

Penurunan Kandungan Zat Kapur dalam Air Tanah dengan Menggunakan Filter Media Zeolit Alam dan Pasir Aktif Menjadi Air Bersih

Qorry Nugrahayu dan Alfian Purnomo

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: alfan_p@enviro.its.ac.id

Abstrak—Salah satu syarat yang harus terpenuhi dalam kualitas air minum dalam parameter kimia adalah kesadahan. Salah satu kesadahan adalah kesadahan kalsium atau yang lebih sering dikenal dengan air kapur. Pada umumnya air tanah atau air sumur mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi. Masalah lain yang timbul dari air tanah adalah kandungan Fe dan Mn yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh komposisi media filter yang efektif dan efisien untuk mereduksi kesadahan Kalsium, Fe dan Mn dalam air tanah sehingga memenuhi baku mutu dan mendapatkan lama waktu *breakthrough* dari media filter. Pada penelitian ini, sistem aliran filter adalah secara gravitasi dan *constant head*. Media yang digunakan yaitu zeolit alam jenis Klinoptilolit dan pasir aktif. Kedua media disusun terstratifikasi dengan ketinggian berbeda dan dialiri oleh tiga variasi konsentrasi kesadahan kalsium. Dari penelitian ini dapat terlihat bahwa komposisi terbaik yang dapat mereduksi kesadahan kalsium adalah komposisi I dengan perbandingan ketinggian media zeolit alam : pasir aktif adalah 30 cm : 60 cm. Dengan persen removal untuk konsentrasi 400 mg/L sebesar 100%, konsentrasi 520 mg/L sebesar 89,03% dan konsentrasi 640 mg/L sebesar 92,13%.

Kata Kunci—Air bersih, filter, zeolit alam, dan pasir aktif.

I. PENDAHULUAN

SALAH satu syarat yang harus terpenuhi dalam kualitas air minum dalam parameter kimia adalah kesadahan. Salah satu kesadahan adalah kesadahan kalsium atau yang lebih sering dikenal dengan air kapur. Dengan adanya kesadahan dalam air dengan jumlah yang tidak memenuhi syarat dapat menyebabkan kerugian dari segi ekonomi dan segi kesehatan. Pada umumnya air tanah atau air sumur mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi. Hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air [1]. Masalah lain yang timbul dari air tanah adalah kandungan Fe (Besi) dan Mn (Mangan).

Studi kasus pada penelitian ini adalah air tanah yang terdapat di salah satu rumah warga di Kelurahan Singosari Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik – Jawa Timur. Dari penelitian pendahuluan didapat nilai kesadahan air tanah di titik sampel tersebut adalah sebesar 642,86 mg/L untuk kesadahan Kalsium adalah sebesar 400 mg/L. Konsentrasi

kesadahan tersebut diatas baku mutu yang ditetapkan [2]. Dari kesadahan tersebut ternyata kesadahan Kalsium menyumbang $\pm 62\%$ dari kesadahan tersebut. Dari hal tersebut, sehingga perlu dirancang suatu teknologi murah dan praktis yang bisa digunakan terutama dikalangan rumah tangga untuk menghasilkan air bersih layak konsumsi untuk digunakan sebagai air minum dan memasak untuk kesadahan Kalsium, Fe dan Mn. Salah satu teknologi tersebut adalah filtrasi.

Filter yang dirancang kali ini adalah terdiri dari dua media. Media pertama yaitu zeolit alam dengan kisaran diameter partikel 6-12 mesh. Zeolit alam yang digunakan adalah jenis Klinoptilolit. Hal ini didukung dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan sebelumnya bahwa zeolit alam jenis Klinoptilolit mampu menurunkan ion Ca^{2+} hingga 83,3 % [3]. Sistem kerja zeolit alam ini adalah dengan adsorpsi ion. Ion Na^+ yang dimiliki oleh zeolit alam akan dilepas dan zeolit alam akan menyerap ion Ca^{2+} pada air. Media kedua adalah pasir aktif dengan kisaran diameter 6-18 mesh. Jenis pasir aktif yang digunakan adalah *Manganese Green Sand* yang dijual di pasaran. Hal ini didukung berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa filter pasir aktif dapat menurunkan Fe sebesar 43,71% ($\lambda_2=0,92\pm 0,16 \text{ m}^{-1}$) [4].

II. URAIAN PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dibuat dalam bentuk kerangka penelitian sehingga menjadi terarah dan mencapai tujuan yang diinginkan.

A. Penelitian Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan sebagai pengujian awal dari air baku yang diambil di salah satu rumah warga di Kelurahan Singosari Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik – Jawa Timur. Pengujian karakteristik meliputi kesadahan total dan kesadahan kalsium. Untuk selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk membuat air baku *artificial*. Dari hasil analisis didapat nilai kesadahan total adalah sebesar 642,86 mg/L dan kesadahan Kalsium adalah sebesar 400 mg/L.

B. Persiapan Rancangan Penelitian

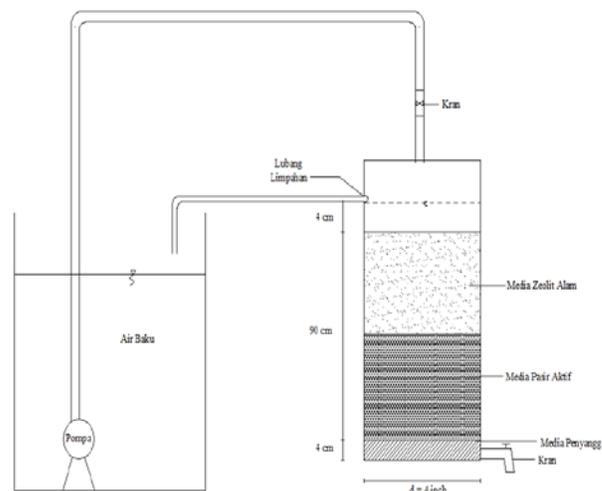
Parameter utama dalam penelitian ini adalah kesadahan kalsium dan parameter tambahan adalah besi (Fe), mangan (Mn) dan pH. Sedangkan variabel penelitian pada penelitian ini adalah yang pertama yaitu konsentrasi kesadahan kalsium = 400 mg/L, 520 mg/L dan 640 mg/L. Hal ini berdasarkan pada hasil laboratorium pada air sampel yaitu disalah satu rumah warga di Kelurahan Singosari Kecamatan Kebomas Kabupaten Gresik-Jawa Timur yang menyatakan besarnya kesadahan Kalsium di tempat itu adalah 400 mg/L. Serta data yang diperoleh dari BLH (Badan Lingkungan Hidup) Kabupaten Gresik yaitu kesadahan air tanah di salah satu TPA di Kabupaten Gresik bernilai 1030,4 mg/L. Diasumsikan kesadahan Kalsium menyumbang 62% dari nilai kesadahan tersebut. Sehingga kesadahan Kalsium dari air tanah TPA tersebut adalah 640 mg/L. Pemilihan air tanah di salah satu TPA karena dianggap mengandung kesadahan paling tinggi. Dari kedua data kadar kesadahan Kalsium tersebut akan dicari rata-rata, sehingga didapat nilai rata-rata yaitu 520 mg/L. Variabel penelitian kedua yaitu komposisi media zeolit alam dan pasir aktif dengan tiga komposisi media dan 2 kontrol.

- Komposisi I dengan ketinggian zeolit alam dan pasir aktif adalah 30 cm : 60 cm
- Komposisi II dengan ketinggian zeolit alam dan pasir aktif adalah 45 cm : 45 cm
- Komposisi III dengan ketinggian zeolit alam dan pasir aktif adalah 60 cm : 30 cm
- Komposisi Kontrol I dengan ketinggian zeolit alam dan pasir aktif adalah 0 cm : 90 cm
- Komposisi Kontrol II dengan ketinggian zeolit alam dan pasir aktif adalah 90 cm : 0 cm

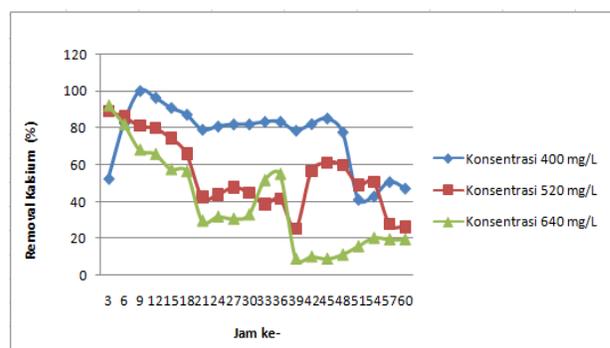
Sehingga jumlah reaktor yang digunakan adalah sebanyak 15 buah. Kedua media nantinya akan terstratifikasi dimana media pasir aktif berada di bawah dan media zeolit alam berada di atas dengan masing-masing komposisi media. Gambar desain reaktor filter pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

C. Pelaksanaan Penelitian

Debit yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan asumsi bahwa dalam 1 keluarga membutuhkan setengah galon air siap minum ($\pm 10L$) untuk keperluan masak dan minum perharinya. Sedangkan waktu *running* yang digunakan adalah 6 jam, sehingga debit yang digunakan untuk unit filter ini adalah 1,6 L/jam. Jenis filter yang digunakan adalah *constant head* dan menggunakan sistem pasir lambat dengan kecepatan filtrasi 0,35 m/jam. Penelitian dilaksanakan secara kontinyu, dimana penelitian dilakukan pada reaktor dengan pemberian input maupun pengeluaran (output) selama proses penelitian berlangsung. Pengukuran terhadap parameter yang diukur dari input (influen) pada awal *running* tiap harinya dan output (efluen/hasil olahan) untuk tiap 3 jam berikutnya selama 6 jam dalam sehari. Pengambilan sampel influen diambil sekali untuk seluruh reaktor filter. sehingga sampel yang dianalisis berjumlah 33 sampel (2 sampel tiap reaktor filter + sampel influen untuk 3 konsentrasi). Pengukuran parameter tiap sampel akan dianalisis di laboratorium Teknik Lingkungan ITS.



Gambar. 1. Desain reaktor filter.



Gambar. 2. Persen *removal* kalsium komposisi I.

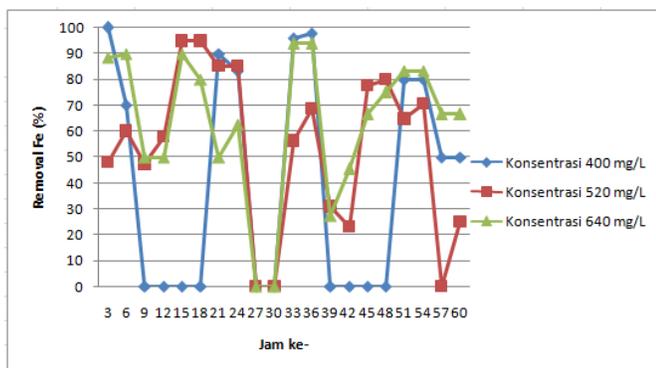
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kualitas Air Hasil Filtrasi

Kesadahan Kalsium

Dalam penelitian ini analisis kesadahan Kalsium pada influen dilakukan setiap hari saat awal *running* karena kandungan Kalsium yang selalu berubah-ubah walaupun massa kapur yang dibubuhkan sama tiap harinya, hal ini disebabkan kandungan Kalsium yang tidak merata pada kapur yang dibubuhkan. Konsentrasi kesadahan Kalsium yang dibuat melebihi baku mutu air minum PERMENKES No. 492 Tahun 2010 sesuai dengan kondisi air tanah di daerah Gresik-Jawa Timur. Tetapi setelah mengalami proses filtrasi, konsentrasi kesadahan Kalsium dapat direduksi. Dari ketiga komposisi, komposisi I yang paling besar persen removal kesadahan kalsium. Grafik dari persen removal pada komposisi I dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2, persen removal dari *running* jam ke-3 sampai jam ke-60 untuk reaktor filter komposisi I. Persen removal komposisi I untuk konsentrasi 400 mg/L meremoval Kalsium sampai 100%, untuk konsentrasi 520 mg/L komposisi I mampu meremoval Kalsium sampai 89,03% dan konsentrasi 640 mg/L sampai 92,13%. Hal itu karena komposisi I memiliki jumlah pasir aktif lebih banyak.



Gambar. 3. Persen removal Fe komposisi I.

Besi (Fe)

Pada parameter besi (Fe), komposisi yang paling besar persen removalnya juga komposisi I. Hal ini karena pada kontrol pasir aktif terlihat selain tinggi dalam meremoval kesadahan kalsium, ternyata pasir aktif juga mampu meremoval pencemar besi (Fe) pada air baku. Grafik dari persen removal Fe pada komposisi I dapat dilihat pada Gambar 3. Dari data Gambar 3 pada konsentrasi 400 mg/L persen removal tertinggi mampu sampai 100%. Tetapi untuk konsentrasi 520 mg/L dan 640 mg/L sebagian besar menunjukkan removal yang tinggi, untuk konsentrasi 520 mg/L % removal mencapai 94,87% untuk jam ke-15 dan ke-18 dan 93,94% untuk konsentrasi 640 mg/L pada jam ke-33 dan 36.

Mangan (Mn)

Analisis Mangan pada penelitian ini dilakukan di influen dan efluen setiap *running*. Analisis influen dilakukan tiap *running* karena kemungkinan konsentrasi Mangan yang terdapat dalam air sumur berubah setelah ditambahkan kapur. Terbukti dari awalnya konsentrasi Mangan dalam air sumur yaitu 0,06 mg/L, setelah ditambahkan kapur, nilai konsentrasi Mangan pada air baku tiap harinya menjadi 0 mg/L. Hal ini berkaitan dengan prinsip proses penghilangan Besi dan Mangan dengan cara proses kimiawi yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan mengubah bentuk Besi dan Mangan terlarut menjadi bentuk Besi dan Mangan tidak larut (endapan).

Besi dan Mangan dapat diendapkan sebagai senyawa dengan karbonat pada air yang mengandung karbonat (alkalinitas) dengan penambahan kapur atau soda. Pengendapan ini berlangsung pada kondisi anaerobik. Kelarutan Fe(II) dan Mn(II) ditentukan oleh konsentrasi total karbonik. Pada konsentrasi tersebut, Fe(II) dan Mn(II) karbonat dapat diharapkan mengendap seluruhnya pada pH > 8,5 [5]. Dalam penelitian ini, akibat dari penambahan kapur dalam air sumur, menyebabkan pH air baku menjadi naik, hal ini menyebabkan Mangan mengendap dan konsentrasi terlarutnya berkurang bahkan hilang.

B. Penyerapan Kalsium Oleh Media Filter

Penyerapan Kalsium oleh media filter akan terus terakumulasi setiap jamnya. Setiap variasi konsentrasi dan komposisi memiliki massa akumulasi kalsium berbeda-beda. Prinsip dari perhitungan penyerapan kalsium oleh media filter adalah kalsium terolah

(terserap) merupakan hasil pengurangan dari massa kalsium influen dikurangi massa kalsium efluen. Dari ketiga komposisi dan konsentrasi didapat nilai akumulasi kalsium tertinggi untuk masing-masing komposisi dan konsentrasi selama *running*. Untuk konsentrasi 400 mg/L adalah pada komposisi I sebesar 14,91 gr. Untuk konsentrasi 520 mg/L adalah pada komposisi I sebesar 10,37 mg/L. Terakhir untuk konsentrasi 640 mg/L adalah pada komposisi II sebesar 13,58 mg/L.

C. Perkiraan Waktu Breakthrough Pada Media Filter

Memperkirakan waktu breakthrough dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kinetika adsorpsi. Dari perhitungan diperoleh perkiraan waktu breakthrough untuk konsentrasi 400 mg/L komposisi I adalah 18 hari, komposisi II 14 hari dan komposisi III 9 hari. Untuk konsentrasi 520 mg/L komposisi I 5 hari, komposisi II 7 hari dan komposisi III 9 hari. Untuk konsentrasi 640 mg/L komposisi I 5 hari, komposisi II 5 hari dan komposisi III 7 hari.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian. Diantaranya sebagai berikut.

1. Komposisi terbaik yang dapat mereduksi konsentrasi kesadahan Kalsium dan Fe adalah komposisi I, karena persen removalnya paling tinggi dalam meremoval kesadahan Kalsium dan Fe dibanding komposisi lain serta pada komposisi I, komposisi pasir aktif lebih banyak daripada zeolit alam, kontrol pasir aktif lebih tinggi persen removal untuk kesadahan Kalsium dan Fe dibanding kontrol zeolit alam.
2. Waktu *breakthrough* dari masing-masing reaktor filter adalah:
 - Konsentrasi 400 mg/L komposisi I = 18 hari
 - Konsentrasi 400 mg/L komposisi II = 14 hari
 - Konsentrasi 400 mg/L komposisi III = 9 hari
 - Konsentrasi 520 mg/L komposisi I = 5 hari
 - Konsentrasi 520 mg/L komposisi II = 7 hari
 - Konsentrasi 520 mg/L komposisi III = 9 hari
 - Konsentrasi 640 mg/L komposisi I = 5 hari
 - Konsentrasi 640 mg/L komposisi II = 5 hari
 - Konsentrasi 640 mg/L komposisi III = 7 hari

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rasman. 2008. *Pemanfaatan Abu Merang Dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur Gali (Studi Eksperimen)*. Makassar: Jurusan Kesehatan Lingkungan-Politeknik Kesehatan Makassar.
- [2] Departemen Kesehatan RI. 2010. *Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- [3] Syarifudin, Atastina, S.B., Prameswari, P.D.K. 2009. *Penghilangan Kesadahan Air Yang Mengandung Ion Ca²⁺ Dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung Sebagai Penukar Kation*. Jakarta: Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia-Universitas Indonesia.
- [4] Oktawan., Krisbiantoro. 2007. *Efektivitas Penurunan Fe²⁺ Dengan Unit Saringan Pasir Cepat Media Pasir Aktif*. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan - Universitas Diponegoro.
- [5] Mirza, M. 2013. Hara dan Hubungannya Dengan Tanaman. <http://laborr-ilmu.blogspot.com/2013/02/hara-dan-hubungannya-dengan-tanaman.html> Diakses pada 7 Juni 2013.