

INASI MEDIA FILTRASI UNTUK PENURUNAN KESADAHAN DAN BESI

Oleh : Indah Nurhayati*)

Abstrak :

Penelitian ini bertujuan untuk menguji perbedaan efisiensi penurunan kesadahan dan besi dalam air dengan menggunakan filtrasi media kombinasi, menguji kesadahan dan kadar besi air sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan dengan filtrasi media kombinasi, menguji pengaruh waktu operasi terhadap efisiensi penurunan kesadahan dan besi pada filtrasi dengan media kombinasi. Sampel yang digunakan adalah air sumur gali Kelurahan Keputih Surabaya. Media filtrasi yang digunakan adalah kombinasi 1 yaitu : kerikil-zeolit-kerikil dan kombinasi 2, yaitu : kerikil-batu kapur-kerikil dengan ukuran media 2,5 – 5 mm dan tinggi media 50 cm. Filtrasi dilakukan dengan aliran dari atas ke bawah. Pengambilan sampel untuk dianalisis dilakukan setiap 10 menit selama 50 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa media filtrasi kombinasi kerikil-batu kapur-kerikil mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menurunkan kesadahan. Kombinasi media filtrasi kerikil-batu kapur-kerikil dan kerikil-zeolit-kerikil mempunyai kemampuan yang sama untuk menurunkan besi. Dalam waktu kotak 50 menit semakin lama semakin besar efisiensi penurunan kesadahan dan besi. Filtrasi dengan menggunakan media filtrasi kombinasi kerikil-batu kapur-kerikil dan kerikil-zeolit-kerikil belum 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 dan besi.

Kata kunci : kesadahan, besi, zeolit, batu kapur.

PENDAHULUAN

Air yang banyak mengandung ion-ion kalsium dan magnesium dikenal dengan air sadah. Jika air sadah digunakan untuk mencuci, akibatnya pemakaian sabun akan meningkat karena kesadahan air dapat menyebabkan kesukaran dalam pembentukan busa oleh sabun. Sabun dalam air akan bereaksi lebih dahulu dengan ion-ion kalsium dan magnesium sebelum berfungsi sebagai penurun tegangan permukaan air. Senyawa-senyawa kalsium dan magnesium relative lebih sukar larut dalam air sehingga senyawa-senyawa ini cenderung memisah membentuk endapan yang kemudian melekat pada logam dan menjadi keras, akibatnya timbul kerak pada logam, dan menyebabkan penyumbatan saluran pipa, kran, boiler (ketel). Air sadah juga menyebabkan fouling pada membrane, terutama membran *reverse osmosis*. Desalinasi air payau Kenjeran dengan membran *reverse osmosis* pada *total dissolved solids* (TDS) 3600 dan tekanan 5,8 bar menghasilkan rejeksi TDS sebesar 88%, fluk 2,88 L/m².jam. dan setelah membran diopersikan selama 60 menit sudah mengalami fouling. Penurunan fluk, rejeksi dan fouling membran dikarenakan air payau Kenjeran mempunyai kesadahan 7560 ppm (Nurhayati, 2007).

Adanya unsur besi (Fe) yang tinggi dalam air ini dapat menimbulkan bau dan

warna pada air minum, dan warna koloid pada air. Selain itu, konsentrasi besi dalam air di atas dari 1 mg/l dapat menyebabkan warna air menjadi kemerah-merahan, rasa yang tidak enak pada minuman. Besi dalam air juga dapat menyebabkan fouling membran jika air tersebut diolah dengan menggunakan teknologi membran. Oleh karena itu sangat diperlukan teknologi untuk mengolah air dengan kandungan besi dan kesadahan yang tinggi, supaya menjadi air yang layak minum dan memperkecil terjadinya fouling membran jika air tersebut diolah dengan teknologi membran. Salah satu teknologi yang digunakan adalah teknologi filtrasi. Teknologi ini sederhana dan dapat diterapkan di semua tempat.

Media filtrasi yang umum digunakan adalah batu kerikil, pasir, ijuk, zeolit dan arang. Indonesia secara geografis terletak di jalur gunung berapi dan merupakan negara kepulauan sehingga memiliki potensi zeolit dan batu kapur yang cukup besar. Kemampuan zeolit sebagai *ion exchanger* telah lama diketahui dan digunakan sebagai penghilang polutan kimia. Dalam air zeolit juga mampu mengikat bakteri *E coli* (Rahman, 2004).

*) Dosen Teknik Lingkungan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

Penggunaan zeolit sebagai media filtrasi untuk menurunkan logam berat, kesadahan

dan kekeruhan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Atastina S.B, mengatakan bahwa zeolit alam Lampung dapat menyerap ion Ca^{2+} dari 1200 ppm hingga di bawah 500 ppm. Ginting (2006) mengatakan bahwa zeolit alam Lampung dapat menyerap logam berat Fe^{2+} dalam air tanah sebesar 0,2168 mg/L. Media filtrasi kombinasi pasir-zeolit dapat menurunkan Fe sebesar 93,52%. Batu kapur juga merupakan media filtrasi yang dapat digunakan untuk menurunkan kesadahan dan besi dalam air, seperti dikemukakan oleh Naufal (2001) bahwa media batu kapur dari daerah Padalarang Jawa Barat dengan ukuran media 30 mesh ketebalan 30 cm dapat menurunkan kesadahan sampai 51,21%.

Guna mendapatkan cara dan alat yang mudah, murah dan handal untuk mengolah air dengan kesadahan dan kadar besi tinggi menjadi layak minum, perlu dibuat sistem penyaringan sederhana dengan zeolit atau batu kapur sebagai *ion exchanger*-nya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji perbedaan efisiensi penurunan kesadahan dan besi pada dengan menggunakan filtrasi media kombinasi, menguji kesadahan dan kadar besi air sebelum dan sesudah difiltrasi dengan media, menguji pengaruh waktu operasi terhadap efisiensi penurunan kesadahan dan besi pada filtrasi dengan media kombinasi.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan di masyarakat sebagai salah satu alternatif untuk memecahkan masalah krisis air bersih terutama di daerah yang menggunakan sumur gali sebagai sumber air bersih dan air minum dengan kandungan kesadahan dan besi yang tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Air sadah

Kesadahan ditunjukkan dalam *mg/l* sebagai CaCO_3 (kalsium karbonat) karena pada umumnya kesadahan ini dievaluasi pada kondisi konsentrasi ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) yang merupakan ion utama penyebab kesadahan yang diendapkan dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3). Kesadahan total dapat didefinisikan sebagai jumlah kesadahan kalsium dan kesadahan magnesium.

Air sadah dapat menyebabkan kerugian berupa gangguan dan atau kerusakan baik teknis maupun terhadap kesehatan manusia. Kesadahan Air dapat menurunkan efisiensi dari penggunaan sabun. menyebabkan noda

pada bahan pecah belah dan bahan flat, menyebabkan bahan linen berubah pucat, menyumbat semburan pembilas dan saluran air, Residu Kesadahan Air dapat melapisi elemen pemanas dan menurunkan efisiensi panas dan dapat menciptakan buih logam pada kamar mandi *shower* dan *bathbubs*.

Beberapa studi mengindikasikan hubungan antara konsentrasi kesadahan terutama kalsium dan magnesium dengan penyakit kardiovaskuler. Mandi dengan sabun pada air sadah akan meninggalkan lapisan dadih sabun yang lengket pada lapisan kulit. Lapisan ini dapat menghalangi pembersihan terhadap tanah dan bakteri. Dadih sabun mencampuri kulit kembali sampai normal, kondisi asam rendah dan dapat menjadi iritasi (Wahyuningsih, 2005). Mencuci rambut dengan air sadah dapat mengeraskan permukaan rambut karena tertutup oleh dadih yang membuat rambut rapuh, mudah kotor, sulit diatur, dan tidak berkilau sehingga diperlukan sampo berlebih. Pencucian dengan air lunak membuat bersih sepenuhnya, lembut, terlihat alami dan mudah diatur.

Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu unsur pokok alamiah dalam kerak bumi. Keberadaan besi dalam air tanah biasanya berhubungan dengan pelarutan batuan dan mineral terutama oksida, sulfida karbonat, dan silikat yang mengandung logam-logam tersebut (Benefield, 1992).

Sebenarnya adanya unsur-unsur besi dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi merupakan suatu unsur yang penting dan berguna untuk metabolisme tubuh. Untuk keperluan ini tubuh membutuhkan 7-35 mg/hari. Zat besi dalam jumlah kecil dibutuhkan oleh tubuh untuk pembentukan sel-sel darah merah. Unsur tersebut tidak hanya diperolehnya dari air. Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Debu Fe juga dapat diakumulasi di dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Di dalam standar kualitas air bersih (Kepmenkes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002) ditetapkan : kandungan besi maksimal 0,3 mg/L, penyimpangan terhadap standar kualitas ini menyebabkan rasa tidak enak di dalam air, pada konsentrasi lebih 2 mg/L,

menimbulkan noda-noda pada alat dan bahan-bahan yang berwarna putih dan apabila konsentrasi 1 mg/L menimbulkan bau dan warna dalam air.

Zeolit

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah-celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang banyak mengandung senyawa alumino silikat terhidrasi dengan unsur utama yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini berstruktur tiga dimensi dan memiliki pori yang dapat didisi oleh molekul air.

Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot aSiO_2 \cdot bH_2O$ atau $M_{c/n} \{(AlO_2)_c(SiO_2)_d\} \cdot bH_2O$. Dimana n adalah valensi logam, a dan b adalah molekul silikat dan air, c dan d adalah jumlah tetrahedra alumina dan silika. Rasio d/c atau SiO_2/Al_2O_3 bervariasi dari 1-5. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya (Thamzil, L, 2008). Beberapa specimen zeolit berwarna putih, kebiruan, kemerahan, coklat, dll., karena hadirnya oksida besi atau logam lainnya. Densitas zeolit antara 2,0 - 2,3 g/cm³, dengan bentuk halus dan lunak. Kilap yang dimiliki bermacam-macam. Struktur zeolit dapat dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka aluminosilikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam, dan molekul air dalam fase ccluded. (Flanigen, 1981 dalam Harben & Kuzvart, 1996)

Zeolit mempunyai sifat-sifat kimia, diantaranya : (1) Sifat dehidrasi. Sifat dehidrasi zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari rongga permukaan dan menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorbsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila kristal zeolit tersebut dipanaskan. (2) Sifat adsorbsi. Dalam keadaan normal ruang hampa kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300 - 400°C maka ion tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa

jenis mineral zeolit mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran kepolarannya (3) Sifat penukar ion. Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit, ion-ion dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion menjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari : sifat kation, suhu, dan jenis anion. Penukar kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti terhadap panas, sifat adsorbsi dan sifat panas. (4) Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk. Selektivitas molekuler seperti ini disebut *molecular sieve* yang terdapat dalam substansi zeolit alam (Bambang P, dkk, 1995).

Berdasarkan sifat-sifat kimia dari zeolit tersebut, maka zeolit banyak digunakan untuk menurunkan kesadahan dan dan besi dalam air. Setiap jenis zeolit juga mempunyai urutan selektifitas pertukaran ion yang berbeda. Beberapa karakteristik dan sifat yang mempengaruhi selektifitas pertukaran ion pada zeolit yaitu struktur terbentuknya zeolit yang berpengaruh pada besarnya rongga yang terbentuk serta efek mengayak dari zeolit, mobilitas kation yang diperlukan, efek medan listrik yang ditimbulkan kation serta difusi ion ke dalam larutan energi hidrasi. Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatis), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi.

Batu Kapur

Batu kapur di alam bermacam-macam jenisnya antara lain: kalsit ($CaCO_3$), dolomit ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$), magnesit ($MgCO_3$), siderit ($FeCO_3$), ankerit ($Ca_2Fe(CO_3)_4$) dan aragonit ($CaCO_3$) yang berkomposisi sama dengan kalsit tetapi berbeda dalam struktur kristalnya. Mineral karbonat yang umumnya dijumpai dengan batu kapur adalah aragonit ($CaCO_3$) yang merupakan mineral metastabil karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit ($CaCO_3$)₂.

Selain digunakan dalam bidang industri, kontruksi dan pertanian, batu kapur juga dapat digunakan dalam bidang pengolahan air, seperti hasil penelitian dari Paul A. (2008) bahwa campuran batu kapur dan karbon teraktivasi dengan perbandingan 35:5 dapat menurunkan 92% kandungan COD dalam air limbah tekstil. Roughing filter dengan media batu kapur dapat menurunkan kekeruhan antara 74.63% hingga 92.07%, zat padat tersuspensi antara 79.25% hingga 88.2%, koliform antara 67.44% hingga 96.09%, dan BOD antara 51.28% hingga 67.19% (Maung, 2006)

Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya pada bulan Juni sampai bulan Juli 2009

Materi penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 buah alat filtrasi yang terbuat dari pipa PVC berdiameter 6 inci panjang 100 cm, penyangga tandon, 2 buah tandon air dengan volume masing-masing 250 L, pompa air dan peralatan gelas untuk analisis kesadahan dan spektrofotometer untuk analisis besi. Media filtrasi yang digunakan adalah zeolit dan kerikil yang ada di pasaran. Untuk media filtrasi batu kapur diambil dari batu kapur mentah dari gunung kapur Manyar Kabupaten Gresik. Sampel yang digunakan adalah air sumur gali di Kelurahan Keputih Surabaya.

- Penyiapan alat filtrasi
- Serpihan zeolit, batu kapur dan kerikil diayak dengan *siever*, untuk memperoleh butiran yang berukuran seragam antara 2,5 – 5 mm.
- Zeolit dan kerikil dibersihkan dengan air sampai bersih, kemudian dikeringkan.
- Zeolit dan kerikil disusun dalam pipa filtrasi 1 dengan susunan kerikil setebal 20 cm, zeolit setebal 50 cm dan kerikil setebal 20 cm.
- Batu kapur dan kerikil disusun dalam pipa filtrasi 2 dengan susunan kerikil setebal 20 cm, batu kapur setebal 50 cm dan kerikil setebal 20 cm.
- Proses filtrasi berlangsung secara kontinyu dengan model aliran *upflow* (dari atas ke bawah), dengan debit 1012 ml/ menit.
- Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit selama 50 menit
- Analisis kesadahan sampel dilakukan dengan metode titrimetri dan larutan baku EDTA sedangkan untuk analisis besi menggunakan spektrofotometer

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan pendekatan grafik.

HASIL

Berdasarkan hasil pemeriksaan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, air sampel yang diambil dari salah satu sumur gali di Kelurahan Keputih Surabaya didapatkan data hasil kadungan kesadahan, besi dan pH (Tabel 1).

Tahapan Penelitian

Tabel 1. Kualitas Air Sumur Gali Kelurahan Keputih Kenjeran Surabaya

Parameter	Satuan	Hasil	KEPMENKES NO. 907 /MENKES/SK/VII/ 2002	Kriteria
Kesadahan	mg/L CaCO ₃	1036,9	500	Tidak memenuhi
Besi	Mg/l	3,46	0.3	Tidak memenuhi
pH	-	6,9	6,5-8,5	Memenuhi

Hasil analisis pengaruh media kombinasi terhadap penurunan kesadahan dan kadar besi (Tabel 2). Media kombinasi 1, yaitu: kerikil-zeolit-kerikil selama 50 menit dapat menurunkan kesadahan dari 1036.9 mg/L sebagai CaCO₃ menjadi 845 mg/L sebagai CaCO₃. dan kadar besi dari 3,46 mg/L menjadi 1.43 mg/L. Media kombinasi 2, yaitu : kerikil-batu kapur-kerikil dapat menurunkan kesadahan dari 1036.9

mg/L sebagai CaCO₃ menjadi 675 mg/L sebagai CaCO₃ dan kadar besi dari 3,46 mg/L menjadi 1,35 mg/L.

Tabel 2. Kesadahan dan Kadar Besi Air Setelah Difiltrasi

Sampel pada menit ke -	Kesadahan (mg/L CaCO_3)		Kadar Besi (mg/L)	
	MK 1	MK 2	MK 1	MK 2
0	1036,9	1036,9	3,46	3,46
10	888,33	709,07	2,02	1,93
20	876,38	697,07	1,80	1,88
30	864,3	689,16	1,68	1,65
40	856,47	681,19	1,62	1,39
50	844,52	675,21	1,43	1,35

Keterangan:

MK 1 : media kombinasi 1 (kerikil-zeolit-kerikil)

MK 2 : media kombinasi 2 (kerikil-batu kapur-kerikil)

PEMBAHASAN

Hasil analisis awal terhadap air dari salah satu sumur gali Kelurahan Keputih Surabaya, menunjukkan bahwa untuk parameter kesadahan dan besi 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 dan kadar besi maksimum 0,3 mg/liter. Untuk parameter pH sudah memenuhi ambang batas kriteria air minum (Tabel 1).

Adanya Fe dalam air akan memberikan warna coklat kekuning-kuningan dan baunya tidak enak. Jika ada O_2 maka feri akan teroksidasi menjadi fero yang bisa mengendap. Endapan ini akan menimbulkan efek antara lain mengotori bak yang terbuat dari seng, mengotori wastafel dan kloset, menimbulkan warna coklat pada pakaian, menyumbat saluran air minum sehingga menyebabkan pembentukan dan Fe^{2+} juga menimbulkan korosif yang disebabkan oleh bakteri golongan *Crenothric*. Fe dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Debu Fe juga dapat diakumulasi di dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

Kesadahan yang tinggi dalam air juga menimbulkan kerugian secara teknis dan terhadap kesehatan manusia. Kerugian yang ditimbulkan dari penggunaan air yang mempunyai kesadahan tinggi adalah menurunkan efisiensi penggunaan sabun, menimbulkan pada peralatan dapur yang digunakan untuk memasak, penyumbatan saluran kencing, jika digunakan untuk mandi dapat menyebabkan iritasi kulit, dan untuk

keramas dapat menyebabkan rambut lengket dan bergetah.

Dengan demikian air sumur gali di daerah Sukolilo dilihat dari parameter kesadahan dan besi tidak layak digunakan sebagai bersih dan air minum sehingga perlu dilakukan pengolahan agar bisa menurunkan kesadahan dan kadar besi sampai dengan batas maksimum yang diperbolehkan sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI nomor 907/MENKES/SK/VII/2002

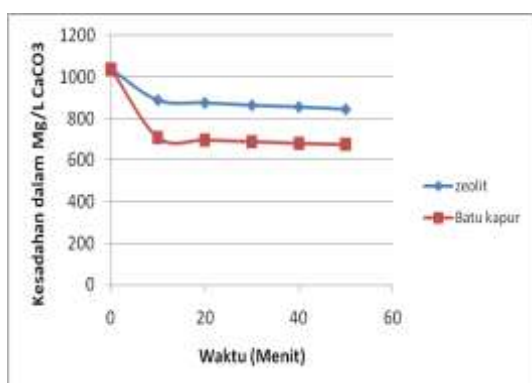
Pengaruh Kombinasi Media Filtrasi Terhadap Penurunan Kesadahan

Selama 50 menit kombinasi media kerikil-zeolit-kerikil dapat menurunkan kesadahan sebesar 19% sedangkan kombinasi media kerikil-batu kapur-kerikil menurunkan kesadahan sebesar 35% (Gambar 1). Zeolit dapat menurunkan kesadahan dalam air karena zeolit memiliki kemampuan sebagai penukar penukar ion. Sifat penukar ion pada zeolit karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam 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 (Putra, S.E, 2009). Pada media zeolit terjadi pertukaran ion antara ion Ca^{2+} dalam senyawa organik dengan ion Na^+ pada batu zeolit. Pada saat air melewati media zeolit, terjadi pertukaran ion dari sodium atau potasium, yang menutupi zeolit, bertukar tempat dengan ion kalsium dan magnesium yang secara alami terkandung dalam air. Zeolit juga bersifat sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

Penelitian penurunan kesadahan dengan zeolit juga dikemukakan oleh Atastina, menyebutkan bahwa dengan zeolit alam Lampung yang diaktivasi dengan ukuran 30 mesh ketebalan 15 cm dimana dapat menurunkan kesadahan dari 1200 ppm hingga menjadi 200 ppm.

Dalam kurun waktu yang sama batu kapur mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menurunkan kesadahan jika dibandingkan dengan zeolit, hal ini

dikarenakan penurunan kesadahan dengan zeolit terjadi karena adsorpsi secara fisika dimana ion Ca^{2+} yang telah teradsorpsi dapat mengikat ion Na^+ . Dengan demikian terjadi pertukaran ion antara ion Na^+ dari zeolit dan ion Ca^{2+} dari air, sehingga prosesnya tidak stabil dan ada kecenderungan bersifat dapat balik (Atastina). Sedangkan proses penurunan kesadahan pada batu kapur terjadi dengan proses kimia, dimana zat aktif Ca^{2+} pada batu kapur memiliki kecenderungan mengikat sulfat (SO_4^{2-}) pada air yang mengandung kesadahan nonkarbonat menjadi endapan CaSO_4 dimana ikatan tersebut bersifat stabil. Disamping itu kandungan CaO yang juga terdapat dalam batu kapur akan bereaksi dengan ion Ca^{2+} sehingga terbentuk endapan CaCO_3 . Dan jika CaO masih ada, akan mengikat pula garam-garam nonkarbonat yang menyebabkan kesadahan nonkarbonat seperti sulfat, nitrat, silikat. Hasil penelitian serupa juga dikemukakan oleh Naufal (2001) bahwa media batu kapur dari daerah Padalarang Jawa Barat dengan ukuran media 30 mesh ketebalan 30 cm dapat menurunkan kesadahan sampai 51,21%.



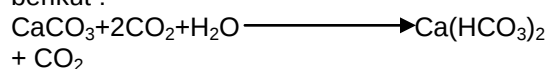
Gambar 1. Pengaruh Media Kombinasi Terhadap Penurunan Kesadahan

Pengaruh Jenis Media Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Besi

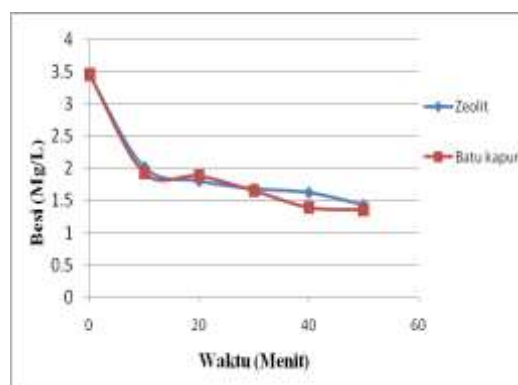
Kombinasi media kerikil-zeolit-kerikil dan kerikil-batu kapur kerikil mempunyai kemampuan yang cukup baik untuk menyerap Fe dalam air. Dalam waktu 50 menit Kombinasi media kerikil-zeolit-kerikil dan kerikil-batu kapur-kerikil mempunyai kemampuan yang hampir sama untuk menyerap besi dalam air. Kombinasi media kerikil-zeolit-kerikil dapat menurunkan besi sebesar 59% dan kerikil-batu kapur kerikil dapat menurunkan besi sebesar 61%

(Gambar 2). Proses penurunan besi dengan menggunakan menyerap besi dalam air. Kombinasi media kerikil-zeolit-kerikil terjadi karena Fe teradsorpsi oleh zeolit dan dapat membentuk senyawa koordinasi. Aluminosilikat sebagai bagian dari struktur zeolit $\text{M}_{c/n} \{(\text{AlO}_2)_c(\text{SiO}_2)_d\} \cdot b\text{H}_2\text{O}$ berfungsi sebagai ligan. Hasil penelitian serupa juga dilakukan oleh peneliti lain. Zeolit Bayah tanpa perlakuan dapat menurunkan Fe sebanyak 55% (Rahman, 2004).

Penurunan besi dalam air dengan filtrasi media kerikil-batu kapur-kerikil terjadi karena proses adsorpsi. Batu kapur merupakan jenis batuan yang berpori, pori tersebut terbentuk karena air hujan yang mengandung CO_2 dari udara maupun dari hasil pembusukan dari zat-zat organik di permukaan, setelah meresap ke dalam tanah dapat melarutkan batu kapur yang dilaluinya. Reaksi kimia dari proses pengendapan tersebut adalah sebagai berikut :



Dimana $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ larut dalam air, sehingga lambat laun terjadi rongga di dalam tubuh batu kapur tersebut. Pori dalam batu kapur tersebut menjadikan batu kapur dapat mengadsorpsi besi yang terkandung dalam air.

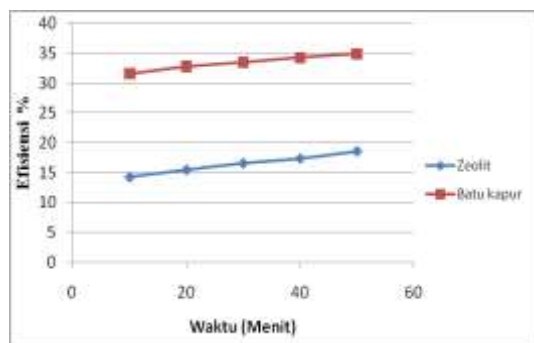


Gambar 1. Pengaruh Kombinasi Media Filtrasi Terhadap Penurunan Kadar Besi

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penurunan Kesadahan

Selama 50 menit semakin lama waktu kontak efisiensi penurunan kesadahan dengan menggunakan media filtrasi kombinasi kerikil-zeolit-kerikil dan kombinasi kerikil-batu kapur-kerikil semakin besar (Gambar 3). Seharusnya kapasitas adsorpsi kalsium (Ca) pada rentang waktu tertentu meningkat dan selanjutnya mencapai

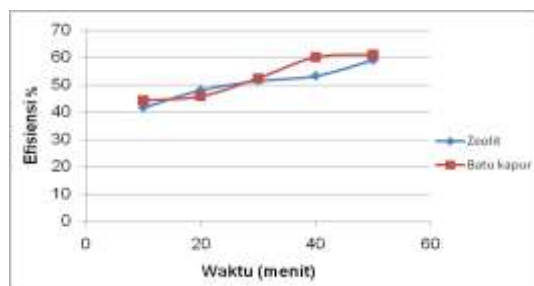
kesetimbangan (konstan). Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh waktu kontak. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Pada penelitian ini proses adsorpsi belum kesetimbangan (konstan), hal ini disebabkan pengambilan sampel didasarkan pada waktu selama 50 menit sehingga tidak dapat diketahui sampai seberapa lama kondisi media filtrasi akan jenuh.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Efisiensi Penurunan Kesadahan

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penurunan Besi

Media filtrasi dengan kombinasi kerikil-zeolit-kerikil dan kerikil-batu kapur-kerikil dalam waktu kontak 50 menit semakin lama waktu kontak efisiensi penurunan besi semakin besar. (Gambar 4). Seharusnya kemampuan adsorpsi terhadap besi dalam rentang waktu tertentu juga akan meningkat, kemudian akan mengalami kesetimbangan. Dalam penelitian penurunan besi dengan kombinasi media filtrasi selama 50 menit juga belum mengalami kejenuhan.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi

Proses filtrasi dengan media kombinasi kerikil-zeolit-kerikil dan media kerikil-batu kapur-kerikil dengan ukuran media 2,5 – 5 mm, ketebalan 50 cm dan

waktu kontak 50 menit belum dapat menghasilkan air bersih yang sesuai dengan baku mutu (Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002) terutama untuk parameter kesadahan dan besi. Selama 50 menit filtrasi dengan media kombinasi kerikil-zeolit-kerikil dapat menurunkan kesadahan dari 1036,9 mg/L dalam CaCO_3 menjadi 844,52 mg/L dalam CaCO_3 dan besi dari 3.46 mg/L menjadi 1.43 mg/L. Media kombinasi kerikil-batu kapur-kerikil dapat menurunkan kesadahan dari 1036,9 mg/L dalam CaCO_3 menjadi 675,21 mg/L dalam CaCO_3 dan besi dari 3.46 mg/L menjadi 1.35 mg/L.

Ada beberapa sebab mengapa efektifitas media kombinasi kerikil-zeolit-kerikil dan media kerikil-batu kapur-kerikil sebagai penurun kesadahan dan besi masih rendah, yaitu (1) zeolit yang digunakan tidak diaktivasi terlebih dahulu kecuali dicuci dan dikeringkan, (2) ukuran media masih besar sehingga luas pori-pori yang berfungsi untuk menyerap kesadahan dan besi masih kecil, dan jumlah media yang dipak dalam kolom hanya sedikit. Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben. (3) tinggi media masih kurang sehingga jumlah media yang digunakan untuk menyerap masih sedikit dan (4) waktu kontak kurang lama, hal ini dibuktikan selama 50 menit kemampuan media untuk menyerap kesadahan dan besi masih meningkat. Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik.

Simpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa air sumur gali Kelurahan Keputih Surabaya tidak memenuhi baku mutu air minum sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002) terutama untuk parameter kesadahan dan besi. Media filtrasi kombinasi kerikil-batu kapur-kerikil mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk menurunkan kesadahan. Kombinasi media filtrasi kerikil-batu kapur-kerikil dan kerikil-zeolit-kerikil mempunyai kemampuan yang sama untuk menurunkan besi. 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. Filtrasi dengan menggunakan media filtrasi kombinasi kerikil-batu kapur-kerikil dan kerikil-zeolit-kerikil dengan ukuran media 2,5 – 5 mm, ketebalan 50 cm dan waktu kontak 50 menit belum dapat menghasilkan air yang memenuhi baku mutu air minum sesuai

dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 terutama untuk parameter kesadahan dan besi.

Saran

Dari hasil penelitian ini disarankan perlu adanya control untuk kualitas air dengan parameter yang lain. Tinggi media filtrasi dan waktu kontak sebaiknya ditambah. zeolit sebaiknya diaktivasi terlebih dahulu dan ukuran media sebaiknya diperkecil.

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 (cek tahun)
- Benefield, L.D. (1992), *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliff, New Jersey.
- Ginting, Simparmin BR, (2006) *Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Teraktifkan (Aktivasi Fisik) Sebagai Penukar Kation Pada Penurunan Kesadahan Air Yang Mengandung Ion Magnesium*. Laporan Penelitian. Teknik Kimia, Universitas lampung.
- Harben, P.W & Ku_zvart, M., (1996) *Industrial minerals: A global geology*, Industrial Minerals Information Ltd, Metal Bulletin PLC, London, p. 445-450.
- Maung, U Han Thein (2006) *A Study On The Performance Of Limestone roughing Filter For The Removal Of Turbidity, Suspended Solids, Biochemical Oxygen Demand And Coliform Organisms Using Wastewater From The Inlet Of Domestic Wastewater Oxidation Pond*. Thesis Submitted In Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science Universiti Sains Malaysia.
- Naufal, Jauhar.S, (2001) *Pengaruh Berbagai Ketebalan Media Saring Batu Kapur Terhadap Penurunan Kesadahan Air*. Skripsi Akademi Kesehatan Lingkungan, Bandung
- Nurhayati, Indah (2007) *Desalinasi Air Payau Kenjeran Dengan Membran RO Tekanan Rendah*. Jurnal waktu. Fakultas Teknik. Surabaya: Universitas PGRI Adi Buana
- Paul A. Jaya And L Arumai Dhas (2008) *Removal Of Cod And Colour From Textile Wastewater Using Limestone And Activated Carbon*. Thesis Submitted In Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Master Of Science Universiti Sains Malaysia.
- Putra, S.E. (2009) *Zeolit Sebagai Mineral Serbaguna*. (Online), <http://www.chem-is-try.org/sect=artikel&ext=127>, diakses 11 Maret 2009).
- Rahman, Abdur dan Hartono, Budi (2004). *Penyaingan Air Tanah dengan Zeolit Alami Untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan*. Jurnal Makara, Kesehatan, Vol 3, pp 1-6

