

## Efektifitas Penurunan Mn dan Total Coliform Pada Air Sumur Gali Berbasis Zeolit

Nur Rachmah\*\*) dan Setyo Purwoto\*)

### Abstrak

Salah satu tujuan pemerintah dalam mencapai strategi Millenium Development Goals (MDGs) adalah terpenuhinya kebutuhan penduduk akan air bersih yang memenuhi syarat kesehatan. Air bersih yang memenuhi syarat yang dimaksudkan adalah air yang memenuhi baku mutu Permenkes No. 416/MENKES/PER/IX/1990, disamping itu masyarakat mampu mengakses air bersih sebesar 73% hingga tahun 2015. Akan tetapi kondisi air sumur di Kelurahan Wates Kota Mojokerto rata-rata kandungan Mn dan Total Coliform tidak memenuhi syarat, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan teknologi filtrasi untuk memecahkan masalah tersebut. Penelitian ini telah dilaksanakan dengan menggunakan media zeolit alam, manganese green sand dan zeolit yang teraktivasi dengan pemanasan, dengan tujuan untuk mengetahui efektifitas media filtrasi zeolit alam, manganese green sand dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan dalam menurunkan Mn dan Total Coliform. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan variabel bebas : Filter zeolit alam, Manganese Green Sand dan Zeolit teraktivasi dengan pemanasan, serta variabel terikat kandungan Mn dan Total Coliform. Reaktor yang digunakan sebanyak tiga buah dengan tinggi 100 cm, ketinggian media 60 cm, diameter zeolit alam mess 16 – mess 7, diameter manganese green sand mess 30 – mess 12 dan diameter zeolit teraktivasi dengan pemanasan mess 16 – mess 7. Pada saat proses penelitian air baku di treatment dengan debit 1 liter / menit selama 60 menit dengan interval waktu 15 menit untuk diambil sampelnya. Metode analisa laboratorium untuk pemeriksaan kandungan Mn menggunakan metode AAS (Atomic Absorbs Spectrofotometer) dan Total Coliform menggunakan metode tabung ganda. Dari hasil penelitian ini di dapatkan: media filter zeolit alam efektif menurunkan kandungan Mn dari 2,53 mg/lit menjadi < 0,01 mg/lit akan tetapi tidak efektif dalam menurunkan kandungan Total Coliform. Untuk media filter manganese green sand efektif menurunkan kandungan Mn dari 2,53 mg/lit menjadi < 0,01 mg/lit dan efektif menurunkan Total Coliform pada menit ke – 60. Sedangkan media filter zeolit teraktivasi panas efektif menurunkan kandungan Mn rata-rata sebesar 0,099 mg/lit dari 2,53 mg/lit akan tetapi kurang efektif dalam menurunkan kandungan Total Coliform. Dari tiga media yang digunakan untuk penelitian ini, media filter manganese green sand paling efektif dalam menurunkan kandungan Mn dan Total Coliform

**Kata Kunci :** Filtrasi, Manganese Green Sand, Mn, Total Coliform, Zeolit.

### PENDAHULUAN

Millenium Development Goals (MDGs) atau Tujuan Pembangunan Milenium mempunyai ringkasan arah pembangunan global salah satunya adalah menjamin keberlangsungan lingkungan dengan strategi menurunkan hingga setengahnya proporsi rumah tangga tanpa akses berkelanjutan terhadap air bersih yang layak dan sanitasi dasar. Dengan harapan target masyarakat sudah terpenuhi akses air bersih yang memenuhi syarat sebesar 73% hingga tahun 2015 (MDGs Provinsi Jawa Timur, 2011). Akan tetapi mengacu pada data hasil pemeriksaan sampel mikrobiologi 137 air sumur gali dan sumur bor diperoleh 78 air positif Coliform dan 59 negatif Coliform. Dan dari hasil pemeriksaan laboratorium kandungan Mn pada air sumur gali salah satu penduduk Wates Mojokerto

diperoleh 2,33 mg / l dan kandungan Total Coliform sebesar > 2400 MPN / 100 lt. Rata-rata kandungan Air Bersih Parameter Mn dan Total Coliform di Kelurahan Wates Kota Mojokerto tidak memenuhi baku mutu air bersih, sehingga berdampak tingginya angka diare di wilayah tersebut. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan teknologi filtrasi, untuk memecahkan permasalahan tersebut. Dari penelitian yang dilakukan oleh Hadini (2011) dengan menggunakan filter mangan zeolit terhadap sumur gali, didapatkan efisiensi removal konsentrasi Mn sebesar 97,14 % dari kadar awal 2,5 mg/l menjadi 0,071 mg/l dengan ketebalan media 40 cm dan diameter 2 mm.

\*\*) Mahasiswa Teknik Lingkungan

\*) Dosen Teknik Lingkungan

Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

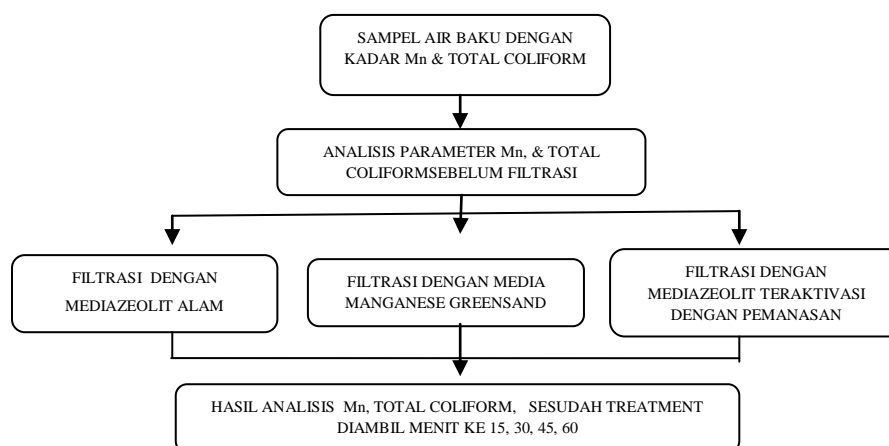
Selain itu Iknasius (2011) telah melakukan penelitian dengan menggunakan media pasir biji besi dapat menurunkan coliform sebesar 219/100 ml sampel atau 91,25% dalam waktu 6 menit. Oleh sebab itu penelitian ini menggunakan media Zeolit Alam, Manganese Green Sand dan Zeolit Teraktivasi dengan Pemanasan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektifitas media filtrasi zeolit alam, manganese green sand dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan dalam menurunkan Mn dan Total Coliform. Manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah hasil penelitian

ini dapat diterapkan kepada masyarakat dalam memecahkan masalah air dengan kandungan Mn dan Total Coliform yang tinggi pada air sumur dan hasil penelitian ini dapat ditindaklanjuti oleh Dinas Kesehatan atau Dinas terkait dalam mewujudkan cita-cita MDGs

## METODE PENELITIAN

### 1. Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dengan rancangan seperti pada gambar 1



**Gambar 1 :Rancangan Penelitian**

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah filter zeolit alam, manganese green sand dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan dan variabel terikat : kandungan Mn dan Total Coliform.

### 2. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah air sumur gali warga Kelurahan Wates Kecamatan Magersari Kota Mojokerto, dan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur gali milik ibu Sani yang bertempat tinggal di Bancang gang Cempaka No. 16 kelurahan Wates Kecamatan Magersari Kota Mojokerto

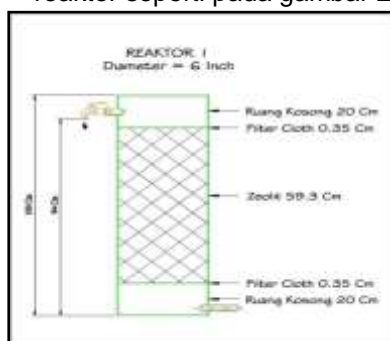
### 3. Persiapan alat dan bahan penelitian

- a. Persiapan media zeolit alam dan zeolit teraktivasi dengan pemanasan
  - 1) Diameter yang digunakan mess 16 - mess 7.
  - 2) Untuk media zeolit alam tidak diberikan perlakuan apapun sedangkan zeolit teraktivasi dengan pemanasan diberi perlakuan pemanasan dengan

menggoreng di atas kompor selama 1 (satu) jam.

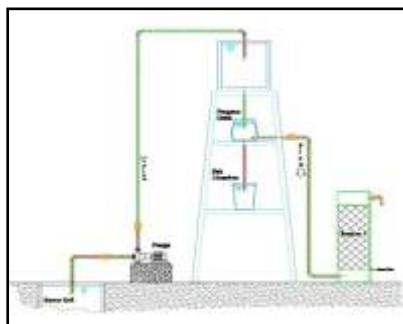
- b. Persiapan media Manganese Greensand  
Media Manganese Greensand yang digunakan dengan diameter mess 30- mess 12
- c. Persiapan media filter cloth  
Filter cloth dalam bentuk lembaran persegi empat, dipotong – potong dengan dimensi keliling lingkaran berdiameter 15,8 cm
- d. Penyusunan media ke dalam reaktor  
Sebelum media dimasukkan ke dalam reaktor, kebutuhan jumlah media yang diinginkan dengan ketebalan 60 cm, yang terdiri atas 59,3 cm untuk ketebalan inti media dan 0,7 cm media filter cloth dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan liter dengan menggunakan rumus volume tabung =  $\frac{\pi D^2}{4} \times h$
- e. Pembuatan Reaktor / Filtrasi  
Dalam penelitian ini dilaksanakan menggunakan pipa PVC 6 inch dengan ukuran tinggi 100 cm

sebanyak 3 buah. Kedua ujung pipa diberi tutup dop. Untuk inlet dan outlet reaktor filter diberi lubang dengan mengebor sebesar  $\frac{3}{4}$  inch ukuran pipa dengan jarak 20 cm dari ujung pipa. Pembatas antara ruang kosong dengan media filter terbuat dari akrilik yang dilubangi dengan soder sehingga membentuk seperti sarangan. Semua bahan yang akan dirangkai dicuci supaya bebas dari kotoran dan dibilas dengan air panas. Salah satu contoh pembuatan reaktor seperti pada gambar 2



**Gambar 2** : Gambar Potongan Filtrasi

- f. Tandon  
Tandon yang digunakan sebanyak 1 buah dengan volume 120 liter
- g. Penyangga tandon  
Penyangga tandon untuk tempat tandon dengan ketinggian 200 cm
- h. Pengatur Debit  
Bak ini berfungsi untuk mengatur stabilisasi debit yang akan masuk ke reaktor. Volume bak pengatur debit ini sebesar 2 liter
- i. Bak penampung limbah  
Dibawah bak pengatur debit ini disediakan bak penampung limbah air.
- j. Instalasi unit percobaan  
Desain reaktor dan gambar irisan memanjang reaktor, sepertigambar3



**Gambar 3** : Gambar Rangkaian Percobaan Filtrasi

- 4. Teknik Pengumpulan Data :
  - a. Merangkai percobaan filtrasi seperti gambar 3
  - b. Menghitung debit yang keluar dari reaktor, dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh debit yang stabil
  - c. Menentukan beda tinggi muka air ( $\Delta H$ )  
Menentukan beda tinggi muka air ( $\Delta H$ ) yang dapat diperoleh dengan rumus :  

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

$$H_2 = \text{Tinggi muka air bak pengatur debit}$$

$$H_1 = \text{Tinggi pipa outlet reaktor filter}$$
 Untuk mendapatkan debit 1 liter / menit diperoleh tinggi muka air bak pengatur debit sebesar :
    - 1). Reaktor filter I ( $H_2$ ) = 108 cm  
Jadi  $\Delta H_1 = H_2 - H_1$   
= 108-94= 14 cm
    - 2). Reaktor filter II ( $H_2$ ) = 108 cm  
Jadi  $\Delta H_2 = H_2 - H_1$   
= 108-93= 15 cm
    - 3). Reaktor filter III ( $H_2$ ) = 106 cm  
Jadi  $\Delta H_3 = H_2 - H_1$   
= 108-9= 14 cm
  - d. Pengukuran suhu air sampel ( $T^{\circ}\text{C}$ )  
Suhu sampel air pada reaktor I = 29  $^{\circ}\text{C}$ , reaktor II = 27  $^{\circ}\text{C}$  dan reaktor III = 30  $^{\circ}\text{C}$ .
  - e. Koefisien Permeabilitas (k)  
Koefisien permeabilitas dapat diperoleh melalui hukum Darcy  

$$Q = \frac{A \cdot k \cdot \Delta H \cdot t}{L}$$
  - f. Running percobaan dengan langkah-langkah sebagai berikut :
    - 1) Penguji cobaan stabilitas debit dengan menggunakan aquadest
    - 2) Setelah diperoleh debit outlet reaktor filter stabil 1 liter/menit
    - 3) Air sampel sumur dipompa ke tandon kemudian kran dari tandon dibuka hingga air memenuhi bak pengatur debit
    - 4) Sampel sumur dari bak pengatur debit langsung masuk ke Reaktor filter
    - 5) Mengambil sampel air sumur sebelum masuk reaktor filter pada outlet pengatur debit
    - 6) Mengambil sampel yang sudah melalui reaktor filter pada menit ke 15, 30, 45, 60
    - 7) Memberi label pada botol sampel dan dikirim ke Labratorium

Analisis Pemeriksaan Mn dengan metode AAS (APHA standards method 3111B) dan cara menguji kandungan Total Coliform dengan metode tabung ganda

5. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan perhitungan efektifitas penurunan dengan membandingkan kadar parameter pre treatment dan post treatment. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel untuk membandingkan efektifitas reaktor dengan variasi media yang berbeda. dan variasi waktu. Data

penelitian dibandingkan dengan baku mutu air bersih yang mengacu pada Permenkes RI no.416/Menkes/Per/IX/1990.

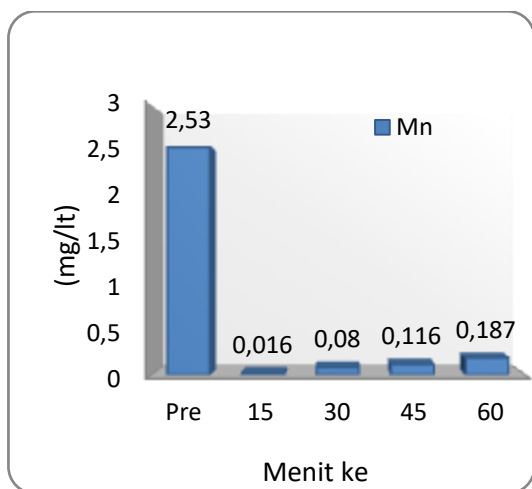
**HASIL PENELITIAN**

1. Perhitungan efektifitas penurunan Mn  
Perhitungan efektifitas reaktor filter dalam menurunkan Mn tersaji dalam Tabel 1 :

Tabel 1 : Efektifitas Penurunan Mn Antara Media Filter Manganese Green Sand dan Zeolit Teraktivasi dengan Pemanasan

Menit ke -	Zeolit Biasa (%)	Manganese Green Sand (%)	Zeolit teraktivasi dengan pemanasan (%)
15	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	99
30	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	96
45	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	95
60	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	92

Untuk memperjelas perbandingan penuruna Mn Media Zeolit teraktivasi dengan pemanasan dalam interval 15 menit selama 60 menit , maka akan digambarkan pada gambar 4 berikut ini :



**Gambar4.** Grafik Efektifitas Penurunan Mn PadaMedia Filter Zeolit Teraktivasi dengan Pemanasan

2. Perhitungan efektifitas penurunan Total Coliform

Perhitungan efektifitas penurunan Total Coliform tidak bisa dilakukan perhitungan dalam bentuk persentase karena hasil yang diperoleh setelah dilakukan filtrasi sebesar angka tidak terhitung atau sama dengan 2400 MPN/100 ml.

**PEMBAHASAN**

1. Analisis Mn

Tabel 1. Kadar Mn hasil filtrasi antara Zeolit, Manganese Green Sand dan Zeolit teraktivasi dengan pemanasan dengan variasi waktu , menit ke 15, 30, 45 dan 60, menunjukkan hasil yang memenuhi baku mutu air bersih / Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 yang menyatakan bahwa kadar Mn untuk air bersih maksimal yang diperbolehkan adalah 0,5 mg/l.

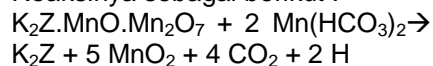
Hubungan antara efektifitas penurunan Mn dengan variasi waktu

a. Media filter Zeolit alam dan Manganese Green Sand :

Untuk media Zeolit alam dan Manganese Green Sand efektifitas penurunan Mn dari 2,53 mg/l menjadi < 0,01 mg/l tidak terdeteksi oleh karena penurunan yang sangat tinggi yaitu diperoleh hasil dibawah limit deteksi pembacaan dari spektrofotometer.

Demikian juga pada media Manganese Green Sand, selain berdiameter paling kecil,  $K_2Z.MnO.Mn_2O_7$  dapat berfungsi sebagai katalis dan sehingga Mn yang ada dalam air, teroksidasi menjadi bentuk mangan dioksida yang larut dalam air.

Reaksinya sebagai berikut :



Kemudian fitrat yang terbentuk dapat dipisah kandungan pengendapan dan penyaringan.

- b. Media filter Zeolit teraktivasi dengan pemanasan: Padamenitke-15 efektifitas penurunan 99 % (dari 2,53 – 0,016 mg/l), padamenitke-30 efektifitas penurunannya 97 % (dari 2,53 – 0,080 mg/l), padamenitke-45 efektifitas penurunannya 95 % (dari 2,53 – 0,116 mg/l), pada menit ke-60 efektifitas penurunannya 92 % (dari 2,53 – 0,187 mg/l) , rata-rata efektifitas penurunannya 96 %. Pada gambar4 grafik efektifitas penurunan menunjukkan semakin lama proses filtrasi semakin menurun persentase efektifitasnya, hal ini bisa terjadi karena aktivasi asam dan pemanasan dapat menyebabkan terjadinya perubahan struktur pada zeolit alam, yaitu penurunan kadar sebagian besar kation yang berpengaruh terhadap aktivasi katalitik (Tina Rosdiana, 2006)

## 2. Analisis Total Coliform

Dari pemeriksaan Total Coliform dari ketiga jenis media filter, semuanya tidak sesuai dengan baku mutu air bersih / Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 yang menyatakan bahwa kandungan Total Coliform setiap 100 ml air bersih dengan sumber sumur terbuka, batas maksimal diperbolehkan adalah 50 MPN

Hubungan antara efektifitas penurunan Total Coliform dengan variasi waktu, pada :

- a. Media zeolit alam  
Post treatment pada media zeolit alam diperoleh hasil > 2400 MPN/100 ml sehingga tidak terjadi penurunan kandungan Total Coliform dari > 2400 MPN/100 ml tetap menjadi > 2400 MPN/100 ml, sehingga dapat disimpulkan bahwa media zeolit alam tidak efektif dalam menurunkan kandungan Total Coliform.
- b. Media manganese green sand  
Post treatment pada media manganese green sand, pada menit ke-15 dari > 2400 MPN /100 lt turun menjadi 1600 MPN/100 lt, pada menit ke -30 dan ke-45 diperoleh hasil dari > 2400

MPN/100 lt tetap menjadi > 2400 MPN/100 ml dan pada menit ke -60 diperoleh hasil dari > 2400 MPN/100 ml turun menjadi 81 MPN/100 lt. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa media manganese green sand efektif menurunkan kandungan Total Coliform pada menit ke-60 .Saringan pasir lambat melalui proses adsorpsi dan proses lain, bakteri dapat dihilangkan dari air dan ditahan pada permukaan butiran pasir yaitu kira-kira 85-99% total bakteri, dan dapat menghasilkan air yang memenuhi syarat bakteriologi yaitu air yang tidak mengandung eschericia coli.

- c. Media zeolit teraktivasi dengan pemanasan  
Post treatment pada media zeolit teraktivasi dengan pemanasan. Telah diperoleh penurunan terbesar pada menit ke -45 yaitu 81 MPN/100 ml dari >2400 MPN/100 ml, sedangkan pada menit sebelum dan sesudahnya mengalami penurunan yang tidak stabil, hal ini bisa terjadi karena pemanasan pada media zeolit (reaktor III) tidak memperhatikan suhu pemanasan, jadi kemungkinan perlakuan pemanasan dengan cara menggoreng media telah melebihi ketahanan zeolit pada suhu maksimal, sehingga menurut Kirk Othmer (1998) dalam karya Dian Kusuma dan Anthonius (2010) apabila zeolit dipanaskan melebihi temperature maksimalnya maka akan merusak struktur zeolit itu sendiri. Dengan rusaknya struktur di dalam Kristal akan mengakibatkan berkurangnya ruang-ruang hampau dara di dalam zeolit dan akhirnya akan mengurangi daya adsorpsi zeolit.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian tersebut diatas dapat disimpulkan sebagai berikut : Media filter zeolit alam sangat efektif dalam menurunkan kandungan Mn dari 2,53 mg/lt menjadi < 0,01 mg/lt akan tetapi tidak efektif dalam menurunkan kandungan Total Coliform. Media filter manganese green sand sangat

efektif dalam menurunkan kandungan Mn dari 2,53 mg/l menjadi < 0,01 mg/l dan efektif pula dalam menurunkan Total Coliform pada menit ke – 60. Media filter zeolit teraktivasi dengan pemanasan efektifitas menurunkan kandungan Mn sebesar 96 % akan tetapi kurang efektif dalam menurunkan kandungan Total Coliform. Dari tiga media yang digunakan untuk penelitian ini, media filter manganese green sand paling efektif dalam menurunkan kandungan Mn dan Total Coliform

#### Saran

Demi kesempurnaan penelitian ini penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai suhu dan lama pemanasan , untuk mengetahui kondisi perlakuan yang tepat dalam mengaktivasi zeolit secara fisik sehingga mendapatkan hasil efektifitas penurunan kadar Mn dan Total Coliform yang signifikan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi waktu kontak lebih dari 60 menit, untuk mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap penurunan kadar Mn dan Total Coliform. Penelitian yang berhubungan dengan sterilitas atau mikroorganisme sebaiknya dilakukan di ruang tertutup dan steril agar penelitian menghasilkan data yang lebih teliti.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Budi, Departemen kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, UI, 2004, *Makara kesehatan Penyaringan air tanah dengan zeolit alami untuk menurunkan kadar besi dan mangan*, Jakarta Departemen Kesehatan RI, Dirjen Penyehatan Air, Ditjen PPM & PLP, 1998, *Pedoman Upaya Penyehatan Air Bagi Petugas Sanitarian Puskesmas*, Jakarta
- Anonymus, *Pembuatan Filter Untuk Menghilangkan Zat Besi dan Mangan Di Dalam Air*, <http://www.enviro.bppt.go.id/~Kel-1/> (Tanggal Mengunduh : 19 April 2012)
- Anonymus, *Bahan-bahan Media Filtrasi*, Smk Negeri 3 Kimia Madiun, [http : // .htm](http://.htm) (Tanggal Mengunduh : 19 April 2012)
- Anonymus, Anisa, Ariani, 2005 *Evaluasi Kondisi Sumur Gali Dalam Kaitannya Dengan Pencemaran Logam Berat* (Studi Kasus : Desa Bojongsari Kecamatan Bojongsong Kabupaten Bandung). Tesis Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung, Bandung, <http://digilibampl.net/detail/list.php?row=3&ktg=tesis&tp=pustaka&kdlink> (Tanggal mengunduh : 19 April 2012)
- Anonymus, *Kumpulan teknik penyaringan air sederhana*, <http://aimyaya.com/id/lingkungan-hidup/kumpulan-teknik-penyaringan-air-sederhana/> (Tanggal mengunduh : 20 Juli 2012)
- Anonymus, *Zeolit potensi alam indonesia yang fenomenal*, <http://vedcadiklatki.blogspot.com/2012/04/zeolit-potensi-alam-indonesia-yang.html> (Tanggal mengunduh : 20 Juli 2012)
- Anonymus, *Logam dan Manfaatnya Bagi tubuh Manusia*, [http: // pusatgamat.com/artikel-artikel/logam-dan-manfaatnya-bagi-tubuh-manusia](http://pusatgamat.com/artikel-artikel/logam-dan-manfaatnya-bagi-tubuh-manusia), (Tanggal mengunduh : 20 Juli 2012)
- Anonymus, *Metode Praktis Penghilangan Zat Besi dan Mangan di Dalam Air Minum*, [www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/Buku Air Minum/BAB7Filter.Pdf](http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/Buku%20Air%20Minum/BAB7Filter.Pdf) (Tanggal mengunduh : 30 Desember 2012)
- Christady Hary, 2010, *Mekanika Tanah 1*, Gajah Mada University Pres, Yogyakarta
- Departemen Kesehatan RI, 1990, Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 *Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*, Jakarta
- Dian Kusuma, Anthonius, 2010, *Optimasi Aktivasi Zeolit Alam untuk Dehumidifikasi*, Universitas Diponegoro, Semarang
- Karnaningroem, Hardini, 2011, *Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Menjadi Air Bersih Menggunakan Filter Mangan Zeolit dan Karbon Aktif : Studi Kasus Air Sumur Gali Pemukiman desa Banjar PO Sidoarjo*, Skripsi Mahasiswa Jurusan Teknik lingkungan ITS, Surabaya
- Kusnaedi, 2010, *Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum*, Penebar Swadaya, Jakarta
- Pemerintah Propinsi Jawa Timur, 2011, *Rencana Aksi Daerah Percepatan Pencapaian Tujuan Pembangunan Millenium di Popinsi Jawa Timur Tahun 2011-2015*, Surabaya
- Rosdiana Tina, 2006, *Pencirian dan Uji Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB ,Bogor
- Sarudji, Didik, 2010, *Kesehatan Lingkungan*, Karya Putra Darwati, Bandung

---

Standard Methods, 2005, *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*, American Public Health Association, Washington DC

Yudhastuti, Tesis Fakultas Kesehatan Masyarakat, UI, 1993, *Studi Kemampuan Zeolit untuk Menurunkan Jumlah Kuman Coliform Air sungai Ciliwung*, Jakarta