

FILTRASI DENGAN MEDIA ZEOLIT TERKATIVASI UNTUK MENURUNKAN KESADAHAN

Oleh:

Indah Nurhayati

Jurusan Teknik Lingkungan FTSP
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi NaCl dalam proses aktivasi zeolit terhadap efisiensi penurunan kesadahan, dan pengaruh waktu operasi terhadap efisiensi penurunan kesadahan. Sampel yang digunakan adalah air sumur gali Kelurahan Keputih RT 01 RW 08 Kecamatan Sukolilo Surabaya. Media filtrasi yang digunakan adalah zeolit alam yang diaktivasi dengan larutan NaCl. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi NaCl untuk proses aktivasi zeolit, yaitu 2 M, 4 M dan 6 M. Filtrasi dilakukan dengan aliran dari atas ke bawah. Pengambilan sampel untuk dianalisis dilakukan setiap 5 menit selama 60 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media filtrasi zeolit yang diaktivasi dengan larutan NaCl 4 M mempunyai kemampuan yang paling baik untuk menurunkan kesadahan pada air bersih. Dalam waktu operasi 60 menit semakin lama zeolit yang diaktivasi dengan larutan NaCl 4 M paling stabil tidak mengalami penurunan efisiensi. Filtrasi dengan menggunakan zeolit yang dikativasi dengan larutan NaCl 2 M, 4 M, dan 6 M dapat menghasilkan air bersih yang sesuai dengan baku mutu, seperti yang disyaratkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002) terutama untuk parameter kesadahan.

Kata kunci : kesadahan, zeolit teraktivasi

PENDAHULUAN

Air banyak berkontak dengan batu-batuan, oleh karena itu banyak mengandung mineral batu-batuan terutama kalsium karbonat (CaCO_3), magnesium karbonat (MgCO_3), kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium sulfat (MgSO_4), dan sebagainya. Air yang banyak mengandung mineral kalsium dan magnesium dikenal sebagai "air sadah". Air sadah tidak begitu berbahaya untuk diminum, namun jika berlebih tidak baik untuk kesehatan karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan (ginjal, kencing batu). Air sadah dapat menyebabkan pengendapan mineral, yang menyumbat pipa dan keran. Air sadah juga menyebabkan pemborosan sabun di rumah tangga. Untuk menghilangkan kesadahan biasanya digunakan

berbagai zat kimia ataupun dengan menggunakan resin penukar ion salah satunya zeolit alam.

Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan kesadahan adalah dengan filtrasi dengan media zeolit. Zeolit mempunyai struktur pori dengan ukuran tertentu dan luas permukaan yang besar sehingga dapat berfungsi sebagai penjerap dengan selektivitas dan kemampuan penjerapan yang cukup tinggi. Struktur zeolit yang memiliki pori dengan ukuran tertentu menyebabkan molekul-molekul dengan ukuran kecil mampu terjebak dalam struktur zeolit. Struktur zeolit yang mempunyai pori dan saluran-saluran biasanya diisi oleh molekul air yang dapat dipertukarkan dengan kation-kation yang sesuai, seperti Ca^{2+} , Na^+ , K^+ dan

Mg^{2+} (Guisnet, 1998 dalam Dina). Zeolit alam mempunyai kemampuan menyerap yang kurang baik sehingga perlu diaktivasi.

Dari Penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa kombinasi media filtrasi kerikil-zeolit-kerikil dapat menurunkan kesadahan 19% dan besi 59%. Kombinasi media filtrasi kerikil-batu kapur-kerikil dapat menurunkan kesadahan 35% dan besi 61%. Dalam waktu kotak 50 menit semakin lama semakin besar efisiensi penurunan kesadahan dan besi (Nurhayati, 2010).

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi, molekul H_2O dari pori-pori zeolit akan dilepaskan apabila dipanaskan. Struktur pori zeolit dapat digunakan untuk memisahkan gas-gas yang berbeda ditinjau dari ukurannya. Zeolit juga dapat digunakan untuk memisahkan senyawa polar dan non polar berdasarkan muatan yang ada pada permukaan zeolit (Bekum, 1991).

Sifat sebagai adsorben dan penyaring molekul juga dimiliki oleh zeolit, hal ini dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300 - 400°C maka ion tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

Selain mempunyai sifat dehidrasi dan adsorben zeolit juga mempunyai sifat sebagai

penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas di dalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu, dan jenis anion (Bambang P, dkk, 1995).

Dehidrasi dan adsorben zeolit dapat diperbesar dengan cara diaktivasi dengan pemanasan, seperti diungkapkan oleh Khairinal (2000) bahwa proses aktivasi zeolit alam secara fisika melalui pemanasan dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaannya bertambah. Proses pemanasan zeolit dikontrol, karena pemanasan yang berlebihan kemungkinan akan menyebabkan zeolit tersebut rusak.

Proses aktivasi zeolit juga dapat dilakukan secara kimia. Aktivasi secara kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Proses aktivasi zeolit dengan perlakuan asam HCl pada konsentrasi 0,1N hingga 1N menyebabkan zeolit mengalami dealuminasi dan dekationisasi yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam kerangka zeolit. Aktivasi asam menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan

zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penjerapan (Weitkamp, 1999).

Natrium di dalam zeolite dapat diganti dengan ion logam lain bila terkena larutan garam dari logam lain. Reaksi pertukaran natrium dengan logam lain menjadi *reversible* bila kadar ion natrium dinaikkan. Sehingga bila suatu larutan garam *calcium* dan magnesium dimasukkan ke dalam suatu kolom natrium zeolit, maka calcium dan magnesium akan mengganti natrium di dalam zeolit, dan air akan menjadi tawar sampai natrium di dalam zeolit habis.

Zeolit yang sudah dipakai dapat diregenerasi dengan cara diaktifkan kembali menggunakan garam natrium, biasanya NaCl. Ion natrium akan menggantikan tempat ion calcium (Ca^{2+}) dan ion magnesium (Mg^{2+}) di dalam zeolit dan menjadi CaCl_2 dan MgCl_2 .

Berdasarkan sifat-sifat dari zeolit peneliti ingin melakukan penelitian tentang penggunaan zeolit teraktivasi untuk menurunkan kesadahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi NaCl dalam proses aktivasi zeolit terhadap efisiensi penurunan kesadahan, dan pengaruh waktu operasi terhadap efisiensi penurunan kesadahan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan salah satu alternatif bagi

masyarakat yang untuk menurunkan air yang mempunyai kesadahan tinggi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya pada Juni 2010.

Variable Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi NaCl untuk proses aktivasi zeolit. Konsentrasi NaCl yang digunakan untuk aktivasi zeolit adalah 2 M, 4 M dan 6 M. Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah kesadahan.

Materi Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 buah alat filtrasi yang terbuat dari pipa PVC berdiameter diameter 4 inc dengan tinggi 140 cm, 2 buah tangki penampung air, pompa air, peralatan gelas untuk aktivasi zeolit dan analisis kesadahan. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam yang ada di pasaran. Sampel air yang digunakan adalah air sumur gali Kelurahan Keputih RT 01 RW 08 Kecamatan Sukolilo Surabaya.

Tahapan Penelitian

1. Penyiapan reaktor filtrasi
2. Zeolit diayak sehingga diperoleh ukuran yang seragam 20-30 mesh
3. Zeolit dibersihkan dengan air sampai bersih dan dikeringkan.
4. Zeolit diaktivasi dengan cara direndam dalam larutan NaCl yang divariasikan

- (2 M, 4 M dan 6M). Perbandingan perendaman adalah 25 kg zeolit : 20 liter larutan NaCl. Perendaman selama 30 menit disertai dengan pengadukan. Setelah direndam zeolit dikeringkan dan dipanaskan selama 4 jam dengan suhu 100°C.
5. Zeolit yang sudah diaktivasi disusun dalam reactor dengan ketinggian 1 m.
 6. Filtrasi dilakukan secara kontinyu dengan debit sebesar 0,108 liter/detik dengan model aliran dari atas ke bawah.
 7. Analisis sampel dilakukan setiap 5 menit selama 60 menit.
 8. Parameter yang diukur adalah kesadahan.
 9. Analisis kesadahan menggunakan metode titrimetri dengan larutan baku EDTA

Analisis Data

Data yang didapat dari penelitian dianalisis dengan menggunakan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian penurunan kesadahan menggunakan zeolit tanpa aktivasi dan diaktivasi dengan NaCl 2 M, 4 M dan 6 M dapat dilihat pada Tabel 1.

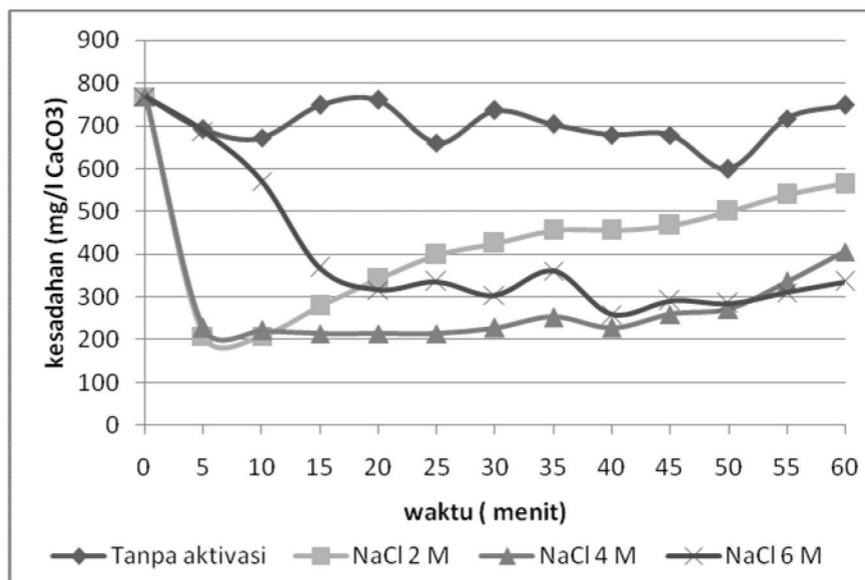
Tabel 1.
Kesadahan Air Sebelum dan Setelah Difiltrasi

| Waktu operasi Pada Menit ke | Kesadahan (mg/l CaCO ₃) | | | |
|-----------------------------------|--|-----|-----|-----|
| | 0 | 2 M | 4 M | 6 M |
| 0 | 768 | 768 | 768 | 768 |
| 5 | 691 | 209 | 228 | 688 |
| 10 | 672 | 209 | 222 | 571 |
| 15 | 748 | 279 | 215 | 368 |
| 20 | 761 | 342 | 215 | 317 |
| 25 | 660 | 399 | 215 | 336 |
| 30 | 736 | 425 | 228 | 260 |
| 35 | 704 | 456 | 253 | 361 |
| 40 | 679 | 456 | 228 | 260 |
| 45 | 679 | 468 | 260 | 291 |
| 50 | 600 | 501 | 272 | 285 |
| 55 | 717 | 539 | 336 | 311 |
| 60 | 748 | 564 | 406 | 336 |

Hasil analisis kesadahan total awal air sampel adalah 768 mg/l CaCO_3 . Hasil tersebut menunjukkan bahwa air sampel sudah melebihi nilai ambang batas yang diatur dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum yakni kesadahan maksimum yang diperbolehkan ada dalam air minum adalah 500 mg/l sebagai CaCO_3 . Dengan demikian air sumur tersebut perlu dilakukan pengolahan agar bisa menurunkan kesadahan sampai dengan

batas maksimum yang diperbolehkan ada dalam air minum

Filtrasi dengan media zeolit tidak diaktivasi selama 60 menit operasi rata-rata dapat menurunkan kesadahan sebesar 68 mg/l. Sedangkan zeolit terkativasi dengan NaCl 2 M rata-rata dapat menurunkan kesadahan sebesar 364 mg/l, zeolit terkativasi dengan NaCl 4 M rata-rata dapat menurunkan kesadahan sebesar 512 mg/l dan zeolit terkativasi dengan NaCl 4M rata-rata dapat menurunkan kesadahan sebesar 369 mg/l.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi NaCl Pada Aktivasi Zeolit Terhadap Kesadahan

Pengaruh Konsentarsi NaCl Pada Aktivasi Zeolit

Hasil analisis pengaruh konsentrasi NaCl dalam aktivasi zeolit terhadap penurunan kesadahan dapat dilihat di Gambar 1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa selama operasi 60 menit zeolit dapat menurunkan kesadahan

dalam air. Kemampuan zeolit dalam menurunkan kesadahan berbeda-beda salah satunya adalah disebabkan oleh proses aktivasi zeolit. Zeolit tidak diaktivasi selama 60 menit operasi dapat menurunkan kesadahan sebesar 9 %. Zeolit diaktivasi dengan NaCl 2 M rata-rata dapat menurunkan kesadahan 48 %. Zeolit

diaktivasi dengan NaCl 4 M dapat menurunkan kesadahan sebesar 67 % dan zeolit diaktivasi dengan NaCl dapat menurunkan kesadahan sebesar 52 %.

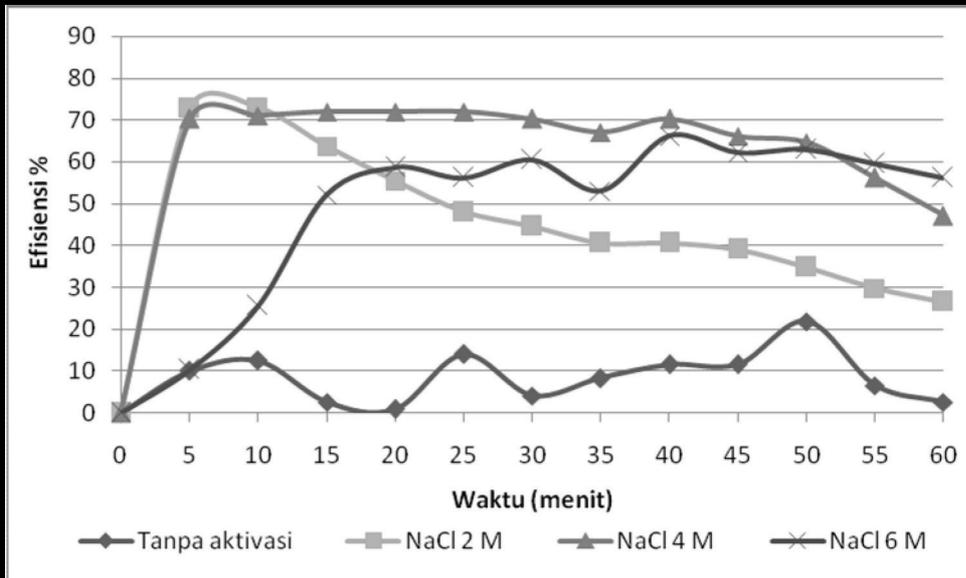
Kemampuan zeolit dalam menurunkan kesadahan dikarenakan zeolit mempunyai sifat sebagai sebagai penjerap dan penukar ion mampu berinteraksi dengan Ca dan Mg yang merupakan logam penyebab kesadahan. zeolit merupakan silikat hidrat dengan struktur sel berpori dan mempunyai sisi aktif yang mengikat kation yang dapat tertukar. Struktur inilah yang membuat zeolit mampu melakukan pertukaran ion. Ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari sifat kation, suhu, dan jenis anion (Bambang P, dkk, 1995). Ion-ion pada rongga atau kerangka zeolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga dapat dipertukarkan. Pertukaran ion dalam zeolit merupakan proses pertukaran kation yang ada dalam sistem pori intra kristalin dengan kation lain yang berasal dari larutan.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa zeolit teraktivasi dengan NaCl mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menurunkan kesadahan. Hal ini dikarenakan Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada disekitar kation.

Oleh karena itu zeolit alam mempunyai daya serap maupun daya tukar ionnya belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan daya guna tinggi diperlukan suatu perlakuan yaitu dengan aktivasi. Proses aktivasi berfungsi untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori kristal zeolit. Aktivasi secara fisik dengan pemanasan bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap di dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaannya bertambah. Bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar, sehingga akan terbentuk pori-pori dan zeolit dapat berfungsi sebagai penjerap (Khairinal, 2000).

Aktivasi zeolit secara kimia bertujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Aktivasi dengan NaCl menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Luas permukaan yang bertambah diharapkan meningkatkan kemampuan zeolit dalam proses penjerapan (Weitkamp, 1999).

Aktivasi zeolit dengan larutan NaCl dapat menghilangkan pengotor yang berada pada pori zeolit sehingga pori zeolit semakin bersih. Konsentrasi NaCl dalam proses aktivasi zeolit berpengaruh terhadap penyerapan kesadahan air. Semakin tinggi



Zeolit yang diaktivasi dengan NaCl 6 M diperoleh efisiensi maksimal pada menit ke 40 yaitu sebesar 66 %. Menit ke 50 mengalami penurunan sampai efisiensi 56%.

Perbedaan puncak efisiensi penurunan kesadahan disebabkan karena kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh waktu kontak. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Pada rentang waktu tertentu kapasitas penyerapan Ca meningkat dan selanjutnya mencapai kesetimbangan sampai jenuh. Setelah mengalami kejenuhan kapasitas adsorpsi akan menurun. Pada saat mengalami penurunan efisiensi berarti adsorben harus diregenerasi. Seperti diungkapkan oleh Sundstrom, 1979 dalam Atastina, tentang adsorpsi bahwa konsentrasi suatu spesi yang diadsorpsi dalam effluent selama beberapa waktu pertama menunjukkan kecenderungan konstan. Setelah unggun mulai jenuh barulah konsentrasi spesi tersebut meningkat tajam. Titik dimana konsentrasi dalam effluen mulai meningkat disebut titik tembus (break point) sedangkan kurvanya dinamakan kurva terobosan (breakthrough curve).

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa air sumur gali Kelurahan Keputih RT 01 RW 08 Kecamatan Sukolilo Surabaya tidak memenuhi baku mutu air minum sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 terutama untuk

parameter kesadahan. Selama waktu operasi 60 menit zeolit alam tanpa diaktivasi mampu menurunkan kesadahan sebesar 13 %. Zeolit teraktivasi dengan NaCl 2 M mampu menurunkan kesadahan sebesar 73%. Zeolit teraktivasi dengan NaCl 4 M mampu menurunkan kesadahan sebesar 72%. Zeolit teraktivasi dengan NaCl 6 M mampu menurunkan kesadahan sebesar 66%. Dalam waktu operasi 60 menit zeolit yang diaktivasi dengan larutan NaCl 4 M relative stabil tidak mengalami penurunan efisiensi. Filtrasi dengan menggunakan zeolit yang diaktivasi dengan larutan NaCl 2M, 4M, dan 6M dapat menghasilkan air minum yang sesuai dengan baku mutu, seperti yang disyaratkan dalam Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002) terutama untuk parameter kesadahan.

SARAN

Dari hasil penelitian ini disarankan perlu adanya control untuk kualitas air dengan parameter yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Atastina S.B dkk. *Penghilang Kesadahan Air yang Mengandung Ion Ca^{2+} dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung Sebagai Penukar Kation*. Jurnal Teknik. Kampus UI Depok; universitas Indonesia
- Bambang Poerwadi, dkk. 1998. *Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben Limbah Cair dan Media Fluiditas dalam Kolom Fluidisasi*. Jurnal MIPA. Malang; Universitas Brawijaya

- Bekum, H.V, Flanigen, E.M, and Jansen, J.C. 1991. *Introduction to zeolite Science and Practice*, Elsevier Science Publisher. B.V Amsterdam
- Nurhayati, Indah .2010. *Kombinasi Media Filtrasi Untuk Penurunan Kepadatan Dan Besi*. Jurnal waktu. Fakultas Teknik. Surabaya: Universitas PGRI Adi Buana
- Khairinal, Trisunaryanti, W. 2000. *Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan asam dan Proses Hidrotermal*. Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII. Yogyakarta
- Weitkamp, L. and Puppe, L. 1999. *Catalysis and Zeolite*. Springer, New York