

Penurunan Kadar Ion Logam Berat pada Air Sungai Karah Surabaya dengan Resin Kation

Budiarti Yunisha Ratnasari, Nur Fadillah, Dwi Hery Astuti*, Sani

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294, Indonesia
* Penulis Korespondensi: E-mail: dwihery59@gmail.com

Abstrak

Sebagian besar limbah domestik yang berada pada aliran sungai mengandung logam berat yang memberikan dampak negatif untuk ekosistem dan makhluk hidup yang menggunakannya. Ion Exchange merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran akibat logam berat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar ion logam berat pada sistem perairan atau pada air sungai dengan resin kation. Jenis resin yang digunakan adalah resin kation lewattit. Resin kation sebagai media penukar ion antara ion logam pada air sungai dengan ion yang terdapat di dalam resin. Proses pelaksanaan penelitian ini dengan mengontakkan air sungai dengan resin kation pada alat penukar ion dengan proses continue dengan laju alir dan waktu pengontakkan sesuai variabel. Pengujian kadar logam berat dianalisa menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). Kondisi pertukaran ion terbaik terjadi pada variabel berat resin 250 gram dan laju alir 60 ml/menit, dimana pada variabel tersebut diperoleh kadar ion Fe sebesar 0.129 mg/L, kadar ion Pb sebesar 0.037 mg/L, kadar ion Ag sebesar 0.091 mg/L, dan kadar ion Mg sebesar 46.66 mg/L.

Kata kunci: ion Ag⁺, ion exchange; ion Fe; ion Mg; ion Pb; logam berat; resin kation

Abstract

Most of the domestic waste in the river flow contains heavy metals which have a negative impact on the ecosystem and the organism that use it. Ion Exchange is an effective method to solve the problem of pollution due to heavy metals. This research to reduce levels of heavy metal ions in water systems or in river with cation resin. The type of resin used is cationite resin. Cation resin as an ion exchange media between metal ions in river with ions contained in the resin. The process of this research by contacting river water with cation resin on an ion exchange device with the process of continuing with the flow rate and contact time according to variables. Heavy metal content was analyzed using AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). The best ion exchange conditions occur at a variable weight of 250 gram resin and a flow rate of 60 ml / min, Pb ion levels were 0.037 mg/L, Ag ion levels were 0.091 mg/L, and Mg ion levels were 46.66 mg/L. where in these variables obtained levels of Fe ions of 0.129 mg/L.

Key words: ion Ag⁺, ion excahnge, ion fe, metal, cation resin

PENDAHULUAN

Sungai merupakan komponen lingkungan yang mempunyai fungsi penting bagi kehidupan manusia, termasuk untuk menunjang keseimbangan lingkungan. Meningkatnya jumlah industri akan meningkatkan jumlah limbah hasil produksi yang dihasilkan dan dapat menjadi dampak negatif dari pembangunan pabrik karena pabrik sering memanfaatkan sungai sebagai sarana untuk membuang limbah yang dihasilkan. Air sungai

saat ini masih banyak mengandung logam-logam berat yang berbahaya bagi kesehatan manusia jika dikonsumsi, logam-logam berat tersebut salah satunya adalah ion Fe yang dapat berasal dari pengelasan besi ataupun pengolahan besi disekitar sungai. Air yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi selain itu dalam dosis yang besar dapat merusak organ-organ dalam pada tubuh manusia.

Menurut Putri dkk (2013), sungai Surabaya dimanfaatkan sebagai bahan baku air

minum dimana kualitas air di 5 sungai Surabaya, yaitu Cangu, Cangkir, Bambe, Karang Pilang dan Jagir memberikan hasil bahwa sungai tersebut tercemar dan tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan Peraturan Daerah Jawa Timur No 2 Tahun 2008 yaitu DO, BOD, COD dan kekeruhan telah melampaui baku mutu sedangkan nilai pH dan TDS masih berada pada rentang baku mutunya. Kandungan Fe air yaitu berada pada rentang 0,7486-39,2775 ppm sedangkan pada sedimen yaitu 16944,24-83096,96 mg/Kg. Nilai ini melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air di Provinsi Jawa Timur, dimana menurut Peraturan Daerah Jawa Timur No. 2, 2008), kandungan maksimal Fe dalam air adalah 0,3 mg/l[1].

Penting dilakukannya pengolahan air agar air sungai dapat dikonsumsi masyarakat sekitar sungai. Pengolahan air menggunakan filtrasi dan penukar ion merupakan teknologi yang mudah diterapkan dan lebih ekonomis dibandingkan dengan teknologi distilasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini diharapkan resin kation dapat menurunkan kadar ion logam berat (Fe, Pb, Ag, dan Mg) pada air sungai karah Surabaya dengan menggunakan metode pertukaran ion (ion exchange) secara continue dalam kolom penukar ion dengan variabel laju alir dan berat resin.

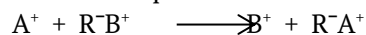
Prinsip Pertukaran Ion

Pertukaran ion secara luas digunakan untuk pengolahan air dan limbah cair, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan dan dalam proses demineralisasi air. Prinsip dari penukar ion adalah adanya penukar ion positif atau ion negative tertentu secara spesifik dari larutan dan melepaskan ion lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama, dan jumlah muatan yang diserap sama dengan muatan yang dilepas agar resin atau media penukar ion tetap stabil (Purnama,2015). Jika suatu larutan yang mengandung kation atau anion dikontakkan dengan media penukar ion, maka akan terjadi proses pertukaran ioan dengan mekanisme reaksi sebagai berikut :

1. Mekanisme pertukaran anion

$$A^- + R^+B^- \longrightarrow \text{R}^+A^- + B^-$$

2. Mekanisme pertukaran kation



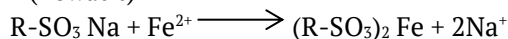
Keterangan :

A = ion yang akan dipisahkan (pada larutan)
 B = ion yang akan menggantikan ion A (pada padatan/media penukar ion)

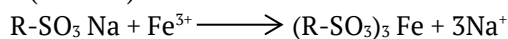
R = bagian ionik/gugus fungsional pada media penukar ion [2]

Mekanisme reaksi pertukaran ion (Fe, Pb, Mg, dan Ag) dengan resin kation sebagai berikut :

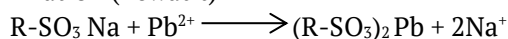
- Reaksi pertukaran ion Fe^{2+} dengan resin kation (Lewatit)



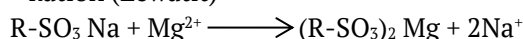
- Reaksi pertukaran ion Fe^{3+} dengan resin kation (Lewatit)



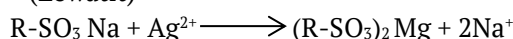
- Reaksi pertukaran ion Pb^{2+} dengan resin kation (Lewatit)



- Reaksi pertukaran ion Mg^{2+} dengan resin kation (Lewatit)



- Reaksi pertukaran ion Ag^{2+} dengan resin kation (Lewatit)



1. Resin Asam Kuat (Resin Kation Asam Kuat)

Resin asam kuat (strong acid resin) berisi gugus asam sulfonik yang mempunyai efisiensi regenerasi sekitar 30-50%. Resin kation asam kuat mempunyai kekuatan reaksi dengan gugus sulfonik atau $-SO_3H$ dan resin ini mampu memindahkan semua kation. Regenerasi resin asam kuat biasa dilakukan dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl). Nama dagang dari jenis resin kation asam kuat ini diantaranya :

- Resin dowex 50
- Resin permutit
- Resin amberlite IR-120
- Resin purolite C-100
- Resin duolite C-20
- Resin lewatit

Tahap Pertukaran Ion

Operasi sistem pertukaran ion dilakukan dalam empat tahap, yaitu :

1. Tahap Layanan

Tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion. Sifat dari tahap ini ditentukan oleh konsentrasi ion yang dihilangkan terhadap

waktu atau volume air produk yang dihasilkan. Hal yang perlu diperhatikan pada tahap layanan ini adalah kapasitas dan bebas pertukaran ion (ion exchange load). Tahap layanan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air dari atas (down flow).

2. Tahap Pencucian balik

Tahap ini dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik jenuh dan kotor. Pencucian balik dilakukan dengan mengalirkan air produk dari bawah ke atas (up flow). Pencucian balik mempunyai sasaran sebagai berikut :

1. Pemecah resin yang menggumpal
2. Penghilangan partikel halus yang terperangkap dalam ruang resin.
3. Penghilangan kantong-kantong gas yang terdapat dalam reactor.
4. Pembentukan ulang lapisan resin bed dengan pengembangan bed antara 50%.

3. Tahap Regenerasi

Tahap operasi penggantian ion yang semula berada dalam matriks resin dan pengambilan kapasitas ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak ion yang digantikan. Larutan regenerasi untuk kation menggunakan HCl atau H_2SO_4 sedangkan untuk anion menggunakan larutan NaOH. Operasi regenerasi dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses regenerasi antara lain :

- a. Konsentrasi larutan harus selalu konstan
- b. Waktu pengaliran larutan regenerasi harus tepat

4. Tahap Pembilasan

Tahap pembilasan dilakukan untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap resin. Pembilasan dilakukan menggunakan air produk dengan aliran down flow dan dilakukan dalam dua tingkat, yaitu :

- 1) Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi
- 2) Tingkat laju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion [3]

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pertukaran ion :

1. pH

Range pH efektif untuk jenis kation asam kuat dan anion basa kuat adalah pH 0-14,

sedangkan pada jenis kation asam lemah dan anion basa lemah efektif pada pH diatas 6.

2. Kecepatan aliran

Semakin cepat debit aliran yang ditetapkan dalam proses pertukaran ion, semakin sedikit konsentrasi ion yang dapat di pertukarkan. Hal ini disebabkan waktu tinggal dan kontak antara air dengan resin semakin pendek. Laju alir yang cepat menyebabkan waktu kontak antara larutan dan resin berlangsung singkat sehingga sesuai untuk larutan elektrolit berkonsentrasi rendah, Sebaliknya, laju alir yang lambat sesuai untuk larutan elektrolit berkonsentrasi tinggi agar pertukaran ion yang terjadi lebih sempurna.

3. Konsentrasi ion terlarut

Semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan, semakin lambat kecepatan berlangsungnya suatu reaksi oertukaran ion dan semakin sedikit konsentrasi ion yang akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan karena resin memiliki kapasitas ion terbatas.

4. Tinggi media penukar ion

Semakin tinggi media penukar ion yang terdapat dalam pertukaran maka semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan semakin tinggi media penukar ion maka semakin banyak jumlah media penukar ion, dan semakin banyak kapasitas yang dimiliki media penukar ion untuk menukarkan atau menangkap ion lain dari larutan.

5. Suhu

Pertukaran ion dipengaruhi suhu, akan tetapi secara oraktis peningkatan suhu tidak cukup untuk menyebabkan penambahan laju proses. Operasi suhu tinggi baru bermanfaat bila larutan semula memang pada suhu tersebut atau bila larutan terlalu kental pada suhu ruang[4].

6. Kecepatan pengadukan

Bila pengadukan terlalu lambat maka proses pertukaran ion berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur ion cepat rusak, sehingga proses pertukaran ion kurang optimal.

7. Waktu kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas maksimum terjadi pada waktu keseimbangan.

8. Konsentrasi
Semakin besar konsentrasi dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul [5].
(Syauqiah,2011).

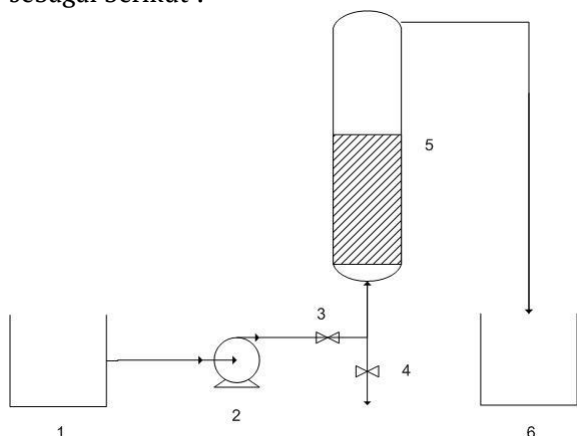
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai karah Surabaya dan resin kation lewattit..

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah serangkaian alat ion exchanger yang terdiri dari beberapa bagian komponen alat, sebagai berikut :



Keterangan :

1. Bak penampung
2. Pompa
3. Kran
4. Kran pembuangan
5. Kolom penukar ion
(diameter 1 ½” = 4.8 cm, dan panjang 50 cm)
6. Bak penampung hasil

Prosedur

Air sungai Karah Surabaya yang sudah ditampung dalam bak penampung dialirkan dengan laju alir (60; 120; 180; 240; dan 300 ml/menit) menuju kolom penukar ion yang berisi resin kation dengan berat (50; 100; 150; 200; dan 150 gram) kondisi tersebut berdasarkan variabel peubah yang dijalankan. Waktu pengontakan dilakukan selama 20 menit. Air yang keluar dari kolom penukar ion selanjutnya dilakukan analisa

AAS dan Kompleksimetri untuk mengetahui kadar logam berat yang tersisa dalam air sungai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa kadar awal ion Fe, Ag, Pb dan Mg sebelum dilakukan pertukaran ion adalah sebagai berikut :

Tabel 1
Hasil Uji Kandungan Awal Air Sungai Karah

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode
Fe	mg/L	28.86	AAS
Ag	mg/L	5.674	AAS
Pb	mg/L	5.144	AAS
Mg	mg/L	248.43	Kompleksio- metri

Tabel 2
Kadar Ion Terendah/Terbaik Pada Berbagai Laju Alir

Berat Resin (gram)	Kadar Ion (mg/L)			
	Fe	Ag	Pb	Mg
50	0.258	0.132	0.063	81.49
100	0.215	0.120	0.048	78.44
150	0.226	0.120	0.055	79.58
200	0.194	0.108	0.047	75.13
250	0.129	0.091	0.037	46.66

Tabel 3
Kadar Ion Terendah/Terbaik Pada Berbagai Berat Resin

Laju Alir (ml/menit)	Kadar Ion (mg/L)			
	Fe	Ag	Pb	Mg
60	0.129	0.091	0.037	46.66
120	0.172	0.109	0.057	55.18
180	0.215	0.126	0.077	63.69
240	0.285	0.129	0.082	88.80
300	0.355	0.195	0.085	113.91

(Laboratorium TAKI-ITS)

Pada tabel 2 menunjukkan hasil penurunan kadar ion Fe, Ag, Pb dan Mg terbaik/terendah terjadi pada berat resin 250 gram. Dan pada tabel 3 menunjukkan hasil penurunan kadar ion Fe, Ag, Pb dan Mg terbaik/terendah terjadi pada saat laju alir 60 ml/menit. Secara umum, penurunan kadar ion dengan proses pertukaran ion dapat dipengaruhi oleh faktor kecepatan laju alir dan

berat resin. Teori tersebut sesuai dengan hasil penelitian, dimana dari hasil penelitian diperoleh kondisi terbaik untuk menurunkan kadar ion Fe, Ag, Pb dan Mg terjadi pada saat kecepatan laju alir paling rendah, yaitu 60 ml/menit dengan jumlah berat resin terbanyak, yaitu 250 gram. Hasil tersebut terjadi dikarenakan pada laju alir rendah kontak antara resin dengan ion dalam air sungai semakin lama dan efektif, serta jumlah resin yang banyak juga menyebabkan ion dalam resin yang dapat ditukarkan dengan ion dalam air sungai semakin banyak pula.

Menurut (Peraturan Daerah Jawa Timur No. 2, 2008), kandungan maksimal Fe dalam air sungai adalah 0.3 mg/L. Dari hasil penelitian pada kondisi terbaik untuk mendapatkan kadar Fe terendah, yaitu pada saat laju alir 60 ml/menit dengan berat resin 250 gram, diperoleh kadar ion Fe sebesar 0.129 mg/L. Dimana hasil tersebut telah sesuai dengan standar baku mutu yang boleh dibuang atau dipergunakan. Selain pada kondisi terbaik tersebut, ketika laju alir 60 ml/menit dengan berat resin 50-250 gram juga telah memenuhi baku mutu.

Menurut (Paket Keahlian Budidaya Krustacea : Pengelolaan Kualitas Air, 2013), proses pertukaran ion dipengaruhi oleh jumlah valensi, dimana kation-kation dengan valensi yang lebih besar akan dipertukarkan terlebih dahulu oleh resin. Sementara untuk kation yang memiliki valensi sama, maka ion yang mempunyai berat atom terbesar yang akan dipertukarkan terlebih dahulu. Jika berdasarkan valensi, urutan ion yang tertukar terlebih dahulu secara berurutan adalah Fe, Pb, Mg, dan kemudian Ag. Dimana pada air sungai kation-kation tersebut berada dalam bentuk Fe^{2+} , Fe^{3+} , Pb^{2+} , Mg^{2+} , dan Ag^+ .

Dari hasil penelitian, ion yang dipertukarkan terlebih dahulu secara berurutan adalah Fe, Pb, Ag, baru kemudian Mg. Pada urutan pertukaran ion Fe yang kemudian dilanjutkan ion Pb, telah sesuai dengan teori berdasarkan jumlah valensi. Namun, untuk urutan pertukaran ion selanjutnya, yaitu ion Pb yang kemudian diikuti ion Ag baru kemudian diikuti ion Mg mengalami ketidaksesuaian dengan teori. Menurut (Bronsted & Lowry, 1923 dan Slater, 1991 dalam Bernatede, 2017), proses pertukaran ion sangat bergantung pada koefisien selektifitas masing-masing ion. Ion dengan nilai koefisien selektifitas paling

tinggilah yang akan dipertukarkan terlebih dahulu. Sehingga dapat dikatakan ketidaksesuaian hasil penelitian tersebut dapat dipengaruhi oleh nilai koefisien selektifitas masing-masing ion, dimana ion Ag memiliki nilai koefisien selektifitas yang lebih besar dibandingkan dengan ion Mg, sehingga peluang ion Ag dalam melakukan pertukaran ion dengan resin lebih besar dibandingkan ion Mg. Dimana masing-masing nilai koefisien selektifitas untuk ion Pb adalah sebesar 9, ion Ag sebesar 8.5 dan ion Mg sebesar 3.3 .

Menurut Sukar (1989), pada pH standar (pH = 7), pertukaran ion positif (kation) akan berlangsung berdasarkan besarnya potensial elektrodanya. Kation dengan nilai potensial elektroda besar akan dapat menukar ion pada resin yang nilai potensial elektrodanya lebih kecil. Dari teori tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh nilai potensial elektroda (deret volta) yang dikarenakan air sungai Karah berada pada suasana asam dengan nilai pH sebesar 6.48 [6].

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ion-ion Ag, Pb dan Mg yang juga terkandung dalam air sungai Karah memiliki pengaruh yang dapat mengganggu keefektifan proses pertukaran ion antara ion Fe dalam air sungai Karah dengan ion dalam resin. Dimana dengan adanya kandungan ion Ag, Pb dan Mg dalam air sungai Karah menyebabkan terjadinya perebutan antara ion tersebut dengan ion Fe untuk dipertukarkan terlebih dahulu dengan ion dalam resin. Dengan kata lain, semua kandungan ion dalam air sungai akan saling mendorong untuk menukarkan ionnya dengan ion dalam resin. Proses perebutan ion dalam pertukaran ion tersebut dapat dipengaruhi dari valensi ion, selektivitas yang dimiliki ion tersebut. Oleh karena itu, pemanfaatan resin tidak dapat digunakan untuk fokus hanya pada satu ion dalam air sungai, hal tersebut dikarenakan kandungan ion-ion dalam air sungai yang sangat banyak

SIMPULAN

1. Pada hasil penelitian telah diperoleh kadar ion Fe yang memenuhi standart baku mutu, yang mana berdasarkan (Peraturan Daerah Jawa Timur No. 2, 2008), kandungan

- maksimal Fe dalam air sungai adalah 0.3 mg/L.
2. Kondisi pertukaran ion terbaik terjadi pada variabel berat resin 250 gram dan laju alir 60 ml/menit, dimana pada variabel tersebut diperoleh kadar ion Fe sebesar 0.129 mg/L, kadar ion Pb sebesar 0.037 mg/L, kadar ion Ag sebesar 0.091 mg/L, dan kadar ion Mg sebesar 46.66 mg/L.
 3. Dari hasil penelitian, diperoleh persentase penurunan kadar ion secara keseluruhan untuk kadar ion Fe sebesar 98.89 %, ion Pb sebesar 98.38 %, ion Ag sebesar 97.31 %, dan ion Mg sebesar 58.07 %.
- [5] I. Syauqiah, M. Amalia, dan H. A. Kartini, "Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif," *Info-Teknik*, vol. 12, no. 1, hal. 11–20, 2016.
- [6] S. Sukar, T. Tugaswati, P. A. Isotop, S. Suhandi, dan others, "Penurunan Kadar Khrom dalam Air Menggunakan Cara Penukar Ion," 2019.

SARAN

1. Diharapkan peneliti selanjutnya dapat menggunakan jenis resin yang berbeda atau memvariasikan dengan menggunakan jenis resin anion.
2. Peneliti selanjutnya harus lebih memperhatikan metode yang akan digunakan agar hasil yang didapat lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. N. Putri, Y. Utomo, dan I. K. Kusumaningrum, "Analisis kandungan besi di badan air dan sedimen sungai Surabaya," *Jur. Kim. FMIPA. Univ. Negeri Malang. Malang*, 2013.
- [2] F. N. U. R. FAIZIN, "UJI KINERJA ALAT DEMINERALIZER DALAM PENURUNAN KESADAHAN AIR DIII TEKNIK KIMIA MENGGUNAKAN METODE KOMPLEKSOMETRI (performance test Demineralizer for decreasing water hardness of DIII Chemical Engineering using complexometric titration method)," Undip, 2015.
- [3] S. Purwoto dan W. Nugroho, "Removal Klorida, TDS dan Besi pada Air Payau melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif," *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 11, no. 1, hal. 47–59, 2013.
- [4] C. Pujiastuti, "Kajian Penurunan Ca dan Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin (DOWEX)," *J. Tek. Kim.*, vol. 3, no. 1, hal. 199, 2008.