



ARTIKEL ILMIAH

**EFEKTIVITAS AERASI DAN FILTRASI TERHADAP
PENURUNAN KADAR MANGAN (Mn) PADA AIR SUMUR
BOR BERDASARKAN LAMA KONTAK DAN KETEBALAN
MEDIA**

Oleh :

Suci Fitriyana

A2A014044

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

ARTIKEL ILMIAH

**Efektivitas Aerasi dan Filtrasi terhadap Penurunan Kadar Mangan (Mn)
pada Air Sumur Bor berdasarkan Lama Kontak dan Ketebalan Media**

Disusun oleh :
Suci Fitriyana A2A014044

Telah disetujui
Penguji



Mifbakhuddin, S.KM, M.Kes
NIK. 28.6.1026.025
Tanggal 4 Oktober 2018

Pembimbing I




Dr. Ratih Sari Wardani, S.Si, M.Kes
NIK. 28.6.1026.095
Tanggal 4 Oktober 2018

Pembimbing II

Ulfa Nurullita, SKM, M.Kes
NIK. 28.6.1026.078
Tanggal 4 Oktober 2018

Mengetahui,
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Muhammadiyah Semarang



Mifbakhuddin, SKM, M.Kes
NIK.28.6.1026.025
Tanggal 4 Oktober 2018

Efektivitas Aerasi dan Filtrasi terhadap Penurunan Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Bor berdasarkan Lama Kontak dan Ketebalan Media

Suci Fitriyana¹, Ratih Sari Wardani¹, Ulfa Nurullita¹

¹Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang

ABSTRAK

Latar Belakang: dalam penyediaan air bersih harus memenuhi syarat kualitas kimia, salah satunya kadar mangan (Mn). Kualitas air sumur masyarakat Desa Jeketro Kecamatan Gubug Kabupaten Grobogan tidak memenuhi syarat kimia (Mn=2,637 mg/L). Salah satu alternatif menurunkan kadar mangan (Mn) pada air yaitu dengan metode aerasi dan filtrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas aerasi dan filtrasi terhadap penurunan kadar mangan pada air sumur berdasarkan lama kontak dan ketebalan media. **Metode:** jenis penelitian ini adalah eksperimen semu dengan rancangan faktorial. Variabel bebas penelitian ini yaitu lama kontak 5, 10, 15 menit dan ketebalan media 50, 60, 70 cm sedangkan variabel terikatnya yaitu penurunan kadar mangan. Hasil penelitian dianalisis menggunakan uji statistik *Two Way Anova*. **Hasil:** rata-rata kadar Mn pada air sumur sebelum perlakuan sebesar 2,637 mg/L, sedangkan rata-rata kadar Mn sesudah dilakukan aerasi dan filtrasi pada perlakuan 1 sebesar 0,918 mg/L, perlakuan 2 0,737 mg/L, perlakuan 3 0,553 mg/L, perlakuan 4 0,492 mg/L, perlakuan 5 0,391 mg/L, perlakuan 6 0,351 mg/L, perlakuan 7 0,256 mg/L, perlakuan 8 0,126 mg/L, dan perlakuan 9 0,051 mg/L. Rata-rata persentase penurunan kadar Mn sebesar 75,76%. Pengaruh lama kontak (p-value=0,000), pengaruh ketebalan media (p-value=0,000), pengaruh interaksi lama kontak dan ketebalan media filter (p-value=0,045) terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan pada air sumur bor. **Simpulan:** ada pengaruh signifikan lama kontak, ketebalan media, interaksi lama kontak dan ketebalan media terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan pada air sumur bor. Penelitian ini optimal pada perlakuan 9 yaitu ketebalan media 70 cm dengan lama kontak 15 menit.

Kata kunci: Penurunan kadar mangan, air sumur, variasi lama kontak dan ketebalan media

ABSTRACT

Background: One of provision of clean water is, it has to comply the chemical quality requirements, one of chemical material that is not supposed to be in the clean water is manganese (Mn). The water quality of Jeketro Village at Grobogan District did not comply the chemical requirements (Mn = 2,637 mg / L). The alternative to reduce manganese (Mn) levels in water is by aeration and filtration methods. The purpose of this study is to determine the effectiveness of aeration and filtration on decreasing manganese levels in well water based on contact duration and media thickness. **Method:** this type of study is a false experiment with factorial design. The independent variables of this study are contact time 5, 10, 15 minutes and media thickness 50, 60, 70 cm while the dependent variable is the decrease in manganese content. **Result:** the average Mn level in well water before treatment was 2,637 mg / L, while the average Mn level after aeration and filtration in treatment 1 was 0,918 mg / L, treatment 2 was 0,737 mg / L, treatment 3 was 0,553 mg / L, treatment 4 0,492 mg / L, treatment 5 0,391 mg / L, treatment 6 0,351 mg / L, treatment 7 0,256 mg / L, treatment 8 0,126 mg / L, and treatment 9 0,051 mg / L. The average percentage reduction in Mn levels was 75.76%. The effect of contact time (p-value = 0,000), the influence of media thickness (p-value = 0,000), the effect of interaction of contact duration and filter media thickness (p-value = 0,045) on the average percentage of manganese reduction in wellbore water. **Conclusion:** there is a significant effect of contact duration, media thickness, interaction of contact duration and media thickness on the average percentage of manganese reduction in well water. This study is optimal in treatment 9 that is 70 cm media thickness with 15 minutes contact time.

Keywords: Decrease in manganese content, well water, variations in contact time and media thickness

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting terutama manusia yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan aktivitas sehari-hari seperti makan, minum, mencuci (bermacam-macam cucian), masak, mandi, dan sebagainya ⁽¹⁾. Kualitas air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air bersih yaitu dari parameter fisik, kimia, dan biologi ⁽²⁾.

Air sumur tanah dalam atau biasa disebut dengan air sumur bor merupakan salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan masyarakat untuk penyediaan air bersih. Namun dari aspek kualitas, air tanah dalam banyak mengandung logam dan salah satunya kandungan mangan (Mn) ⁽³⁾ ⁽⁴⁾. Dampak adanya jumlah mangan yang berlebih di dalam tubuh akan menimbulkan efek-efek kesehatan seperti serangan jantung, gangguan pembuluh darah, kerusakan syaraf bahkan kanker hati. Selain mengganggu kesehatan kadar Mn yang berlebih dalam air akan menimbulkan banyak kerugian, seperti padi tingkat < 0,15 mg/l dapat meninggalkan bercak noda pada pakaian saat mencuci, menyebabkan warna kuning kecoklatan pada air, menimbulkan bau yang kurang enak dan terasa pahit atau masam, bersama dengan besi dapat menyebabkan endapan dan perkaratan pada perpipaan. Konsentrasi mangan dalam tanah dapat menyebabkan pembengkakan dinding sel, layu dari daun, dan bercak-bercak coklat pada daun ⁽³⁾ ⁽⁵⁾.

Salah satu cara sederhana dalam pengolahan air yang tercemar Mn yaitu dengan melakukan aerasi yang dilanjutkan dengan proses filtrasi dengan media filter ⁽⁶⁾. Proses penghilangan mangan dengan cara aerasi, adanya kandungan alkalinity, HCO_3^- yang cukup besar dalam air menyebabkan senyawa mangan dalam bentuk mangan bikarbonat ($\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$), oleh karena itu bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada HCO_3^- , maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat. Jika CO_2 berkurang akan terbentuk hidroksida mangan ($\text{Mn}(\text{OH})_2$). Hidroksida mangan ini masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi ion ⁽⁴⁾. Dengan adanya sistem *tray aerator* yang membantu memberi supply udara, maka terjadi reaksi antara Mn dengan oksigen yang nantinya akan

membentuk partikulat-partikulat yang akan dipisahkan oleh unit filter. Filtrasi merupakan pengolahan air yang prosesnya berupa pemisahan padatan yaitu dengan cara melewatkan air tersebut melalui media filter^{(7) (8)}. Media filter yang digunakan bisa berupa arang aktif atau karbon aktif yang mengandung 85-95% karbon yang berasal dari material yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi yang berfungsi sebagai pengikat atau penyerap mikroorganisme dan bahan-bahan kimia yang mengotori air^{(9) (10)}.

Studi pendahuluan kandungan Mangan (Mn) air sumur bor dari salah satu rumah warga di Desa Jeketro, Kabupaten Grobogan diperoleh hasil sebesar 2,849 mg/L. Hasil tersebut diketahui melampaui baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, yaitu kandungan Mn yang diperbolehkan dalam air sebesar 0,5 mg/L. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini akan menerapkan proses aerasi dengan sistem tray aerator yang dilanjutkan proses filtrasi menggunakan media filter untuk menurunkan kadar mangan pada air sumur bor. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas aerasi dan filtrasi terhadap penurunan kadar mangan pada air sumur bor berdasarkan lama kontak dan ketebalan media.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian *quasy experiment* atau eksperimen semu dengan rancangan faktorial yang menggunakan 2 faktor atau lebih secara serentak dengan perlakuan berupa kombinasi antara taraf dari 1 faktor dengan taraf dari faktor yang lain⁽¹¹⁾. Obyek dari penelitian ini adalah air sumur bor milik warga RT 01 RW 02 Desa Jeketro, Kecamatan Gubug, Kabupaten Grobogan dengan titik pengambilan sampel dari kran milik warga yang tersambung pada sumur tersebut. Penelitian ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga jumlah total sampel penelitian sebanyak 30 dimana 27 sebagai sampel perlakuan dan 3 sebagai sampel kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Suhu Air

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu air pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan, baik sebelum dan sesudah mendapatkan perlakuan masih tetap sama yaitu 27°C. Suhu yang baik untuk proses filtrasi yaitu antara 20°C - 30°C, karena pada suhu ini akan mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi kimia⁽⁷⁾. Kenaikan suhu meningkat seiring dengan kenaikan kadar oksigen. Dari hasil pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu dalam penelitian ini telah sesuai untuk kegiatan filtrasi sehingga tidak mengganggu proses aerasi dan filtrasi.

2. pH Air

Hasil pengukuran pH air sebelum mendapatkan perlakuan sebesar 7, sedangkan pH air kontrol dan sesudah mendapatkan perlakuan meningkat menjadi 8. Pada proses aerasi, reaksi oksidasi dengan oksigen dari udara dipengaruhi oleh pH air dan efektif pada pH > 7. Pada pH normal mangan sulit teroksidasi sehingga perlu peningkatan pH berkisar antara 7,5-8,5 karena semakin tinggi pH air maka kecepatan reaksi oksidasi akan semakin cepat⁽⁴⁾, sehingga pH pada penelitian ini menjadi faktor pengganggu.

3. Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Bor

Pengukuran kadar mangan (Mn) sebelum perlakuan dilakukan 1 kali pengukuran yaitu memiliki nilai sebesar 2,637 mg/L hasil tersebut melebihi batas maksimal yang diperbolehkan yaitu sebesar 0,5 mg/L.

Tabel 1. Kadar mangan sesudah perlakuan

Kadar Mn	Minimum (mg/L)	Maksimum (mg/L)	Rata-rata (mg/L)	Simpangan Baku
Kontrol	2,497	2,539	2,512	0,023
Sesudah Perlakuan 1	0,856	0,987	0,918	0,065
Sesudah Perlakuan 2	0,698	0,797	0,737	0,052
Sesudah Perlakuan 3	0,519	0,587	0,553	0,034
Sesudah Perlakuan 4	0,475	0,523	0,492	0,026
Sesudah Perlakuan 5	0,313	0,501	0,391	0,097
Sesudah Perlakuan 6	0,327	0,374	0,351	0,023
Sesudah Perlakuan 7	0,179	0,385	0,256	0,111
Sesudah Perlakuan 8	0,076	0,183	0,126	0,053
Sesudah Perlakuan 9	0,045	0,057	0,051	0,006
Nilai Keseluruhan	0,045	2,539	0,629	0,685

Tabel diatas menunjukkan bahwa kadar mangan (Mn) pada air sumur sesudah perlakuan memiliki rata-rata kadar mangan (Mn) sebesar 0,629 mg/L. Nilai tersebut masih di atas NAB tetapi jika dilihat dari setiap perlakuan, ada perlakuan yang sudah di bawah NAB.

Penurunan kadar mangan (Mn) dinyatakan dalam suatu persen, dimana selisih nilai kadar mangan sebelum dan sesudah perlakuan di bagi kadar mangan sebelum perlakuan kemudian dikalikan 100% maka didapatkan nilai persen penurunan kadar mangan (Mn).

Tabel 2. Persentase penurunan kadar mangan

Perlakuan	Persentase Penurunan Kadar Mn (%)				Simpangan Baku	p-value
	Terendah	Tertinggi	Rata-rata			
Kontrol	3,716	5,309	4,727		0,879	0,045
50 Cm	5 Menit	62,571	67,539	65,162	2,490	
	10 Menit	69,776	73,531	72,026	1,985	
	15 Menit	77,740	80,319	79,029	1,289	
60 Cm	5 Menit	80,167	81,987	81,317	1,000	
	10 Menit	81,001	88,130	85,147	3,704	
	15 Menit	85,817	87,600	86,664	0,894	
70 Cm	5 Menit	85,400	93,212	90,266	4,245	
	10 Menit	93,060	97,118	95,209	2,039	
	15 Menit	97,838	98,294	98,053	0,228	
% Penurunan	3,716	98,294	75,760	26,010		

Tabel di atas menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur dengan nilai tertinggi sebesar 98,294%, terendah sebesar 3,716% dan rata-rata sebesar 75,760% dengan simpangan baku 26,010.

4. Pengaruh Variasi Lama Kontak terhadap Persentase Penurunan Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Bor.

Hasil persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur bor berdasarkan lama kontak dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Persentase penurunan kadar mangan sesudah perlakuan berdasarkan lama kontak

Lama Kontak	Minimum (%)	Maksimum (%)	Rata-rata (%)	Simpangan Baku	p-value
5 Menit	62,571	93,212	78,915	11,301	0,000
10 Menit	69,776	97,118	84,127	10,334	
15 Menit	77,740	98,294	87,915	8,328	

Tabel di atas menunjukkan bahwa rata-rata persentase penurunan kadar mangan berdasarkan lama kontak terendah pada lama kontak 5 menit yaitu

sebesar 78,915% dengan simpangan baku 11,301, sedangkan rata-rata persentase penurunan tertinggi yaitu pada lama kontak 15 menit dengan nilai sebesar 87,915% dan simpangan baku 8,328. Hasil uji *Two Way Anova* tentang pengaruh lama kontak terhadap penurunan kadar mangan pada air sumur dapat diketahui $p\text{-value} = 0,000$ ($p < 0,05$) yang artinya ada pengaruh signifikan rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur berdasarkan lama kontak.

Analisis lebih lanjut menggunakan uji *Bonferroni* yang menunjukkan bahwa semua pasangan lama kontak memiliki $p\text{-value} < 0,05$ artinya ada pengaruh yang bermakna antara pasangan lama kontak terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur.

Semakin lama waktu kontak yang digunakan maka persentase penurunan kadar mangan akan semakin tinggi. Variasi lama kontak pada metode aerasi-filtrasi dengan lama kontak 15 menit paling efektif dalam menurunkan kadar mangan (Mn). Hal ini dikarenakan pada proses aerasi, perpindahan oksigen dari udara ke dalam air membutuhkan waktu, semakin lama waktu kontak yang terjadi maka semakin banyak oksigen yang dapat berpindah ke dalam air⁽²⁾. Pada proses filtrasi, waktu kontak yang cukup diperlukan oleh karbon aktif untuk dapat mengadsorpsi mangan (Mn) secara optimal. Sehingga, semakin lama waktu kontak yang digunakan maka semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam mangan (Mn) yang terikat di dalam pori-pori karbon aktif.

5. Pengaruh Variasi Ketebalan Media terhadap Persentase Penurunan Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Bor.

Hasil persentase penurunan kadar mangan berdasarkan ketebalan media dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Persentase penurunan kadar mangan sesudah perlakuan berdasarkan ketebalan media

Ketebalan Media	Minimum (%)	Maksimum (%)	Rata-rata (%)	Simpangan Baku	p-value
50 Cm	62,571	80,319	72,072	6,245	0,000
60 Cm	80,167	88,130	84,376	3,094	
70 Cm	85,400	98,294	94,509	4,147	

Tabel diatas menunjukkan rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) terendah pada ketebalan media 50 Cm sebesar 72,072% dengan simpangan baku 6,245 dan tertinggi pada ketebalan 70 Cm sebesar 94,509% dengan nilai simpangan baku 4,147. Berdasarkan uji *Two Way Anova* tentang pengaruh ketebalan media filter terhadap penurunan kadar mangan pada air sumur menunjukkan p-value = 0,000 ($p < 0,05$), sehingga ada pengaruh yang signifikan ketebalan media filter terhadap persentase penurunan kadar mangan.

Berdasarkan uji lanjutan dengan menggunakan uji *Bonferroni* pada pasangan ketebalan media menunjukkan ada pengaruh yang bermakna pada semua pasangan ketebalan media terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur dengan p-value = 0,000 ($p < 0,05$).

Semakin tebal media filter yang digunakan maka rata-rata persentase penurunan kadar mangan akan semakin tinggi. Semakin tinggi ketebalan media filter yang digunakan, maka semakin tinggi juga penurunan kadar mangan (Mn) yang terjadi selama air mengalir melewati media filter, karena media yang semakin tinggi dapat memperluas zona adsorpsi, dimana permukaan pori-pori media filter akan semakin luas dan banyak menampung kadar Mn sehingga kadar Mn pada air sumur yang sudah melewati media akan berkurang⁽⁹⁾ ⁽¹²⁾. Ketebalan media filter karbon aktif dan ijuk yang digunakan pada penelitian ini dengan ketebalan 70 Cm merupakan ketebalan efektif untuk menurunkan kadar mangan (Mn) pada air sumur. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, dimana peningkatan rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur seiring dengan penambahan ketebalan media filter⁽¹³⁾.

6. Interaksi Lama Kontak dan Ketebalan Media Filter terhadap Persentase Penurunan Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Bor.

Berdasarkan hasil Uji *Two Way Anova* bahwa ada interaksi lama kontak dan ketebalan media terhadap persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur bor. Waktu kontak menunjukkan bahwa waktu kontak yang cukup diperlukan pada proses perpindahan oksigen dari udara ke dalam air⁽²⁾, dan diperlukan oleh karbon aktif untuk dapat mengadsorpsi mangan (Mn) secara

optimal⁽⁴⁾. Proses aerasi yang menggunakan waktu kontak yang semakin lama maka penurunan Mn akan semakin baik, karena pada proses aerasi terjadi pelepasan gas-gas yang mudah menguap seperti CO₂ dan penambahan gas O₂⁽⁴⁾⁽¹⁴⁾. Pada saat CO₂ berkurang kelarutan kadar mangan cukup besar karena reaksi Mn dengan oksigen akan semakin cepat dan nantinya akan membentuk partikulat-partikulat yang akan dipisahkan oleh unit filter. Pada ketebalan media filter yang semakin tebal akan mempunyai daya saring yang sangat tinggi dan membutuhkan waktu pengaliran yang lama, sehingga tebalnya media filter dapat menghambat kecepatan aliran air yang mengalir mengakibatkan terjadinya kontak antara air dengan media filter yang cukup lama dan cukup efektif, maka dalam menurunkan kadar mangan dalam air akan semakin baik⁽⁹⁾⁽¹²⁾. Jadi, semakin tebal karbon aktif dan ijuk serta semakin lamanya waktu kontak yang digunakan pada penelitian ini maka semakin tinggi pula penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur. Kondisi fisik air sesudah mendapatkan perlakuan yaitu tidak berbau (logam) dan air berwarna jernih.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- a. Kadar mangan (Mn) pada air sumur sebelum dilakukan aerasi dan filtrasi memiliki rata-rata sebesar 2,637 mg/L.
- b. Kadar mangan (Mn) pada air sumur sesudah dilakukan aerasi dan filtrasi berdasarkan lama kontak 5 menit, 10 menit, 15 menit dan ketebalan media 50 cm, 60 cm, 70 cm diperoleh rata-rata sebesar 0,639 mg/L. Nilai tersebut masih di atas Nilai Ambang Batas tetapi jika dilihat dari setiap perlakuan, ada perlakuan yang sudah di bawah Nilai Ambang Batas (NAB = 0,5 mg/L).
- c. Persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur sesudah dilakukan aerasi dan filtrasi berdasarkan lama kontak dan ketebalan media diperoleh rata-rata persentase sebesar 75,76%.
- d. Terdapat pengaruh signifikan lama kontak terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur dengan p-value = 0,000 (p < 0,05).

- e. Terdapat pengaruh signifikan ketebalan media filter terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur dengan p-value = 0,000 ($p < 0,05$).
- f. Terdapat interaksi lama kontak dan ketebalan media terhadap rata-rata persentase penurunan kadar mangan (Mn) pada air sumur dengan p-value 0,045 ($p < 0,05$).

2. Saran

Masyarakat dapat menerapkan sistem pengolahan air sederhana ini untuk skala rumah tangga menggunakan ketebalan media 70 cm dengan lama kontak 15 menit. Selain itu, perlu dilakukan sosialisasi dampak kandungan mangan pada air terhadap kesehatan serta perlu sosialisasi dan modifikasi alat tersebut.

Peneliti lain dapat menggunakan jenis media filter yang berbeda untuk menurunkan parameter lain dengan ketebalan media dan lama kontak yang lain sampai mencapai Nilai Ambang Batas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Notoatmodjo, Soekidjo. Ilmu Kesehatan Masyarakat (Prinsip-Prinsip Dasar). Jakarta : PT Rineka Cipta, Mei 2003. ISBN 979-518-677-9.
2. Joko, Tri. Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum. Yogyakarta : Graha Ilmu, 2010. 978-079-756-608-1.
3. Sanropie, D. Penyediaan Air Bersih. Jakarta : APK-TS, 1984.
4. Asmadi, Khayan dan Kasjono. Teknologi Pengolahan Air Minum. Yogyakarta : Gosyen Publishing, 2011.
5. [Online] [Dikutip: Selasa 10 April 2018.] <http://www.scribd.com/doc/46939290/Pence-Mar-An-Tanah-Dan-Air-Tanah-Pengaruh-Mangan-Dalam-Air-Tanah>.
6. Penggunaan Variasi Tray Pada Pengolahan Air Sumur Bor. Widarti, Budi Nining. Samarinda : INFO TEKNIK, Juli 2016, Vol. 17. 1258-2628-1-SM.
7. Huisman. Rapid sand Filtration. Delft-Netherlands : University of Technology, 1974.
8. Irianto, Ketut. Pengolahan Air. Denpasar : Universitas Warmadewa, 2015.
9. DeSilva, Francis J. [Online] January 2000. [Dikutip: Jumat 4 Mei 2018.] <https://www.wqpmag.com/exploring-multifunctional-nature-activated-carbon-filtration>.
10. Hassler, J.W. Purification With Activated Carbon: Industrial Commercial, Environmental. New York : Chemical Publishing Co. Inc., 1974.
11. Tapehe, Yusuf. Statistika dan Rancangan Percobaan . Jakarta : Buku Kedokteran EGC, 2015. ISBN 978-979-044-489-8.
12. Said, N.I. Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Peningkatan Kualitas Air. Jakarta : Pusat Teknologi Lingkungan, 1999.

13. Andryani, Bherta Eka. Pengaruh Kombinasi Ketebalan Filter Pasir dan Arang Tempurung Kelapa terhadap Penurunan Kadar Mangan (Mn) Air Sumur. Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta : 2013.
14. [Online] http://www.academia.edu/6331846/BAB_3_UNIT_AERASI.
15. Wardhana, Wisnu Arya. Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi). Yogyakarta : CV Andi Offset, 2004.
16. Totok Sutrisno, dkk. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta : PT Rineka Cipta, 2004. ISBN 979-518-213-7.

