit dan abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai penjerap untuk mereduksi kadar logam berat pada air limbah industri kerajinan kuningan di Juana.

Penelitian diharapkan dapat menurunkan kandungan logam berat dalam air buangan, sehingga dapat memberikan masukan pada industri terutama industri kerajinan kuningan di Juana kaitannya dengan peningkatan kualitas air buangan yang memenuhi standar baku mutu. Lebih jauh hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan satu alternatif cara pengolahan limbah logam berat dengan investasi yang cukup murah dan mudah namun tetap menjaga kualitas pengolahan.

Metodologi

Pada penelitian ini digunakan air limbah kerajinan logam kuningan Juana yang mengandung logam berat dengan komposisi: Ni = 21,42mg/l; Mg

= 494,17mg/l; Cu = 0,99mg/l; dan Fe = 0,32mg/l. Ion-ion logam ini kemudian diturunkan kadarnya dengan proses adsorpsi menggunakan bentonit dan abu sekam padi. Setelah proses tersebut, kadar logam berat dianalisa untuk mengetahui prosentase penurunan kadar logam berat yang terkandung dalam air limbah. Pada penelitian ini yang dianalisa hanya kadar Ni dan Mg.

Abu sekam padi dibuat dengan cara, sekam padi dibakar (diabukan) dalam furnace pada suhu 450°C . Sedangkan bentonit yang digunakan adalah bentonit yang sudah diaktifkan yang dibeli di toko kimia.

Proses penjerapan logam berat dalam limbah dilakukan dengan menambahkan bentonit aktif dan atau abu sekam padi sebanyak 50 gram ke dalam 300 ml limbah, kemudian diaduk dengan kecepatan 250 rpm. Setelah beberapa waktu kemudian cairan dipisahkan dengan padatnya. Cairan yang terpisah dianalisa kadar logam beratnya. Efisiensi penjerapan ditentukan dari perbandingan antara logam yang terserap dengan kadar logam mula – mula.

Hasil dan Pembahasan

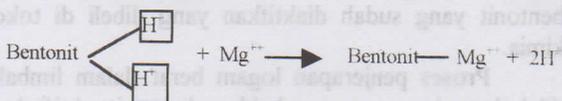
Tabel 3 menunjukkan pengaruh bentonit dan abu sekam padi terhadap proses penjerapan logam Ni dan Mg. Pada proses penjerapan yang hanya menggunakan abu sekam padi lebih banyak logam berat yang terjerap dibanding dengan hanya menggunakan bentonit saja. Hal ini disebabkan oleh reaksi kimia yang terjadi antara $(\text{NaO})_m(\text{SiO}_2)_n$ yang terkandung dalam abu sekam padi dengan logam berat lebih berpengaruh dibanding dengan pertukaran ion yang terjadi antara ion H^+ yang terkandung dalam bentonit dengan logam berat. Bentuk sekam padi yang amorf menyebabkan luas permukaan lebih besar.

Tabel 3. Pengaruh abu sekam padi dan bentonit terhadap penjerapan logam Ni & Mg

No	Rasio B : AS	Kadar Ni (mg/L)	Efisiensi Penjerapan	Kadar Mg (mg/L)	Efisiensi Penjerapan
1	0:00	21,42	0	494,17	0
2	50:0	6,46	69,85	311,08	37,05
3	9:1	4,90	77,1	325,51	34,13
4	8:2	3,61	83,12	304,80	38,32
5	7:3	2,38	88,9	311,77	36,91
6	6:4	1,90	91,11	266,55	46,06
7	5:5	1,24	94,21	255,73	48,25
8	4:6	0,82	96,15	178,99	63,78
9	3:7	1,04	95,14	178,99	63,78
10	2:8	1,88	91,23	147,26	70,2
11	1:9	0,63	97,05	126,95	7431
12	0:50	1,48	93,08	245,95	50,23

Efisiensi penjerapan logam yang optimum dicapai pada penggunaan adsorben campuran bentonit dan abu sekam padi dengan perbandingan berat 1: 9. Pada komposisi ini daya serap terhadap logam lebih baik dibanding dengan abu sekam padi saja. Hal ini bisa dijelaskan sebagai berikut. Dalam proses penjerapan terdapat dua tahap mekanisme:

1. Ion logam yang terkandung dalam cairan limbah akan terserap ke permukaan bentonit (pertukaran ion lebih banyak terjadi dipermukaan bentonit).



2. Ion logam yang terjerap di permukaan bentonit akan bereaksi dengan abu sekam padi.



Sehingga adanya bentonit dan abu sekam padi akan lebih mendukung terjadinya proses penjerapan.

Pengaruh waktu penjerapan terhadap pengambilan limbah logam tertera pada tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh waktu terhadap penjerapan logam Ni & Mg (bentonit : abu sekam = 1: 9)

T, menit	Kadar Ni (mg/L)	Efisiensi penjerapan	Kadar Mg (mg/L)	Efisiensi Penjerapan
15	0.77	96.39	145.92	70.47
30	0.65	96.98	130.35	73.62
45	0.26	98.79	107.01	78.34
60	0.21	99.00	79.77	83.85
75	0.17	99.19	70.04	85.82
90	0.16	99.27	50.58	89.76

Dari tabel di atas bisa dilihat bahwa semakin lama waktu penjerapan, logam Ni dan Mg yang terjerap semakin banyak. Hal ini karena memungkinkan kontak solut dengan adsorben semakin lama, sehingga kesempatan adsorben untuk menyerap solut semakin besar. Namun hal ini tidak berlangsung terus menerus karena adsorben juga mempunyai kemampuan yang terbatas dalam menyerap solut. Semakin lama proses penjerapan, jumlah Ni dan Mg yang terjerap per satuan waktu semakin menurun dan pada akhirnya mencapai kondisi jenuh.

Dalam kondisi ini solut sudah tidak mungkin lagi untuk diadsorpsi, karenanya proses penjerapan harus dihentikan. Dalam penelitian ini, waktu penjerapan yang optimum adalah 90 menit. Pada kondisi ini kadar Ni dan Mg telah mendekati kadar

minimum logam berat yang aman untuk dikonsumsi manusia yaitu Ni = 0,05 mg/L dan Mg = 50 mg/L.

Kesimpulan

Berdasar hasil penelitian yang diperoleh, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Abu sekam padi dan bentonit yang telah diaktifkan dapat digunakan untuk menyerap logam berat yang terkandung dalam limbah cair industri kerajinan kuningan Juana.
2. Kemampuan abu sekam padi untuk menyerap logam berat lebih besar dibanding bentonit.
3. Campuran antara bentonit dan abu sekam padi, dapat meningkatkan kemampuan menyerap logam berat dibanding hanya dengan menggunakan abu sekam padi.
4. Kondisi optimum dicapai pada perbandingan berat bentonit dan abu sekam padi 1 : 9, dan waktu penjerapan 90 menit dengan hasil penurunan kadar Ni = 99,27 % dan Mg = 89,76 %.

Daftar Pustaka

Bolto, B.A. and Pawlowski, L., (1987), "Waste Water Treatment By Ion Exchange", New York, U.S.A.

Darmono dan Arifin, C., (1989), "Kemungkinan Kontaminasi dan Pencemaran Ikan serta Organisme Laut Oleh Logam Berat", Medika.

Foth, H.D., (1995), "Dasar-dasar Ilmu Tanah", Universitas Gajah Mada Press.

Harris, B.L., (1958), "Adsorbtion", *Ind. And Eng. Chem.*

Houston, D.F., (1972), "Rice, Chemistry and Technology", vol. IV, American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

Hussni-El Sayed, El-Ashmany, A.E. and Hamad, (1978), "Silica Reduction of Rice Hulls", National Research Center, Dukki, Cairo, Egypt.

Kirk and Othmer, (1954), "Encyclopedia of Chemical Technology", The Interscience Encyclopedia Inc vol.4, New York.

Manahan, S. E., (1992), "Toxicological Chemistry", second edition, Lewis Publishers, Inc, Chelsea, Michigan, U.S.A, page 257.

Miettinen, J. K., (1975), "The Accumulation and Excretion of Heavy Metals in Organism", Plenum Press, New York & London.