**Adsorpsi Logam Berat Pada Air Sungai Kaligarang Menggunakan Campuran Zeolit dan Pasir Silika**

**Alif Lombardoaji Sidiq\* dan Agus Yulianto**

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang

Jl. Raya Sekaran, Gunungpati, Semarang Indonesia 50029

\*Email : aliflombardo@gmail.com

**Abstrak**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas filter zeolit, pasir silika dan kombinasi keduanya untuk menurunkan kadar logam berat. Filter dibuat dengan mencampur zeolit dan pasir silika dengan beberapa komposisi yang berbeda, yaitu masing-masing dengan kandungan zeolit sebanyak 100%, 75 %, 50%, 25%,0%, dan kandungan pasir silika 0%,25%,50%,75%,100% dengan massa total yang tetap yaitu 200 g. Untuk menguji sampel filter tersebut digunakan bahan uji berupa air permukaan sungai kaligarang dengan kontaminan logam Pb, Cu, Cd, dan Zn. Pengujian dilakukan dengan cara mengalirkan air sungai ke dalam pipa yang telah terisi filter. Pada bahan uji pertama tidak dialirkan ke dalam filter, untuk bahan uji kedua dan seterusnya dialirkan ke dalam filter dan tanpa perulangan, sehingga didapat juga nilai permeabilitas sampel filter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan logam Cu 0,005 ppm, setelah difilter menjadi 0,0013 ppm, 0,0011 ppm, 0,0011 ppm, 0,0006 ppm, dan 0,0006 ppm, dengan nilai permeabilitas filter 0,0623 D, 0,0536 D, 0,0422 D, 0,0395 D, 0,0366 D. Berdasar hasil pengujian tersebut disimpulkan filter campuran zeolit dan pasir silika dapat secata efektif mengadsorbsi logam Cu dengan komposisi yang paling efektif adalah 25% zeolit dan 75% pasir silika, kemudian nilai permeabilitas filter semakin kecil dengan bertambahnya pasir silika.

**Kata kunci :** Logam berat, filter air, zeolit, pasir silika.

**PENDAHULUAN**

Ketersediaan air bersih merupakan hal utama yang akan menjadi isu strategis seiring pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat. Pencemaran air yang sangat masif di daerah perkotaan merupakan persoalan sangat serius. Di sisi yang lain, sungai sebagai penyedia utama kebutuhan air semakin banyak yang tercemari dan tidak layak digunakan untuk pemenuhan kebutuhan air sehari-hari. Di antara jenis polutan yang banyak mencemari sungai-sungai di Semarang adalah logam berat, seperti mercury (Hg), tembaga (Cu), arsenik (As), cadmium (Cd) dan timbal (Pb). Menurut Suparjo (2009), kualitas salah satu sungai Babon sebagai salah satu utama di kota Semarang sangat memprihatinkan dengan nilai *chemical oxygen demand* (COD) sudah sangat melebih ambang batas yang diperkenankan oleh Kementrian Lingkungan Hidup. Begitu juga Pratama *et al* (2012) juga menemukan kandungan Pb dan Fe di Sungai Tapak, Tugurejo Kota Semarang juga sudah jauh di atas ambang, yakni mencapai 59 232,37 mg/kg. Sebelumnya, Maslukah (2007) menemukan adanya kandungan beberapa logam berat seperti Pb, Cd, Cu dan Zn di Sungai Banjir Kanal Barat akibat adanya aktivitas industri di beberapa lokasi di sekitar sungai tersebut.

Oleh karena itu, untuk menangani pencemaran sungai yang terus berlangsung, salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penyaringan melalui mekanisme adsorpsi logam-logam berat menggunakan filter adsorben. Salah satu material yang dapat digunakan sebagai bahan filter adsorben tersebut adalah zeolit.

Zeolit merupakan material aluminium silikat yang struktur partikelnya berbentuk oktahedron (Barkalova, 2008). Zeolit banyak dijumpai di daerah-daerah yang berada di sekitar gunung berapi, termasuk di Jawa Tengah, seperti Boyolali, Wonogiri, Magelang dan Klaten. Dengan menggunakan zeolit alam, filter yang dihasilkan akan memiliki ketahanan terhadap suhu (Hristov *et al*, 2012), *inert* secara kimia (Barlokova, 2008), *reusable* (dapat dipakai kembali) dan tahan lama.

Ibrahimi dan Sayyadi (2015) melaporkan bahwa zeolit dengan daya adsorpsinya yang sangat tinggi sangat efektif untuk digunakan sebagai adsorben beberapa jenis logam berat. Tingginya daya adorpsi zeolit ini dikarenakan karena strukturnya yang unik yang memungkinkan dia sangat bermuatan negatif sehingga mampu menyerap ion-ion positif yang kebanyakan berupa ion logam.

Selanjutnya, Khachatryan (2014) juga melakukan uji adsorpsi zeolit terhadap ion-ion logam berat di Armenia dan diperoleh hasil yang sangat baik. Bahkan Kanawade (2015) mampu membuat adsorben berbahan zeolit alam dan mendapatkan adsorpsi terhadap logam Pb hingga mencapai 80%.

Pada penelitian ini zeolit alam dibuat menjadi filter non keramik dengan pori yang memungkinkan proses adsorbsi dan filtrasi terhadap polutan logam berat dapat berlangsung. Pembuatan filter ini dapat menjadi jawaban atas masalah semakin tingginya pencemaran sungai di beberapa kota di Semarang dan juga meningkatkan ketersediaan air bersih di Semarang.

**METODE PENELITIAN**

## Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Penelitian dilakukan di Laboratorium Komposit Terapan Fisika Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

 Variabel Penelitian

### Variabel Bebas

Variabel bebas penelitian ini adalah komposisi massa zeolit dan pasir Silika.

### Variabel Terikat

Variabel terikat penelitian yaitu kandungan logam dalam air hasil filtering oleh campuran zeolit dan pasir silika, khususnya logam Zn, Cu, Pb dan Cd.

## Proses Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa alat : gelas ukur, pipa plastik, stopwacth, dan kain. Kemudian bahan yang digunakan adalah zeolit, pasir silika, dan air sungai kaligarang sebagai bahan uji. Pembuatan sampel dilakukan dengan menimbang massa zeolit dan pasir silika dengan total massa tetap yaitu 200 gram, variasi komposisi yang ditunjukan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Komposisi Zeolit dan pasir Silika

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No** | **Zeolit****(gram)** | **Pasir Silika****(gram)** |
| 1 | 200 | 0 |
| 2 | 150 | 50 |
| 3 | 100 | 100 |
| 4 | 50 | 150 |
| 5 | 0 | 200 |

Setelah memperoleh sampel dengan komposisi massa tersebut. Kemudian merancang alat dengan menyiapkan kain kemudian diikatkan pada ujung pipa seperti pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** rancangan alat.

Proses pengamblan data dilakukan dengan mengalirkan bahan uji pada rangkain alat yang telah diisi sampel seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2** alat beserta sampel

Gambaran proses penelitian secara garis besar dapat dilihat pada diagram proses penelitian seperti yang ditunjukan pada **Gambar 3**.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Zeolit** **(gram)** | **Pasir Silika****(gram)** | **Waktu** $t$ **(s)** | **Ketebalan Filter** $l$ **(cm)** | **Tinggi air** $h$ **(cm)** | **Permeabilitas** $κ$ **(d)** |
| 1 | 200 | 0 | 33,15 | 13,78 | 11,22 | 0,0623 |
| 2 | 150 | 50 | 36,35 | 13,44 | 11,56 | 0,0536 |
| 3 | 100 | 100 | 43,08 | 13,02 | 11,98 | 0,0422 |
| 4 | 50 | 150 | 43,42 | 12,65 | 12,35 | 0,0395 |
| 5 | 0 | 200 | 44,20 | 12,29 | 12,71 | 0,0366 |



 Gambar 3 Proses penelitian

Saat bahan uji melewati filter, mengukur waktu yang diperlukan dari tetesan pertama hingga mencapai volume 150 ml untuk memperoleh nilai permeabilitas.

Pengukuran permeabilitas dilakukan menggunakan hukum Darcy dengan tekanan hidrostatik pada pipa yang berdiri. Bentuk persamaan dari Hukum Darcy dapat dituliskan

$$κ=\frac{V}{t}\frac{η}{A}\frac{l}{ρgh}$$

Keterangan = $κ$: permeabilitas; $V$: volume air;$ t$: waktu fluida melewati filter; $η$: viskositas fluida; $A$: luas permukaan bahan: $A=πD^{2}/4$; $D$: diameter pipa uji; $l$: ketebalan bahan; $ρ $: massa jenis fluida; $g$: percepatan gravitasi; $h$: ketinggian fluida.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menekankan pada sifat permeabilitas zeolit dan pasir silika serta kandungan logam dalam air sungai. Permeabilitas merupakan ukuran kemampuan bahan berpori untuk melewatkan fluida. Ia muncul sebagai konstanta kesebandingan dalam hukum Darcy. Permeabilitas bergantung pada beberapa besaran intensif, yaitu ukuran pori, kerapatan pori dalam bahan, kesinambungan pori antar ujung bahan, serta viskositas fluida yang melewati pori.

## Permeabilitas campuran zeolit dan pasir silika pada saat mengadsorpsi air sungai kaligarang

Terdapat beberapa tetapan yang terdapat dalam pengukuran ini, yaitu:

$η$ = 1,0 x 10-3 cP, $D$ = 3,75 cm, $ρ$ = 1 g/cm3, $g$ = 9,806 m/s2­­, $V$ = 150 ml

Perhitungan menggunakan perumusan hukum Darcy (Masturi, 2012), hasil perhitungan permeabilitas ditunjukan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2** Hasil penghitungan permeabilitas filter.

Dari tabel jelas terlihat hubungan kesebandingan terbalik antara massa pasir silika terhadap permeabilitas bahan. Hubungan ini terjadi karena ukuran partikel pasir silika yang lebih kecil dari ukuran partikel zeolit, yang menyebabkan partikel pasir silika mengisi lebih banyak ruang, sehingga penutupannya lebih rapat dan lebih sedikit rongga pada bahan, atau lebih sedikitnya pori. Akibatnya fluida lebih sulit mengalir atau permeabilitasnya lebih rendah.

## Hasil Pengujian

Pengujian ini dilakukan oleh BPL2H. Waktu yang diperlukan untuk menguji kandungan yaitu dua bulan. Hasil dari data kandungan logam sampel ditunjukkan dalam Tabel 3.

 Tabel 3 Data Kandungan Logam Berat Air Sungai Kaligarang

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Zeolit** | **Pasir Silika** | **Zn** | **Cu** | **Pb** | **Cd** |
| 1 | 0 | 0 | 0,001 | 0,005 | 0,003 | 0,0007 |
| 2 | 200 | 0 | 0,0008 | 0,0013 | <0,0005 | <0,0005 |
| 3 | 150 | 50 | <0,0001 | 0,0011 | <0,0005 | <0,0005 |
| 4 | 100 | 100 | <0,0001 | 0,0011 | <0,0005 | <0,0005 |
| 5 | 50 | 150 | <0,0001 | 0,0006 | <0,0005 | <0,0005 |
| 6 | 0 | 200 | <0,0001 | 0,0006 | <0,0005 | <0,0005 |

Metode pengujian yang digunakan untuk menguji kandungan logam Zn yaitu Spektrofotometri (Nyala), sedangkan logam Pb, Cu, dan Cd menggunakan Spektrofotometri (GF). Semua pengukuran logam mengacu pada metode yang sesuai dengan standar nasional. Acuan Metode Pengukuran ditunjukan pada **Tabel 4**.

**Tabel 4** Acuan Metode Pengukuran

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Jenis Logam** | **Metode Pengujian**  | **Acuan Metode** |
| Zn | Spektrofotometri (Nyala) | SN 6989.7-2009 |
| Cd | Spektrofotometri (GF) | SN 6989.66-2009 |
| Cu | Spektrofotometri (GF) | SN 6989.46-2009 |
| Pb | Spektrofotometri (GF) | SN 06-6989.38-2005 |

Didapatkan dari pengukuran kandungan logam dalam air mengalami penurunan setelah difilter, tetapi nilainya yang kecil menyebabkan hanya logam Cu yang dapat diteliti lebih lanjut karena nilai kandungan untuk logam lain di bawah batas ukur alat uji. Hal itu juga membuat hasil pengukuran logam Cu saja yang dapat dibuat grafik. Grafik kandungan logam Cu ditunjukan pada **Gambar 4**.



**Gambar 4** Grafik kandungan logam Cu setelah difilter

Dari grafik terlihat jelas kandungan logam Cu lebih baik difilter dengan pasir silika dibandingkan zeolit. Hal ini dimungkinkan karena interaksi atom Cu dengan atom O dari SiO2 dalam pasir untuk membentuk oxsida tembaga (Naskar, 2009). Karena reaksi tersebut, maka konsentrasi Cu berkurang.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran didapatkan permeabilitas dari butiran zeolit (ukuran <5mm) dan pasir silika (<1mm) memiliki nilai sekitar 50 millidarcy (mD). Berdasar hasil pengujian dapat disimpulkan filter campuran zeolit dan pasir silika dapat secata efektif mengadsorbsi logam Cu dengan komposisi yang paling efektif adalah 25% zeolit dan 75% pasir silika,

Dari pengukuran didapat pula nilai konsentrasi (ppm) dari beberapa logam yang akan digunakan sebagai polutan fluida uji efisiensi adsorbsi dari zeolit. Keseluruhan logam uji selain Cu memiliki konsentrasi yang sangat rendah setelah difilter sehingga tidak bisa dilakukan pengamatan lebih lanjut. Sedangkan untuk konsentrasi Cu, nilainya menurun seiring dengan bertambahnya pasir Silika.

**DAFTAR PUSTAKA**

Barloková, D. 2008. Natural Zeolits in The Water Treatment Process, *Slovak J. Civil Eng*., **2**: 8 – 12.

Erdem, E., Karapinar, N., Donat, R. 2004. The removal of heavy metal cations by natural zeolits, *J* *Colloid Interface Sci*, **280**: 309–314

Hafil, M. 2014. *75 Persen Sungai di Indonesia Tercemar Berat*. Kompas, 24 Maret 2014.

Hamdi, N., Srasra, E. 2008. Filtration properties of two Tunisian clays suspensions: effect of the nature of clay. *Desalination*, **220**: 194 – 199.

Hristov, P. Yoleva, A., Djambazov, St., Chukovska, I., Dimitrov, D. 2012. Preparation and Characterization of Porous Ceramic Membranes for Micro-Filtration from Natural Zeolit, *J Univ Chem Technol Metallurgy*, **47(4**): 476 – 480.

Hui, K.S., Chao, C.Y.H., Kot, S.C. 2005. Removal of mixed heavy metal ions in wastewater by zeolit 4A and residual products of recycled coal fly ash. *J Hazardous Mater*, **127**: 89-101

Ibrahimi, M.M., Sayyadi, A.S. 2015. Application of natural and modified Zeolits in removing heavy metal Cations from aqueous media: an overview of including parameters affecting the process, *Int J Geology Agriculture Environ Sci*, **3(2)**: 1-7.

Kanawade, S.M. 2015. Removal of Heavy Metals from Wastewater by Using Zeolits as Adsorbent. *Int J Chem Eng Tech Approach*, **1**: 30-38

Khachatryan, S.V. 2014. Heavy Metal Adsorption by Armenian Natural Zeolit From Natural Aqueous Solutions. *Proc Yerevan State University*: *Chem Bio*, **2**: 31–35

Maslukah, L.. 2007. Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Terlarut dalam Seston dan dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang, *AKUATIK-Jurnal Sumberdaya Perairan*, **2** : 1-4.

Masturi, Silvia, Aji, M.P., Sustini, E., Khairurrijal, Abdullah, M. 2012. Permeability, strength and filtration performance for uncoated and titania-coated clay wastewater filters. *Am. J. Environ. Sci*., **2**: 79 – 94.

Masturi, Sustini, E., Abdullah, M., Khairurrijal. 2014. Titania Coated Ceramic Membrane from Clay and Muntilan Sand for Wastewater Filter Application, *Adv Mater Res*., **896**: 70 – 73.

Naskar, M.K., Kundu, D., Chatterjee, M. 2009. Silicalite-1 zeolit membranes on unmodified and modified surfaces ofceramic supports: A comparative study, *Bull. Mater. Sci*., **32(5):** 537–541.

Pratama, A.G., Pribadi, R., Maslukah, L. 2012. Kandungan Logam Berat Pb dan Fe pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (Perna viridis) di Sungai Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang, *J Marine Res,* **1(1):**118-122

Suparjo, M.N. 2009. Kondisi Pencemaran Perairan Sungai Babon Semarang, *Jurnal Saintek Perikanan*, **4** (**2**): 38 - 45

World Health Organization. "Guidelines for drinking-water quality." WHO chronicle 38 (2011): 104-8.