

Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali

Silviana Dwi Kurniawati*, Herman Santjoko**, Achmad Husein**

*JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl.Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, Sleman, DIY 55293
email: silvidwi29@gmail.com

**JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Abstract

Water is the principal component for living things. People of Bantul Krajan Village of Bantul Regency use water well as the main source of clean water supply. Problems that often faced by them is the high levels of iron and manganese in the water that decrease the physical quality, because of turbidity, and putrid smells. The purpose of this research was to know the reduction of iron (Fe), manganese (Mn) concentration and turbidity in the dug well water by applying simple water treatment by the benefit of volcanic sand as media filtration This research was an experiment with pre-test post-test with control group design in five repetitions. The data were analysed descriptively, and analytically by using the paired t-test of SPSS 16.0 for Windows at 5 % level of significance. The results show that the simple water treatment is able to reduce Fe as much as 1,34 mg/l, Mn of 0,6 mg/l and turbidity of 11,51 NTU, and based on statistical test those reductions are significant (the corresponding p-values are < 0,05). Therefore, it is known that to remove iron, manganese and turbidity in the form of organic and colloid compounds, a simple water treatment, i.e. coagulation which is followed by filtration process using volcanic sand as the medium, because it is porous, easy to get and cheap, can be implemented.

Keywords : well water, iron, manganese, turbidity, simple treatment, volcanic sand

Intisari

Air merupakan komponen utama bagi kehidupan makhluk hidup. Masyarakat di Pedukuhan Bantul Krajan, Desa Bantul, Kecamatan Bantul, memanfaatkan sumur sebagai sumber utama penyediaan air bersih. Masalah yang sering dihadapi adalah tingginya kadar besi dan mangan di dalam air yang menyebabkan kualitas fisik air menurun, air menjadi keruh dan berbau amis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kandungan besi (Fe), mangan (Mn) dan kekeruhan pada air sumur gali di atas dengan melakukan pengolahan air sederhana memanfaatkan pasir vulkanik sebagai media filtrasi. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan desain pre-test post-test with control group, dengan lima kali ulangan. Data penelitian dianalisis secara deskriptif, dan secara analitik dengan uji t terikat dengan program SPSS 16.0 for Windows pada derajat signifikansi 5 %.. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan air sederhana yang dilakukan mampu menurunkan kandungan Fe sebesar 1,34 mg/l, kandungan Mn sebesar 0,6 mg/l dan penurunan kekeruhan sebesar 11,51 NTU. Berdasarkan analisis statistik penurunan tersebut terbukti bermakna (nilai $p < 0,05$). Dengan demikian diketahui bahwa untuk menghilangkan zat besi, mangan dan kekeruhan yang berbentuk senyawa organik dan koloid cukup dilakukan pengolahan air sederhana berupa koagulasi dan dilanjutkan dengan proses filtrasi menggunakan media pasir vulkanik yang memiliki sifat porous, mudah diperoleh dan harganya relatif murah.

Kata Kunci : air sumur, besi, mangan, kekeruhan, pengolahan sederhana, pasir vulkanik

PENDAHULUAN

Jaringan hidup air merupakan media untuk berbagai reaksi dan proses ekskresi. Air merupakan komponen utama, baik dalam tanaman maupun hewan termasuk manusia. Tubuh manusia terdiri dari 60-70 % air. Transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya dalam

bentuk larutan dengan pelarut air. Oleh karena itu, kehidupan ini tidak mungkin dapat dipertahankan tanpa air¹⁾.

Sebagian besar keperluan air sehari-hari berasal dari sumber air tanah dan sungai, air yang berasal dari PDAM (air ledeng) juga bahan bakunya berasal dari sungai, oleh karena itu kuantitas dan kualitas air yang sesuai dengan ke-

butuhan manusia merupakan faktor penting yang menentukan kesehatan hidupnya¹⁾.

Sumur merupakan sumber utama persediaan air bersih bagi penduduk yang tinggal di daerah pedesaan maupun perkotaan Indonesia²⁾. Masalah yang sering dihadapi oleh masyarakat yaitu tingginya kadar besi dan mangan, keberadaan zat besi dan mangan di dalam air menyebabkan kualitas fisik air menurun, air menjadi keruh dan berbau amis.

Zat besi dan mangan yang terlarut di dalam air umumnya dalam bentuk valensi dua. Keduanya juga sering berada dalam keadaan senyawa dengan zat organik kompleks yang lebih sulit untuk dioksidasi dibanding dengan zat besi atau mangan yang bersenyawa dengan zat organik biasa³⁾.

Menurut Permenkes No.416/ Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih, nilai ambang batas kadar Fe dalam air bersih adalah 1,0 mg /l, kadar Mn sebesar 0,5 mg/l dan untuk kadar maksimum yang diperbolehkan untuk parameter kekeruhan adalah 25 NTU.

Air yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus, hal ini dapat menyebabkan kematian. Selain itu kadar Fe yang melebihi ambang batas akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit⁴⁾.

Mangan (Mn) sebenarnya merupakan mikronutrien esensial bagi semua makhluk hidup, namun dalam dosis yang tinggi mangan dapat mengakibatkan toksisitas pada sistem syaraf pusat.

Kekeruhan disebabkan oleh adanya zat tersuspensi, seperti lempung, lumpur, zat organik, plankton dan zat-zat halus lainnya. Kekeruhan menggambarkan sifat optis dari air, berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya sistem osmoregulasi, misalnya pernapasan dan daya lihat organisme akuatik, serta dapat menghambat penetrasi cahaya di da-

lam air. Tingginya nilai kekeruhan juga dapat mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi efektifitas desinfeksi pada proses penjernihan air⁵⁾.

Karakteristik kandungan Fe dalam air dapat digolongkan menjadi kadar Fe terlarut, tersuspensi atau koloid. Kandungan Fe yang tinggi disertai juga dengan tingginya kandungan Mn terlarut dalam air sehingga menyebabkan air menjadi keruh. Hal tersebut dapat dipengaruhi berbagai kemungkinan di antaranya karena proses degradasi bahan-bahan organik baik dari proses pelapukan sampah maupun limbah cair industri. Unsur pencemaran tersebut meresap ke dalam tanah dan mencemari tanah.

Seperti diketahui, air mempunyai kemampuan untuk melarutkan bahan-bahan padat, sehingga air yang ada di alam akan mengandung mineral dan zat-zat lain dalam larutan yang diperbolehkan dari media yang dilaluinya⁶⁾.

Ada beberapa cara untuk menghilangkan zat besi dan mangan dalam air, yakni dengan cara oksidasi, cara koagulasi, cara elektrolit, cara penukar ion, cara filtrasi kontak, proses *soda lime* dan pengolahan dengan bakteri besi. Cara pengolahan harus disesuaikan dengan bentuk senyawa besi dan mangan dalam air yang akan diolah⁷⁾.

Untuk menghilangkan zat besi dan mangan yang berbentuk senyawa organik dan koloid perlu dilakukan koagulasi dengan membubuhkan bahan koagulan. Dengan pembubuhan koagulan tersebut, koloid dalam air menjadi bergabung dan membentuk gumpalan (*flock*) kemudian mengendap. Setelah koloid senyawa besi dan mangan mengendap, kemudian air disaring dengan saringan pasir cepat atau saringan pasir lambat.

Pasir memiliki kualitas bagus sebagai media filtrasi karena sifatnya yang berupa butiran bebas yang porous, berdegradasi dan *uniformity*. Daerah Yogyakarta terdapat banyak pasir vulkanis yang merupakan jatuhnya piroklastik berupa hujan abu/pasir vulkanik yang terjadi pada saat letusan gunung berapi dan menyebar ke segala arah sesuai dengan arah hembusan angin. Pasir vulkanis memiliki kemampuan menyaring

bahan kotoran dan partikel kecil yang ada di dalam air karena butiran pasir mempunyai pori-pori (ruang antar pasir) yang cukup kecil, dengan demikian partikel-partikel yang mempunyai ukuran lebih besar dapat tertahan. Selain itu, material ini mudah diperoleh dan harganya relatif murah.

Untuk mengatasi masalah kualitas air karena kadar Fe dan Mn tersebut, peneliti mencoba suatu alternatif untuk memperbaiki kualitas air sumur gali dengan penyaringan menggunakan media filter berupa pasir vulkanik yang di tempatkan dalam satu alat filtrasi.

METODA

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan tujuan untuk mengetahui penurunan kandungan besi (Fe), mangan (Mn) dan kekeruhan pada air sumur gali dengan pengolahan air sederhana dan memanfaatkan pasir vulkanik sebagai media filtrasi Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Mei 2017 di Dusun Bantul Krajan, Bantul, Yogyakarta.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air sumur gali milik Bapak Suradi sebanyak 120 liter untuk lima kali pengulangan. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sampling*.

Alat yang digunakan adalah sebuah rangkaian filtrasi sistem *up-flow* dengan media filtrasi pasir vulkanik dan media penyangga berupa kerikil. Instrumen yang digunakan adalah *test kit* untuk Fe, *test kit* untuk Mn, turbidimeter dan *jar-test*. Sampel diambil dari masing-masing tabung filtrasi.

Data penelitian dianalisis secara deskriptif dan statistik. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan hasil penelitian sedangkan analisis statistik dengan t-tes terikat digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, atau apakah ada perbedaan yang bermakna antara pemeriksaan *pre-test* dan *post-test*. Uji statistik tersebut menggunakan program komputer SPSS 16 *for windows* dengan taraf signifikansi 5 %.

HASIL

Pemeriksaan Kadar Fe

Hasil penurunan Kadar Fe yang dihasilkan dari pengolahan air sederhana menggunakan media pasir vulkanik dari lima kali ulangan adalah sebagai berikut.

Tabel 1.
Hasil pengukuran kadar Fe pada kelompok perlakuan

Ulangan ke	Kadar Fe (mg/l)		Selisih (mg/l)	% Penurunan
	Pre-test	Post-test		
1	1,6	0,1	1,5	93,75
2	1,2	0,0	1,2	100,0
3	1,2	0,0	1,2	100,0
4	1,6	0,0	1,6	100,0
5	1,2	0,0	1,2	100,0
Jumlah	6,8	0,1	6,7	493,75
Rerata	1,36	0,02	1,34	98,5

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan rata-rata kadar Fe antara sebelum dan sesudah perlakuan, yaitu turun dari 1,36 mg/l menjadi 0,02 mg/l atau 98,5 %. Rata-rata penurunan kadar Fe ini sudah sesuai dengan Permenkes RI No.416/Menkes/Per/IX/ /1990 tentang Kualitas Air Bersih, bahwa baku mutu untuk Fe adalah 1 mg/l.

Data tersebut ketika diuji dengan t-tes terikat diperoleh nilai-p < 0,001; dengan demikian perbedaan kadar Fe antara sebelum dan sesudah perlakuan, memang signifikan.

Pemeriksaan Kadar Mn

Hasil penurunan Kadar Mn yang dihasilkan dari pengolahan air sederhana menggunakan media pasir vulkanik dalam lima kali ulangan adalah sebagaimana pada Tabel 2. Terlihat bahwa rerata kadar Mn antara sebelum dan sesudah perlakuan mengalami penurunan, yaitu dari 0,62 mg/l menjadi 0,02 mg/l atau turun 96 %. Rata-rata penurunan kadar Mn tersebut sudah sesuai dengan Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/ 1990 tentang Kualitas Air Bersih bahwa baku mutu untuk Mn adalah 0,5 mg/l.

Uji statistik terhadap data tersebut dengan t-test terikat menghasilkan nilai-p sebesar 0,01; yang berarti bahwa perbedaan tersebut signifikan, atau ada penurunan kadar Mn yang bermakna dengan filtrasi yang digunakan.

Tabel 2.
Hasil pengukuran kadar Mn pada kelompok perlakuan

Ulangan ke	Kadar Mn (mg/l)		Selisih (mg/l)	% Penurunan
	Pre-test	Post-test		
1	0,5	0,1	0,4	80,0
2	0,7	0,0	0,7	100,0
3	0,7	0,0	0,7	100,0
4	0,5	0,0	0,5	100,0
5	0,7	0,0	0,7	100,0
Jumlah	3,1	0,1	3,0	480,0
Rerata	0,62	0,02	0,6	96,0

Pemeriksaan Kadar Kekeruhan

Hasil penurunan kadar kekeruhan yang dihasilkan dari pengolahan air sederhana menggunakan media pasir vulkanik dari lima kali ulangan adalah sebagaimana pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3.
Hasil pengukuran kadar kekeruhan pada kelompok perlakuan

Ulangan ke	Kadar kekeruhan (NTU)		Selisih (mg/l)	% Penurunan
	Pre-test	Post-test		
1	12,53	0,83	11,70	93,38
2	12,23	0,84	11,39	93,13
3	12,43	1,27	11,16	89,78
4	12,83	0,87	11,96	93,22
5	12,74	1,38	11,36	89,17
Jumlah	62,76	5,19	57,57	458,7
Rerata	12,55	1,04	11,51	91,73

Terlihat bahwa terdapat perbedaan rata-rata kadar kekeruhan antara sebelum dan sesudah perlakuan, yaitu turun dari 12,55 NTU menjadi 1,04 NTU atau 91,73 %. Rata-rata kadar kekeruh-

an setelah perlakuan tersebut sudah sesuai dengan Permenkes RI yang sama di atas dimana baku mutu untuk kekeruhan adalah sebesar 25 NTU.

Uji t-test terikat terhadap data tersebut menghasilkan nilai-p < 0,001; sehingga dengan demikian perbedaan kadar kekeruhan anatara sebelum dan sesudah perlakuan memang signifikan.

PEMBAHASAN

Kekeruhan di air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik, serta juga dapat mewakili warna³⁾. Air dapat dikatakan keruh apabila mengandung banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor¹¹⁾. Selain itu, adanya partikel-partikel halus $Fe(OH)_3 \cdot n H_2O$ di dalam air juga sukar mengendap dan senyawa koloid menyebabkan air menjadi keruh.

Zat besi dan mangan banyak terdapat dalam air tanah dan pada umumnya berada dalam bentuk senyawa valensi 2 atau dalam bentuk ion Fe^{2+} dan Mn^{2+} . Lain halnya jika besi dan mangan tersebut berada dalam air dalam bentuk senyawa organik dan koloid, misal ber-senyawa dengan zat warna organik atau asam humus³⁾. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh proses degradasi bahan-bahan organik maupun limbah industri yang ada di wilayah tersebut⁸⁾, sehingga dampaknya berpotensi mencemari sumber air sumur gali yang ada di permukiman tersebut. Keadaan yang demikian susah dihilangkan baik dengan cara aerasi, penambahan *chlorine* maupun dengan penambahan kalium permanganat.

Air yang terkontaminasi Fe apabila dikonsumsi terus menerus dimungkinkan terjadi akumulasi logam di dalam tubuh yang menyebabkan keracunan, dimana terjadi muntah, kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, *cardiomyopathies*, sirosis ginjal, hepatitis, mudah emosi, hiperaktif, hipertensi, infeksi, insomnia, sakit liver, *myasthenia gravis*, muntah, mudah gelisah dan iritasi, parkinson, rematik, skizoprenia, *sickle-cell anemia*, *strabismus*, sam-

pai dengan gangguan penyerapan vitamin dan mineral, serta hemokromatis⁹⁾.

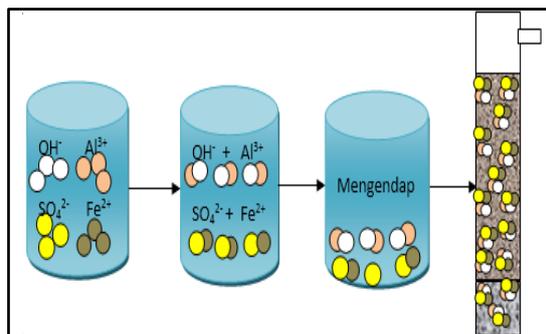
Di dalam tubuh manusia, mangan dalam jumlah yang kecil tidak menimbulkan gangguan kesehatan, tetapi dalam jumlah yang besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Umumnya dalam keadaan kronis menimbulkan gangguan sistem syaraf dan menampilkan gejala seperti penyakit parkinson³⁾.

Untuk menghilangkan zat besi dan mangan yang berbentuk senyawa organik dan koloid cukup dilakukan pengolahan air sederhana yaitu koagulasi dengan membubuhkan bahan koagulan, seperti aluminium sulfat, $Al_2(SO_4) \cdot nH_2O$ ke dalam air yang mengandung koloid³⁾.

Setelah proses koagulasi, dilanjutkan dengan proses filtrasi, yaitu penyaringan partikel secara fisik, kimia, dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak terendapkan di sedimentasi melalui media berpori. Filtrasi diperlukan untuk menyempurnakan penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, rasa, bau dan besi³⁾.

Skema pengolahan air sederhana bisa dilihat pada Gambar 1 di bawah ini :

Gambar 1.
Pengolahan air sederhana



Koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel di dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia koagulan.

Akibat pengadukan cepat tersebut, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan ne-

gatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (OH^-) dan antara ion positif dari partikel (Fe^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (SO_4^{2-}) yang menyebabkan terbentuknya inti flok atau presipitat¹⁰⁾.

Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu pembentukan flok serta penggabungan inti flok menjadi flok yang berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok¹⁰⁾. Setelah flok terendapkan selanjutnya dilakukan proses filtrasi menggunakan pasir. Pada penelitian ini, dengan ketebalan media kerikil yang digunakan setebal 10 cm, pasir setebal 80 cm dengan waktu kontak 30 menit, hasilnya air sampel terlihat jernih.

Pasir dapat digunakan sebagai media penyaring karena bersifat porous, mempunyai ukuran atau diameter dan tingkat keseragaman serta kandungan silika yang dapat dijadikan sebagai bahan adsorben.

Pasir juga memiliki kemampuan memisahkan flok-flok yang belum sempat mengendap sehingga kadar Fe dan Mn menjadi turun³⁾, demikian juga dengan kekeruhan. Penurunan kadar kekeruhan yang terjadi pada kelompok eksperimen disebabkan karena proses adsorpsi pada media pasir. Air yang melewati media ini akan mengalami proses adsorpsi dimana berbagai macam zat padat, zat organik dan lumpur akan tertahan pada celah-celah pasir. Proses adsorpsi ini akan membentuk endapan yang kemudian akan tersaring oleh pasir sehingga air akan menjadi jernih¹²⁾.

Media pasir digunakan karena selain murah, juga mudah diperoleh serta biasa diaplikasikan pada masyarakat. Kualitas pasir yang digunakan harus baik karena mempengaruhi hasil penyaringan. Pasir yang baik untuk digunakan adalah yang bersih tidak bercampur dengan tanah dan kotoran, sehingga sebelum digunakan sebagai media filtrasi sebaiknya dicuci terlebih dahulu.

KESIMPULAN

Ada penurunan kadar Fe, Mn dan kekeruhan pada air sumur gali yang bermakna setelah dilakukan pengolahan air dengan sistem filtrasi menggunakan media pasir vulkanik. Kadar Fe rata-rata sebelum perlakuan sebesar 1,36 mg/l turun menjadi 0,02 mg/l atau terjadi turunan rata-rata sebesar 1,34 mg/l. Kadar Mn sebelum perlakuan dari rata-rata 0,62 mg/l menjadi 0,02 mg/l atau turun rata-rata sebesar 0,6 mg/l. Kadar kekeruhan sebelum perlakuan dari rata-rata 12,55 NTU menjadi 1,04 NTU atau turun rata-rata sebesar 11,51 NTU. Hasil penurunan kandungan Fe, Mn dan kekeruhan tersebut telah sesuai dengan standar kualitas air bersih menurut Permenkes RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990.

Untuk menghilangkan zat besi, mangan dan kekeruhan yang berbentuk senyawa organik dan koloid, cukup dilakukan pengolahan air sederhana yaitu koagulasi dengan membubuhkan bahan koagulan, misalnya aluminium sulfat, $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ dalam air yang mengandung koloid³⁾, dan setelah proses koagulasi dilanjutkan dengan proses filtrasi menggunakan media pasir vulkanik yang memiliki sifat porous.

SARAN

Masyarakat dapat menggunakan alat pengolahan air sederhana yang digunakan dalam penelitian ini sebagai alternatif dalam memperbaiki kualitas air sumur gali, khususnya yang berhubungan dengan parameter kimia seperti Fe, Mn dan kekeruhan. Peneliti lain perlu melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan media saring dan faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan kadar Fe, Mn dan kekeruhan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*, Andi, Jakarta.
2. Chandra, B., 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, EGC, Jakarta.
3. Asmadi, K., & Kasjono, H. S., 2011. *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Gosyen Publishing, Yogyakarta.
4. Joko, T., 2010. *Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
5. Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta.
6. Mashadi, A., 2011. *Tingkat Penurunan Kadar Fe Air Sumur dengan Aerasi dan Filtrasi*, Universitas Tidar, Magelang.
7. Purwono, Karbito, 2013. Pengolahan air sumur gali menggunakan saringan pasir bertekanan (pressure sand filter) untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn), *Jurnal Kesehatan Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Tanjungkarang, IV*, pp.305–315.
8. Santoso, S. B., 2009. *Pengaruh Filtrasi Sederhana dengan Media Pasir terhadap Kadar Fe Air Sumur Gali di Dusun Mrisen Panggunharjo Sewon Bantul*, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
9. Parulian, A., 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara (USU), Medan :
10. Rosidi, M., 2015. *Koagulasi-Flokulasi dalam Pengolahan Air Minum*, (diakses pada tanggal 12 Juni 2017 dari : <http://chem-envi.blogspot.co.id/2015/06/koagulasi-flokulasi-dalam-pengolahan.html>).
11. Sutrisno, C. T., 2010. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta.
12. Fatmawati, F., 2009. *Pengaruh Variasi Waktu Kontak dalam Proses Filtrasi Menggunakan Media Pasir dan Batu Marmer terhadap Kadar Kesadahan dan Kekeruhan Air Sumur Gali di Sentolo Kulon Progo Yogyakarta*. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.