

PENGARUH JENIS MEDIA FILTRASI KUALITAS AIR SUMUR GALI

Jenni Oni Rahmawati¹⁾ dan Indah Nurhayati²⁾

^{1) dan 2)} Program Studi Teknik Lingkungan; Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Email: onionyz@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh kombinasi media filtrasi terhadap penurunan CaCO_3 dan bakteri coliform pada air sumur gali. Lokasi pengambilan sampel adalah di sumur gali milik Bapak Ponirin (Jl. Kupang Gunung Jaya I/5 Surabaya). Parameter yang diuji adalah konsentrasi CaCO_3 dan bakteri coliform. Reaktor filtrasi menggunakan sistem upflow terbuat dari bahan pipa PVC berdiameter 4 inchi dengan tinggi 90 cm. Filtrasi dioperasikan selama 6 hari dengan waktu pengambilan sampel setiap 2 hari sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter 1 dan 2 mampu memenuhi baku mutu air bersih menurut Permenkes RI no.416/Menkes/Per/IX/1990 untuk parameter CaCO_3 , namun untuk parameter bakteri coliform kedua filter belum memenuhi. Filter dengan kombinasi media pecahan genteng-karbon aktif dapat menurunkan CaCO_3 dan bakteri coliform dengan efisiensi mencapai 90%. Filter dengan kombinasi media pecahan genteng-zeolit dapat menurunkan CaCO_3 dengan efisiensi mencapai 81% dan bakteri coliform mencapai 58%. Kesimpulannya adalah kombinasi media pecahan genteng-karbon aktif menghasilkan efektifitas penurunan CaCO_3 dan bakteri coliform yang lebih besar dibandingkan dengan media pecahan genteng-zeolit.

Kata kunci: Air Sumur Gali, Media Filtrasi, Kesadahan (CaCO_3), Bakteri Coliform

Abstract

The purpose of this study is to examine the influence of a combination of filtration media to decrease hardness (CaCO_3) and coliform bacteria in water wells. The sampling sites are dug wells owned by Mr. Ponirin (Jl. Kupang Gunung Jaya I/5 Surabaya). The parameters analyzed were the concentration of CaCO_3 and coliform bacteria. The reactor use upflow filtration system made of PVC diameter of 4 inches with a height of 90 cm. Filtration operated for 6 days with a sampling every 2 days. From the results of treatment filters 1 and 2 are able to meet water quality standards according to Permenkes RI no.416/Menkes/Per/IX/1990 for parameter CaCO_3 , but for the parameter coliform bacteria has not met. Filter media with a combination of roof tile-activated carbon can reduce the CaCO_3 and coliform bacteria with efficiency up to 90%. Filter media with a combination of roof tile-zeolite may lower CaCO_3 with an efficiency up to 81% and coliform bacteria up to 58%. From these results it can be concluded that the combination of media roof tile-activated carbon to effective reduction in CaCO_3 and coliform bacteria is greater than the media zeolite-roof tile.

Keywords: Water Wells, Filtration Media, Hardness (CaCO_3), Coliform Bacteria

PENDAHULUAN

Belum semua masyarakat dapat menikmati layanan air bersih dari PDAM, sehingga masyarakat menggunakan air sumur gali sebagai sumber air bersih. Sumur gali berasal dari lapisan tanah yang paling dekat dari permukaan tanah, sehingga sangat mudah terkontaminasi oleh bakteri coliform, selain itu air tanah melewati berbagai macam bebatuan yang menyebabkan konsentrasi kesadahan (CaCO_3) yang cukup tinggi pada air tanah. Bakteri coliform adalah bakteri indikator

keberadaan bakteri patogenik lain. Bakteri coliform jika masuk ke dalam saluran pencernaan dalam jumlah banyak dapat membahayakan kesehatan. Menurut Ganefati,dkk, (2005) penggunaan air yang mengandung bakteri E.Coli untuk dikonsumsi akan menyebabkan diare. Kesadahan adalah gambaran kation logam valensi dua. Kation-kation ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan atau karat pada peralatan logam. Menurut Nurullita dkk. (2010) air sadah bukan

merupakan air yang berbahaya karena ion-ion tersebut dapat larut dalam air namun jika dalam konsentrasi yang besar air sadah memberikan dampak yang buruk terhadap kesehatan diantaranya penyumbatan jantung dan batu ginjal.

Metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi CaCO_3 dan bakteri *coliform* adalah dengan filtrasi. Filtrasi merupakan pemisahan solid-liquid dengan cara melewati liquid melalui media berpori atau bahan-bahan berpori untuk menyisihkan atau menghilangkan sebanyak-banyaknya butiran-butiran halus zat padat tersuspensi dari liquid, (Sutrisno, 2006). Dalam proses filtrasi terdapat kombinasi antara beberapa proses yang berbeda. Proses-proses tersebut meliputi: (1) *Mechanical straining*, (2) *Sedimentasi*, (3) *Adsorpsi*, (4) *Aktifis kimia*, (5) *Aktifis biologi* (Edahwati, 2013). Dalam persamaan Carman-Kozeny karakteristik media filtrasi yang mempengaruhi proses filtrasi antara lain: bentuk media, diameter media, porositas, volume rongga media, volume media

Karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh seberapa luas permukaan partikelnya, Semakin kecil ukuran partikel menyebabkan semakin luas permukaan zat sehingga kemampuan untuk mengadsorpsi semakin meningkat (Alfiany, 2013). Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat akibat ikatan kimia dan fisika, Taufan (2008), adsorpsi secara fisika terjadi karena adanya gaya Vander Waals, sedangkan adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya reaksi kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Dalam filtrasi ion Ca^{2+} akan diserap kedalam pori-pori karbon aktif dan terakumulasi pada pori karbon aktif. Menurut Saryati (2002), pori-pori karbon aktif mampu mengambil bakteri dari air. Karbon memiliki volume pori yang besar sehingga banyak mengandung kapiler-kapiler yang halus, sehingga zat yang teradsorpsi akan terpenetrasi pada sela-sela kapiler karbon aktif jika larutan itu membasahnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suryanti (2012) jenis media arang berukuran halus mampu menurunkan kandungan bakteri total *coliform* sampai 100% dengan waktu tinggal 9 hari. Nurullita, dkk. (2010) menyatakan bahwa karbon aktif dapat menurunkan kesadahan air sumur artesis sampai 90% dengan lama kontak pada media adalah 40 menit.

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Dalam keadaan normal maka ruang-ruang rongga dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang membentuk bulatan di sekitar kation. Rongga pada zeolit menyebabkan zeolit memiliki sifat sebagai adsorben. 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 (Nurhayati, 2011) Aktivasi zeolit secara kimia dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Zeolit juga memiliki sifat sebagai penukar ion karena aktivasi secara kimia. Menurut Mifbakhuddin (2008) prosentase penurunan kesadahan air sumur artesis setelah melewati filter zeolite dengan diameter zeolite 0,5 mm adalah rata-rata 95,95%. Zeolit teraktivasi dengan NaCl 2M mampu menurunkan kesadahan sebesar 73% (Nurhayati, 2011).

Genteng termasuk dalam jenis gerabah. Gerabah merupakan salah satu jenis badan keramik yang dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dan dibakar pada suhu maksimum 1000°C . Dilihat dari kandungan kimianya, tanah liat termasuk hidrosilikat alumina dan dalam keadaan murni mempunyai rumus: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Sehingga bila digunakan sebagai media filter maka air bersih dapat keluar dari pori-pori pada bagian dasarnya. Filter tembikar memberikan efisiensi penurunan *coliform* sebesar 97,33% - 99,84% dari jumlah bakteri *coliform* awal 1700 -9000 MPN/100 ml (Pratiwi, 2009).

Berdasarkan sifat-sifat media tersebut peneliti ingin melakukan penelitian tentang pengaruh media filtrasi terhadap kualitas air sumur gali. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi media filtrasi (zeolit-pecahan genteng dan karbon aktif-pecahan genteng) terhadap efisiensi penurunan CaCO_3 dan bakteri *coliform* pada air sumur gali. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan kepada masyarakat tentang alternatif teknologi yang sederhana, mudah pengoperasiannya dan murah, untuk menurunkan konsentrasi kesadahan dan kandungan bakteri *coliform* pada air tanah.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai Juni 2015. Sampel dianalisis di laboratorium teknik lingkungan Universitas

Rancangan penelitian

Rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

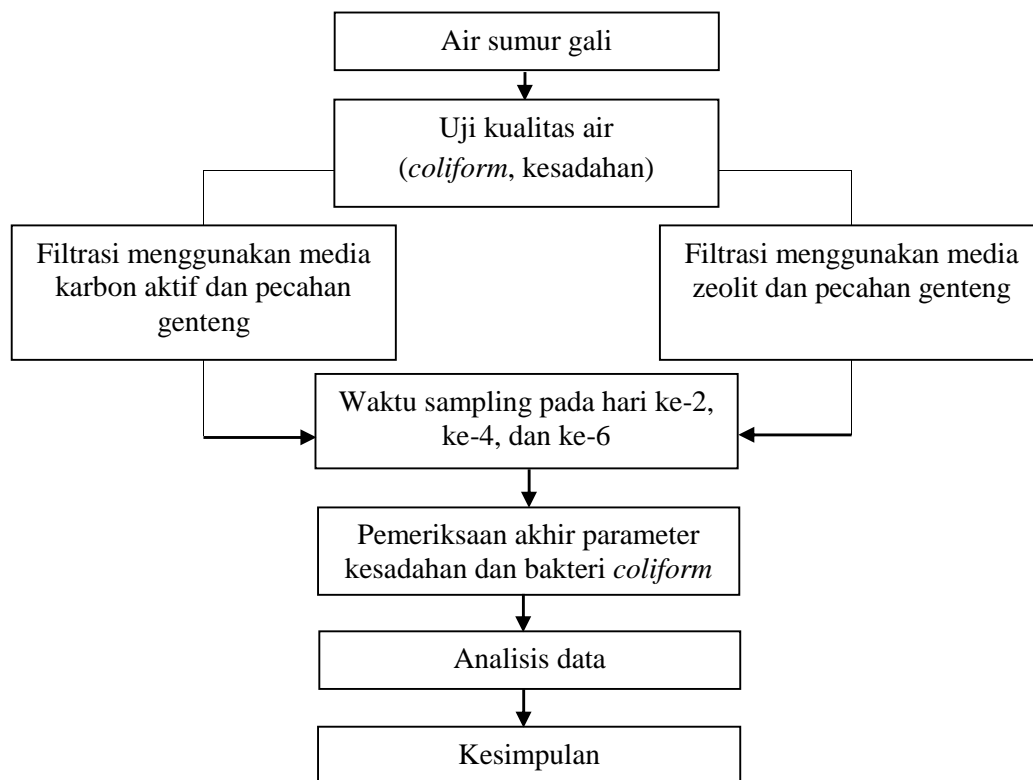
Populasi dan sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah sumur gali dan sampel pada penelitian ini adalah air sumur gali di rumah Bapak Ponirin di Jl. Kupang Gunung Jaya 1/5 Surabaya.

PGRI Adi Buana Surabaya untuk analisis CaCO_3 . Analisis bakteri *coliform* dianalisis di Laboratorium Terpadu Poltekes Kemenkes Surabaya.

Alat dan bahan

Dalam penelitian ini peralatan terdiri dari 2 buah unit filtrasi terbuat dari pipa PVC berdiameter 4 inch dengan tinggi 90cm, pompa air, 2 buah bak penampung air, zeolit. Karbon aktif, pecahan genteng, peralatan untuk aktivasi zeolit, peralatan untuk analisis CaCO_3 secara titrimetric dan peralatan untuk analisis bakteri *coliform* secara MPN.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Langkah-langkah Penelitian

1. Membuat reaktor filtrasi
2. Membersihkan media zeolit, karbon aktif, dan pecahan genteng dengan air
3. Mengaktivasi zeolit dengan HCl 1N
4. Mengeringkan Media
5. Menyusun media pada reaktor filtrasi
6. Mengoperasikan filter secara kontinyu dengan debit 1l/jam.
7. Mengambil sampel setiap 2 hari sekali selama 6 hari.
8. Menganalisis sampel untuk parameter CaCO_3 dan bakteri *coliform* di laboratorium

Metode Analisis Data

Data yang diperoleh berupa konsentrasi CaCO_3 dan bakteri *coliform*, serta efisiensi penurunan CaCO_3 dan bakteri *coliform*, kemudian dianalisis menggunakan tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis laboratorium air sumur gali sebelum dan setelah treatment disajikan dalam Tabel 1. Dari Tabel 1 menunjukkan hasil konsentrasi CaCO_3 dan bakteri *coliform* sebelum treatment yaitu sebesar 748 mg/l dan 480 MPN/100ml, bila dibandingkan dengan baku mutu untuk parameter CaCO_3 dan bakteri

coliform menurut Peremenkes no. 416 tahun 1990 sebesar 500 mg/l dan <50 MPN/100ml maka parameter tersebut belum memenuhi baku mutu sehingga tidak aman untuk digunakan sebagai air bersih. Oleh karena itu air sumur tersebut perlu dilakukan pengolahan untuk menghasilkan air bersih yang sesuai baku mutu air bersih terutama untuk parameter CaCO₃ dan bakteri *coliform* menurut Permenkes no. 416 tahun 1990.

Setelah difiltrasi baik yang menggunakan media pecahan genteng-zeolit

maupun media pecahan genteng-karbon aktif untuk parameter CaCO₃ sudah memenuhi baku mutu yaitu 143 mg/l pada filter 1 (pecahan genteng-zeolit) dan 35mg/l pada filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif). Sedangkan untuk parameter bakteri *coliform* kedua filter belum memenuhi baku mutu yakni 200 MPN/100ml pada filter 1 (pecahan genteng-zeolit) dan 50 MPN/100ml pada filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif).

Tabel 1. Hasil Analisis Laboratorium Air Sumur Gali Sebelum dan Setelah Treatment

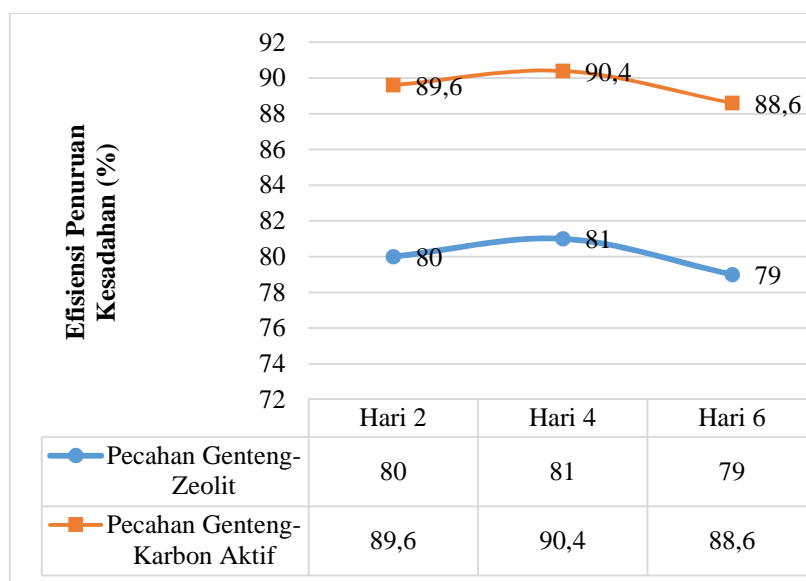
No	Filter	Pengambilan Sampel (Hari)	Hasil Pengukuran		
			CaCO ₃ (mg/l)	Bakteri <i>Coliform</i> (MPN/100ml)	pH
1	Pecahan Genteng-Zeolit	0 (mula-mula)	748	480	6,9
		2	150	315	6,9
		4	143	270	6,9
		6	159	200	7,0
2	Pecahan Genteng-Karbon Aktif	0 (mula-mula)	748	480	7,0
		2	41	111	7,0
		4	35	89	7,0
		6	48	50	7,1

Pengaruh Kombinasi Media Filtrasi Terhadap Efisiensi Penurunan CaCO₃

Efisiensi penurunan CaCO₃ setelah melalui filtrasi menggunakan media pecahan genteng-zeolit dan pecahan genteng-karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa kedua media filtrasi dapat menurunkan CaCO₃ dengan efisiensi yang baik. Hal ini terjadi karena pada filter 1 proses penghilangan CaCO₃ menggunakan media zeolite terjadi karena reaksi pertukaran ion. Pada saat sebelum proses seluruh lapisan unggun akan ditempati oleh ion hydrogen (H⁺) ion H⁺ terbentuk pada saat aktivasi zeolit menggunakan HCl 1N dimana ion aluminium pada zeolit digantikan oleh ion H⁺ dari HCl. Tahap berikutnya ion magnesium masuk menempati unggun menggantikan ion hydrogen, setelah itu ion kalsium masuk menempati posisi diatas magnesium dan ion hydrogen akan keluar bersama aliran air. Ion kalsium menempati posisi paling atas karena memiliki nilai afinitas paling besar kemudian diikuti magnesium dan terakhir hydrogen. Jika reaksi ini berlangsung terus menerus maka seluruh media akan terisi ion kalsium dan magnesium. Pecahan genteng pada kedua filter berfungsi sebagai pembantu proses penyerapan Ca²⁺. Pada filter 2 terjadi proses adsorpsi oleh

karbon aktif. Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat akibat ikatan kimia dan fisika. Dalam filtrasi ini ion Ca²⁺ akan diserap kedalam pori-pori karbon aktif dan terakumulasi pada pori karbon aktif. Pecahan genteng termasuk dalam gerabah lunak yang memiliki sifat porous. Sifat porous ini yang memungkinkan air merembes melewati por-pori media dan ion Ca²⁺ akan tertahan pada pori-pori media pecahan genteng.

Selain itu penurunan CaCO₃ disebabkan debit pada masing-masing filter adalah 1 L/jam dengan debit tersebut maka di peroleh waktu tinggal air pada filter selama 6,3 jam. Lama kontak air dengan media inilah yang menyebabkan efisiensi yang dicapai tinggi. Karena semakin lama waktu kontak maka semakin lama proses adsorpsi ataupun pertukaran ion yang terjadi sehingga semakin banyak Ca²⁺ yang diserap. pH yang netral pada kedua filter juga menambah efisiensi kerja filter, pH yang baik dalam mengadsorpsi Ca²⁺ adalah pH dalam range 6-8 (Dinora, 2013).



Gambar 2. Grafik Efisiensi Penurunan CaCO_3

Jika dilihat dari Gambar 2, efisiensi penurunan CaCO_3 tertinggi terjadi pada filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif) yakni sebesar 90,4% sedangkan pada filter 1 (pecahan genteng-zeolit) hanya 81%. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan ukuran partikel. Pada penelitian ini Karbon aktif memiliki ukuran partikel sebesar 0,59mm dan zeolite sebesar 1mm. Ukuran partikel yang kecil mengakibatkan luas permukaan semakin besar sehingga semakin banyak bagian zat yang saling bertumbukan yang menghasilkan perubahan. Sehingga semakin luas permukaan zat maka semakin cepat pula laju reaksi (Widjajanti, 2007). Ukuran partikel yang kecil menyebabkan semakin luas permukaan zat sehingga kemampuan untuk mengadsorpsi semakin meningkat (Alfiyany, 2013).

Gambar 2 menunjukkan efisiensi kesadahan menurun pada hari ke-6 dengan efisiensi terendah sebesar 79% pada filter 1 (pecahan genteng-zeolit) dan 88,6% pada filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif). Walaupun terjadi penurunan efisiensi pada kedua filter namun penurunan efisiensi yang terjadi belum menimbulkan nilai yang berarti karena konsentrasi CaCO_3 masih memenuhi baku mutu air bersih. Penurunan efisiensi merupakan indikator bahwa media pada filter telah mengalami kejenuhan, sehingga kemampuan untuk mengadsorpsi ataupun menukar ion menurun sehingga perlu adanya *backwashing*.

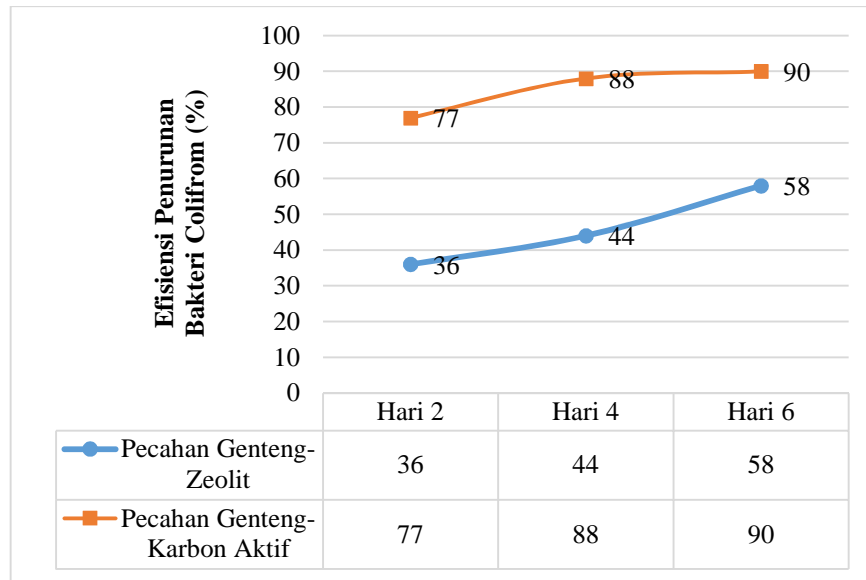
Pengaruh Kombinasi Media Filtrasi Terhadap Efisiensi Penurunan Bakteri Coliform

Pengaruh kombinasi media filtrasi pecahan genteng-zeolit dan pecahan genteng-

karbon aktif terhadap efisiensi penurunan bakteri *coliform* ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa kedua media filtrasi dapat menurunkan bakteri *coliform* dengan efisiensi yang baik. Hal ini terjadi karena, pada filter 2 proses penurunan bakteri *coliform* akibat dari proses adsorpsi fisik oleh karbon aktif. Menurut Saryati (2002) pori-pori karbon aktif mampu mengambil bakteri dari air. Karbon memiliki volume pori yang besar sehingga banyak mengandung kapiler-kapiler yang halus, sehingga zat yang teradsorpsi akan terpenetrasi pada sela-sela kapiler karbon aktif jika larutan itu membasahinya. Dalam hal ini bakteri *coliform* akan terjebak pada kapiler-kapiler karbon aktif. Pada filter 1 (pecahan genteng-zeolit) bakteri *coliform* ditahan pada lapisan filter yang disebabkan ukuran pori filter dan kombinasi ukuran pori. bakteri akan membentuk lapisan biofilm. Biofilm terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat erat ke suatu permukaan sehingga berada dalam keadaan diam, tidak mudah lepas atau berpindah tempat (*irreversible*). Bakteri yang menempel pada suatu permukaan cenderung membentuk agregat dimana sel tersebut saling melekat satu sama lain dan membentuk suatu matriks polimer yang disebut biofilm. Pembentukan biofilm menunjukkan fase kehidupan bakteri yang konstan, fase ini disebut fase stasioner. Setelah fase stasioner selanjutnya bakteri akan mengalami fase kematian dimana populasi bakteri akan menurun jumlahnya karena kekurangan nutrisi. Pada fase kematian bakteri akan membentuk lumpur halus, lumpur halus inilah yang akan tertahan pada pori-pori media. Pecahan genteng

juga memiliki sifat porous sehingga memungkinkan untuk menahan bakteri pada lapisan filternya. Lumpur halus juga akan

ditahan oleh kombinasi ukuran pori pada pecahan genteng.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penurunan Bakteri *Coliform*

Efisiensi penurunan bakteri *coliform* mengalami kestabilan kenaikan pada mulai hari ke2 sampai hari ke-6 hal ini dikarenakan debit yang dialirkan pada kedua filter sebesar 1 l/jam, menghasilkan kecepatan filtrasi sebesar 0,1m/jam pada kecepatan filtrasi yang lambat ini maka proses desinfeksi oleh media filter akan lebih efektif. Kestabilan kenaikan efisiensi disebabkan karena semakin lama waktu inkubasi substrat pada media maka semakin besar pula lapisan biofilm yang dibentuk sehingga bakteri akan lebih cepat mengalami fasa kematian.

Jika dilihat pada Gambar 3, menunjukkan efisiensi terbesar penurunan bakteri *coliform* terjadi pada filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif) mencapai 90% sedangkan pada filter 1 (pecahan-genteng-zeolit) efisiensi hanya mencapai 58%. Hal ini disebabkan karena perbedaan ukuran partikel pada media karbon aktif dan zeolite, dimana pada penelitian ini karbon aktif memiliki ukuran partikel sebesar 0,59mm sedangkan zeolit sebesar 1mm. Ukuran partikel yang kecil menyebabkan semakin luas

permukaan zat. Dengan luas permukaan yang semakin luas menyebabkan semakin banyak mengandung kapiler-kapiler yang yang halus, sehingga zat yang teradsorpsi semakin banyak. Media filter jenis arang bekerja lebih baik dibandingkan kerikil dalam menurunkan bakteri total *coliform* (Suryanti, 2012). Selain itu dengan berkurangnya konsentrasi kesadahan (CaCO_3) maka berkurang pula kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Ca dan Mg merupakan sumber nutrisi untuk pertumbuhan bakteri. Dengan berkurangnya kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada air maka berkurang pula sumber nutrisi untuk pertumbuhan bakteri *coliform* sehingga bakteri *coliform* akan lebih cepat mengalami fasa kematian. Filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif) menurunkan CaCO_3 lebih besar dari pada filter 1(pecahan genteng-zeolit) sehingga konsentrasi bakteri *coliform* lebih banyak diturunkan pada filter 2(pecahan genteng-karbon aktif). Walaupun efisiensi ke dua filter naik secara signifikan namun belum memenuhi baku mutu air bersih.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi CaCO_3 dan bakteri *coliform* sebelum treatment masing-masing adalah sebesar 748 mg/l dan 480 MPN/100ml, konsentrasi ini belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peremenkes no. 416 tahun 1990. Dan setelah treatment pada filter 1

(pecahan genteng-zeolit) adalah 143 mg/l dan 200 MPN/100ml, pada filter 2 (pecahan genteng-karbon aktif) adalah 35mg/l dan 50 MPN/100ml. Setelah treatment parameter CaCO_3 pada ke dua filter telah memenuhi baku mutu, sedangkan untuk parameter bakteri *coliform* belum memenuhi baku mutu. Filter dengan kombinasi media pecahan genteng-zeolit dapat menurunkan CaCO_3 dengan

efisiensi mencapai 81% dan bakteri *coliform* dengan efisiensi mencapai 58%. Filter dengan kombinasi media pecahan genteng-karbon aktif dapat menurunkan CaCO_3 dengan efisiensi mencapai 90,4% dan bakteri *coliform* dengan efisiensi mencapai 90%. Kombinasi media pecahan genteng-karbon aktif menghasilkan efektifitas penurunan CaCO_3 dan bakteri *coliform* yang lebih besar dibandingkan dengan media pecahan genteng-zeolit.

Perlu adanya pengolahan lebih lanjut seperti penambahan desinfektan atau penambahan

waktu operasional filtrasi untuk menurunkan bakteri *coliform*, karena selama 6 hari proses filtrasi, konsentrasi bakteri *coliform* belum memenuhi baku mutu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas PGRI Adi Buana (UNIPA) Surabaya yang telah mendukung penelitian dan memberikan fasilitas laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiany, dkk. 2013. *Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam*. Jurnal Natural Science Vol. 2 (3) : 75-86 ISSN: 2338-0950. Fakultas MIPA, Universitas Tadulako
- Andi Taufan. 2008. *Pengujian Alat Pendingin Adsorpsi Dua Adsorber Dengan Menggunakan Methanol 250ml Sebagai Refrigeran*, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Indonesia: Depok.
- Dinora. 2013. *Penurunan Kandungan Zat Kapur dalam Air Tanah dengan Menggunakan Media Zeolit Alam dan Karbon Aktif Menjadi Air Bersih*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539
- Edahwati, Luluk. 2013. *Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, Dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 No. 2. UPN "Veteran". Surabaya
- Ganefati, S.P. dkk. 2005. *Pengolahan Air Minum Sumur Gali Untuk Rumah Tangga Secara Aerasi, Filtrasi Dan Desinfeksi*. Yogyakarta: Jurnal Teknik Lingkungan, P3TL-BPPT.6(1):262-267.
- Nurhayati Indah. 2011. *Sistem Distribusi Air Minum*. Surabaya: Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Nurullita, dkk. 2010. *Pengaruh Lama Kontak Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Persentase Penurunan Kesadahan CaCO_3 Air Sumur Artetis*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang: Jurnal kesehatan masyarakat Indonesia vol.6 no.1 tahun 2010.
- Pratiwi, L. 2009. *Analisis Saringan Tembikar Berlapis Larutan Perak Nitrat Terhadap Penurunan Bakteri Coliform dan Kekeruhan*. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya
- Saryati, dkk. (2002). *Komposit Tawas Arang Aktif Zeolit Untuk Memperbaiki Kualitas Air*. Jurnal Sains Materi Indonesia Volume 4 No. 1 hal : 9 – 15 ISSN : 1411-1098. Tangerang: Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) – Batan.
- Suryanti. 2012. *Studi Penurunan Kandungan Total Coliform Dengan Menggunakan Kombinasi Vertical Flow Roughing Filter (VRF) Dan Horizontal Flow Roughing Filter (HRF) Pada Air Buangan Domestik Artifisial*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang
- Sutrisno Joko. 2006. *Pengantar Satuan Operasi*. Surabaya: Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Widjajanti Endang LFX. 2007. *Kinetika Kimia*. Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA UNY.