

KEEFEKTIFAN KETEBALAN KOMBINASI ZEOLIT DENGAN ARANG AKTIF DALAM MENURUNKAN KADAR KESADAHAN AIR SUMUR DI KARANGTENGAH WERU KABUPATEN SUKOHARJO

Nana Ristiana, Dwi Astuti, Tri Puji Kurniawan

Program Studi Kesehatan Masyarakat

Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta

(Riestyana@ymail.com, dwiast_gun@yahoo.com, tripujiisip@gmail.com)

Abstract

Based on the initial survey of the well water in Karangtengah village, the number hardness was 527 mg/l. The objective of this research is to know the influence of many kinds of thickness combination with active charcoal in decreasing the well water hardness degree in Desa Karangtengah Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo. This research is the experiment with pretest posttest only with control group design. Thickness filter combination used in this research to reduce the hardness to well water thickness is 60 cm, 70 cm, and 80 cm with each three times replay. The number of sample are 13 samples. The result of this research shows that there is no differences between the temperature and pH before and after the thickness filter media treatment zeolite and active charcoal. The degree of hardness before the treatment is 557,14 mg/l. Counted the value of the thickness turn on 60cm is 71.54%, the 70cm thickness about 94,36%, on 80cm thickness is about 92,3%. The test result of one way anova shows the significancy value $0,00 < 0,01$ so there is significant influence on the decrease of hardness degree.

Keywords : hardness, zeolit, active charcoal

PENDAHULUAN

Air sehat harus memenuhi beberapa persyaratan supaya aman dikonsumsi dan tidak menyebabkan penyakit. Persyaratan air sehat yaitu persyaratan fisik, persyaratan biologis dan persyaratan kimia. Salah satu persyaratan kimia yang dapat merugikan dan membahayakan kesehatan manusia adalah kesadahan (Suripin, 2006). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan

Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar maksimum kesadahan yang diperbolehkan adalah 500 mg/l. Hasil pemeriksaan sampel di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan (BBTKL) sampel berasal dari Desa Karangtengah RT 04 RW 04 Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo sebesar 527 mg/l, kadar kesadahan air sumur

di daerah tersebut melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan.

Berdasarkan masalah yang telah dipaparkan, maka perlu dilakukan penelitian keefektifan kombinasi media filter zeolit dan arang aktif tempurung kelapa dengan perbandingan 1:1 dan ketebalan media filter 60 cm, 70 cm dan 80 cm dalam menurunkan kadar kesadahan air sumur dangkal di Desa Karangtengah Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo.

Kesadahan merupakan sifat air yang mengandung ion-ion logam valensi dua dan ion penyebab utama kesadahan Ca dan Mg. Kesadahan berasal dari kontak terhadap tanah dan pembentukan batuan. Air sadah banyak dijumpai pada daerah yang lapisan tanah atas tebal dan ada pembentukan batu kapur (Sutrisna *et al*, 2006).

Untuk mendapatkan air minum yang bersih dan sehat harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu :

1. Syarat fisik meliputi suhu, warna, bau, rasa, dan kekeruhan. Suhu air yang normal sebaiknya sejuk atau

tidak panas, supaya tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran air atau pipa yang dapat membahayakan kesehatan. Air minum seharusnya tidak berwarna untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Air minum yang berbau selain tidak estetik juga tidak dapat diterima masyarakat. Air yang berasa dapat menunjukkan keberadaan zat yang dapat membahayakan kesehatan. Kekeruhan air disebabkan masih banyak terdapat zat padat yang tersuspensi, baik zat organik maupun zat anorganik. Air yang keruh akan memberi perlindungan pada kuman.

2. Syarat bakteriologis

Air yang dikonsumsi manusia harus bebas dari segala virus, bakteri patogen. Untuk mengetahui kualitas air secara biologi air tersebut harus diperiksa, jika hasil pemeriksaan air tersebut terdapat kurang dari empat

bakteri *E. coli* maka air tersebut memenuhi persyaratan kesehatan.

3. Syarat kimia

Air yang dikonsumsi harus mengandung zat-zat tertentu dalam jumlah tertentu pula. Kekurangan atau kelebihan salah satu zat kimia di dalam air dapat menimbulkan gangguan fisiologis pada manusia. Terutama kandungan zat kimia yang berbahaya akan menyebabkan penyakit yang serius. Berikut adalah beberapa persyaratan kimia yang sangat penting terhadap kesehatan manusia : (a) Derajat keasaman (pH) yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 8,5 menyebabkan rasa tidak enak dan beberapa bahan kimia berubah menjadi racun yang mengganggu kesehatan; (b) Zat organik sebagai KMnO_4 yang berlebihan menimbulkan bau yang tidak sedap dan menyebabkan sakit perut; (c) Kesadahan total di atas 300 mg/l bila dikonsumsi terus menerus akan merusak ginjal

manusia; (d) Besi (Fe) dengan dosis berlebihan akan merusak dinding usus; (e) Mangan (Mn) dengan dosis tinggi akan menimbulkan rasa dan bersifat toksik; (f) Tembaga (Cu) pada kadar yang lebih besar dari 1 mg/l akan menyebabkan gejala ginjal, muntaber, pusing, dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati; (g) Seng (Zn) pada air minum dengan kadar > 3 mg/l dapat menyebabkan muntaber; (h) Logam-logam berat (Pb, As, Se, Cd, Hg, CN) pada air minum akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, metabolisme oksigen, dan kanker (Waluyo, 2009).

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh ion-ion logam bervalensi 2 dan terutama ion kalsium dan magnesium. Ion kalsium dan magnesium terlarut dari batuan kapur. Dampak yang ditimbulkan dari kadar kesadahan yang tinggi adalah meningkatkan pemakaian sabun, tertutupnya pori-pori kulit, merubah warna porselin dan

dapat membahayakan bagi kesehatan manusia (Joko, 2010).

Air yang mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi menyebabkan timbulnya kerak pada peralatan masak, menimbulkan endapan berwarna putih, menyebabkan sabun kurang membusa sehingga meningkatkan konsumsi sabun, menimbulkan korosi pada peralatan yang terbuat dari besi. Menurut WHO air yang tingkat kesadahan tinggi akan menimbulkan dampak terhadap kesehatan yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular disease*) dan batu ginjal (*urolithiasis*). Penyumbatan pipa logam karena endapan CaCO_3 , menyebabkan pengerakan pada peralatan logam untuk memasak sehingga penggunaan energi menjadi boros.

Berikut adalah metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan kesadahan pada air yang pertama pemasakan atau pemanasan yaitu pemasakan air menyebabkan terlepasnya atau dikeluarkannya karbondioksida

dari dalam air dan membentuk endapan CaCO_3 yang tidak larut. Yang kedua penambahan kapur soda (metode Clark) yaitu penambahan kapur soda pada air yang mempunyai sifat kesadahan sementara dapat mengabsorpsi karbondioksida dan mengendapkan CaCO_3 yang tidak larut. Dengan cara memasukkan kapur soda seberat satu ons ke dalam setiap 700 galon air untuk setiap derajat kesadahan. Yang ketiga penambahan natrium karbonat yaitu penambahan natrium karbonat digunakan untuk menghilangkan kesadahan sementara. Yang ketiga proses pertukaran basa (*ion exchange*) yaitu dalam melakukan pelunakan persediaan air ukuran besar, digunakan proses permutit. Natrium permutit merupakan persenyawaan kompleks natrium, aluminium, dan silika. Pada proses permutit akan terjadi proses pertukaran kation natrium dengan ion Ca dan Mg di dalam air. Semua ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan dilepas melalui reaksi pertukaran basa dan natrium permutit yang

akhirnya akan menjadi Ca dan Mg permutit. Dengan demikian air sadah dapat dilunakan sampai tingkat kesadahan nol (Mubarak *et al*, 2009).

Zeolit memiliki muatan negatif karena keberadaan atom aluminium di dalamnya. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit dapat mengikat kation-kation pada air, Fe, Al, Ca dan Mg yang umumnya terdapat pada air tanah. Dengan mengalirkan air baku pada filter zeolit, kation akan diikat oleh zeolit yang memiliki muatan negatif. Selain itu zeolit juga mudah melepaskan kation dan digantikan dengan kation lainnya, misalnya zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Dengan demikian, zeolit berfungsi sebagai *ion exchanger* dan adsorben dalam pengolahan air (Kusnaedi, 2010).

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian arang aktif mempunyai daya serap yang dapat menghilangkan partikel-partikel dalam air dan

menurunkan tingkat kesadahan. Arang aktif sangat efektif dalam menyerap zat terlarut dalam air baik organik maupun anorganik karena mempunyai luas permukaan yang sangat luas. Arang aktif tempurung kelapa mempunyai daya serap jauh lebih besar daripada arang aktif jenis yang lain. Cara mengaktifkan karbon adalah memakai gas pengoksidasi seperti udara *steam* atau CO₂ dan karbonasi bahan baku dengan memakai *chemical agent*, seperti seng klorida atau *phosphoric acid* (Kusnaedi, 2010). Ada tiga jenis arang aktif yang terbuat dari tempurung kelapa yang dijual di pasaran, yaitu : (1) Serbuk yaitu arang aktif berbentuk serbuk mempunyai ukuran lebih kecil dari 0,18 mm. Arang aktif jenis ini dimanfaatkan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, terutama untuk pemurnian *monosodium glutamaet*, bahan tambahan makanan, penghilang warna asam furan, pengolahan pemurnian jus buah, penghalus gula, pemurnian asam sitrat, asam tartarat, pemurnian glukosa, dan pengolahan zat

warna kadar tinggi; (2) Granula yaitu arang aktif berbentuk granula atau tidak beraturan yang berukuran 0,2-5 mm. Arang aktif jenis ini digunakan dalam pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurnian pelarut dan penghilang bau busuk; (3) Pelet merupakan arang aktif berbentuk pelet dengan ukuran 0,8-5 mm. Digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran, dan pengontrol emisi pada gas buang (Kusnaedi, 2010).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan rancangan *pretest posttest* dengan kelompok kontrol (*pretest-posttest only with control group design*). Dalam rancangan ini dilakukan pengelompokan anggota kelompok kontrol dan kelompok eksperimen berdasarkan acak. Kemudian dilakukan *pretest* pada kedua kelompok dan diikuti perlakuan pada kelompok eksperimen. Setelah itu dilakukan *posttest* pada kedua

kelompok tersebut (Notoatmodjo, 2010).

Populasi dalam penelitian ini adalah 28 air sumur gali yang berada di wilayah Desa Karangtengah RT 04 RW 04 Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo. Sampel dalam penelitian ini adalah air sumur gali dari rumah Nuryani di RT 04 RW 04 dan teknik pengambilan sampel dengan cara *simple random sampling*. Dalam penelitian ini banyaknya perlakuan adalah tiga dengan pengulangan tiga kali. Jumlah sampel air sumur gali yang diperlukan adalah 20 l untuk perlakuan dan pengulangan.

Penelitian ini telah dilaksanakan di Desa Karangtengah RT 04 RW 04 Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo dan tempat penelitian berada di rumah Sdri Nuryani. Sedangkan pemeriksaan parameter kesadahan, suhu, pH dari hasil filtrasi dilaksanakan di laboratorium Kimia Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta yang dilaksanakan pada tanggal 22 Agustus 2011. Hasil dari

pemeriksaan parameter kesadahan kemudian di analisis menggunakan uji statistik anova satu jalur dengan SPSS 17.

berdekatan karena Desa Karangtengah sudah padat penduduk. Jumlah sumur gali di Desa Karangtengah sebanyak 28 buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum

Desa Karangtengah Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo terletak di kaki perunungan kapur. Desa Karangtengah RT 04 RW 04 terdiri dari 49 kepala keluarga, jarak rumah satu dengan yang lainnya saling

2. Hasil pemeriksaan suhu dan pH

Hasil pengukuran suhu dan pH pada sampel sebelum dan sesudah perlakuan dengan kombinasi media filter zeolit dan arang aktif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Suhu dan pH

| Ketebalan media filter | Ulangan | Pengukuran | | Kepmenkes RI No. 492/ Menkes/ Per/IV/ 2010 | |
|------------------------|---------|-------------------|----|--|---------|
| | | Suhu | pH | Suhu | pH |
| Sebelum | 1 | 27 ⁰ C | 7 | 24 ⁰ C-30 ⁰ C | 6,5-8,5 |
| | 1 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| Kontrol | 2 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 3 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| 60 cm | 1 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 2 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 3 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| 70 cm | 1 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 2 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 3 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| 80 cm | 1 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 2 | 27 ⁰ C | 7 | | |
| | 3 | 27 ⁰ C | 7 | | |

Salah satu persyaratan fisik air yang perlu diperhatikan adalah suhu. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah

thermometer. Pengukuran dilakukan pada satu sampel sebelum, tiga sebagai sampel kontrol dan sembilan pada sampel sesudah melewati

media filter zeolit dan arang aktif.

Menurut Mubarak *et al* (2009), kesadahan sementara dapat diturunkan atau dihilangkan melalui proses pemanasan sehingga dapat diartikan bahwa suhu mempengaruhi proses penurunan kesadahan pada air. Dari hasil pengukuran suhu yang didapatkan, menunjukkan bahwa suhu pengolahan air tersebut tidak mengalami perubahan yaitu 27°C. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan air sadah tidak mempengaruhi suhu air, dan suhu air dari pengolahan tersebut adalah normal.

Pemeriksaan pH dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Ilmu Kesehatan dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran pH dilakukan pada satu sampel sebelum pengolahan, 12 sampel diambil dari kontrol dan sesudah melewati media filter zeolit dan arang aktif. Menurut Sumestri dan

Alaerts (2007), bahwa pH yang tinggi dapat menyebabkan ion-ion kesadahan menjadi mengendap, sebagai $Mg(OH)_2$ dan $CaCO_3$. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa pH sebelum dan sesudah melewati media zeolit dan arang aktif tidak mengalami perubahan yaitu pH sebesar 7. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tidak mempengaruhi pH air.

Berdasarkan Kepmenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010 nilai pH yang diperbolehkan untuk air minum adalah 6,5-8,5. Menurut Waluyo (2009), pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 8,5 menyebabkan rasa tidak enak pada air dan beberapa bahan kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan.

3. Hasil pemeriksaan kesadahan

Pengukuran kadar kesadahan pada media filter zeolit dan arang aktif dengan ketebalan 60 cm, 70 cm dan 80 cm. Pemeriksaan kadar

kesadahan dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta dan didapatkan hasil pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan kadar kesadahan

| Pengulangan | Kadar kesadahan (mg/l) | | | | | Kepmenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 |
|-------------|------------------------|---------|--------|-------|-------|---|
| | Sebelum | Sesudah | | | | |
| | | Kontrol | 60 cm | 70 cm | 80 cm | |
| 1 | 557,14 | 555,71 | 150 | 28,57 | 41,43 | 500 |
| 2 | 557,14 | 555,71 | 157,14 | 34,29 | 44,29 | |
| 3 | 557,14 | 554,28 | 168,57 | 31,43 | 42,86 | |
| Rata-rata | 557,14 | 555,23 | 158,57 | 31,43 | 42,86 | |

Pengukuran kadar kesadahan dilakukan di Laboratorium Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta pada tanggal 22 Agustus 2011 dengan menggunakan metode EDTA. Pengukuran kadar kesadahan dari masing-masing ketebalan kombinasi zeolit dengan arang aktif yaitu 60 cm, 70 cm dan 80 cm dengan ulangan 3 kali dengan perbandingan media filter 1:1. Dalam

penelitian ini menggunakan media filter zeolit dan arang aktif karena sifat dari masing-masing media dapat menurunkan kadar kesadahan air. Zeolit mempunyai sifat sebagai *ion exchange*, dengan mengalirkan air sampel pada filter zeeolit akan melepaskan natrium dan digantikan dengan mengikat Ca dan Mg. Arang aktif mempunyai kemampuan menyerap ion Ca dan Mg yang

menyebabkan kesadahan pada air. Media filter yang digunakan dalam penelitian ini berukuran kasar.

Berdasarkan hasil pengukuran kadar kesadahan di Desa Karangtengah RT 04 RW 04, diketahui bahwa kadar kesadahan melebihi nilai ambang batas yaitu sebesar 557,14 mg/l. Setelah air sampel disaring melalui kombinasi media filter zeolit dengan arang aktif dengan ketebalan 60 cm, 70 cm, dan 80 cm, didapatkan hasil yang paling efektif pada ketebalan 70 cm yaitu sebesar 94,36%. Efektivitas pengolahan yang paling rendah pada ketebalan media filter 60 cm yaitu sebesar 71,54%. Sedangkan tingkat efektivitas pada ketebalan 80 cm sebesar 92,3%. Berdasarkan KEPMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar maksimum kesadahan yang diperbolehkan adalah 500 mg/l, dengan demikian hasil dari pengolahan dengan

ketebalan 60 cm, 70 cm dan 80 cm dapat menurunkan kadar kesadahan pada air sumur. Tetapi yang paling efektif menurunkan kadar kesadahan pada ketebalan 70 cm.

Dilakukan uji anova satu jalur untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan kombinasi zeolit dengan arang aktif terhadap penurunan kadar kesadahan air sumur. Hasil anova menunjukkan nilai F adalah 10823,294 dengan signifikansi 0,00 < 0,01 sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima yang artinya penggunaan ketebalan kombinasi zeolit dengan arang aktif sebagai media filter air menunjukkan ada pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar kesadahan air sumur gali. Kadar kesadahan pada kontrol atau tanpa menggunakan media dengan perlakuan media filter dengan ketebalan 60 cm ada beda secara signifikan ($\text{sig} = 0,000$) karena $\text{sig} < 0,01$

dengan rata-rata perbedaan 396,663 dapat diartikan bahwa penurunan kadar kesadahan lebih tinggi dengan ketebalan 60 cm daripada kontrol. Selain itu, kadar kesadahan pada ketebalan media filter 70 cm dengan ketebalan media filter 80 cm ada beda secara signifikan ($\text{sig} = 0,062$) karena $\text{sig} > 0,01$ dengan rata-rata - 11,430 hal ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara penurunan kadar kesadahan pada ketebalan 70 cm dan 80 cm. Pada penelitian ini ketebalan yang paling efektif dalam menurunkan kesadahan adalah ketebalan 70 cm. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Abidin (2009) yang menyatakan bahwa ketebalan yang paling efektif menurunkan kadar kesadahan adalah ketebalan 70 cm. Karena pada ketebalan 80 cm zeolit dan arang aktif tidak mampu lagi menurunkan kadar kesadahan lebih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kadar kesadahan air sumur di Desa Karangtengah RT 04 RW 04 Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo sebelum dilakukan perlakuan menggunakan kombinasi media filter zeolit dan arang aktif adalah 557,14 mg/l ini berarti bahwa kadar kesadahan di Desa Karangtengah melebihi nilai ambang batas yang telah ditentukan. Kadar kesadahan air sumur gali setelah dilakukan perlakuan dengan kombinasi media filter dengan ketebalan 60 cm rata-rata 158,57 mg/l, ketebalan 70 cm rata-rata penurunannya 31,43 mg/l, ketebalan 80 cm rata-rata penurunan kadar kesadahan 42,86 mg/l. Kombinasi ketebalan media filter zeolit dan arang aktif yang paling efektif dalam menurunkan kadar kesadahan air sumur gali adalah 70 cm, efektivitas penurunan kadar kesadahan sebesar 94,36%.

Saran

Disarankan Bagi masyarakat Desa Karangtengah RT 04 RW 04 Kecamatan Weru Kabupaten Sukoharjo yang menggunakan air sumur gali sebagai sumber air bersih dan air minum disarankan sebaiknya melakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu alternatif pengolahannya yaitu dengan

menggunakan filtrasi dengan zeolit dan arang aktif dengan ketebalan media filter 70cm. Bagi peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian waktu tinggal air di dalam media filter zeolit dan arang aktif. Perlu dilakukan penelitian ketebalan salah satu media filter zeolit atau arang aktif dalam menurunkan kadar kesadahan pada air sumur.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2009. Pengaruh Ketebalan Kombinasi Filter Zeolit dengan Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artetis Di Sendangguwo, Tembalang, Kota Semarang. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang
- Alaerts, G., Sri S. 2007. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Depkes RI. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Jakarta
- Joko, T. 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Kusnaedi. 2010. *Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Mubarak., Chayatin. 2009. *Ilmu Kesehatan Masyarakat Teori dan Amplikasi*. Jakarta: Salemba Medika.
- Notoatmodjo, S. 2010. *Metode Penelitian Kesehatan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Suripin, 2006. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Andi.
- Sutrisno T., Eni, S. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. Malang: UMM Press.