

PEMBUATAN UNIT PENGOLAHAN AIR KOTOR MOBILE MENJADI AIR BERSIH DAN LAYAK MINUM DENGAN KAPASITAS 10 LITER/MENIT

Anggito P. Tetuko¹, P. Sebayang¹, Muljadi¹, dan Nanik Indayaningsih¹

ABSTRACT

Dirty water can effect people's health, because can contaminate the water source with disease and bacteria, such as E. coli. For solving this problem, an appropriate technology is needed to transform dirty water into clean and drinking water. One of the technologies is the making of water filtration system using river water and the output can be directly to drink. The water filtration is designed and constructed then tested that consists of capacity and water quality production. The quality of water from Cisadane River, clean water and drinking water is analyzed; consist of physical, chemical and microbiology substances. The technology used in this water filtration unit is based on physical water filtration that uses filtration system with granular media filter and accompanied by filtering process using reverse osmosis (RO) and ultra violet (UV). The result shows that actual capacity of clean water and drinking water almost the same with the design calculation. The clean water actual capacity is 26,7 l/minute and the capacity based on calculation is 25,12 l/minute. Whereas the capacity of drinking water is 10,3 l/minute and the capacity based on calculation is 16,60 l/minute. The clean water have passed the standard of clean water but can not be used as drinking water but after it passed the process of reverse osmosis (RO), it can be used as drinking water.

Keywords: River water, drinking water, filtration, reverse osmosis, ultra violet

ABSTRAK

Air kotor dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat, karena bisa mencemari sumber air dengan penyakit ini dan bakteri, seperti *E. coli*. Untuk mengatasi masalah ini, teknologi yang tepat diperlukan untuk mengubah air kotor menjadi air bersih dan air minum. Satu teknologi adalah membuat sistem penyaringan air dengan menggunakan air sungai dan *output* bisa langsung minum. Dirancang dan dibangun penyaringan air kemudian diuji yang terdiri atas kualitas air dan kapasitas produksi. Kualitas air Sungai Cisadane, air bersih dan air minum dianalisis; terdiri atas fisik, kimia, dan mikrobiologi. Teknologi yang digunakan dalam unit penyaringan air didasarkan pada penyaringan air secara fisis dengan menggunakan sistem penyaringan dengan media filter granular dan disertai dengan proses penyaringan menggunakan *reverse osmosis* (RO) dan ultraviolet (UV). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas aktual air bersih dan air minum adalah serupa dengan perhitungan desain. Kapasitas air bersih sebenarnya 26,7 l/menit dan kapasitas berdasarkan perhitungan adalah 25,12 l/min. Sementara air minum adalah kapasitas 10,3 l/menit dan kapasitas berdasarkan perhitungan adalah 16,60 l/min. Air bersih telah lulus air bersih standar tetapi tidak dapat digunakan sebagai air minum, dan setelah melalui proses osmosis terbalik (RO), dapat digunakan sebagai air minum.

Kata kunci: Air sungai, air minum, filtrasi, *reverse osmosis*, ultra violet

PENDAHULUAN

Tingkat kekeruhan air sungai berbanding lurus dengan penambahan volume air. Hal ini dapat terjadi karena peluapan air yang berlebihan di suatu tempat akibat hujan besar, peluapan air sungai, atau pecahnya bendungan⁽¹⁾. Kementerian Negara Lingkungan Hidup telah mencoba melakukan analisis kualitas air kotor untuk memperoleh gambaran tentang

dampak yang telah ditimbulkan terhadap fisik lingkungan, yaitu terhadap tanah permukaan dan air permukaan. Dampak ini pada akhirnya akan berpengaruh pula terhadap kesehatan masyarakat, terutama di daerah bantaran kali. *Sampling* telah dilakukan di beberapa lokasi DKI, dan diperoleh gambaran bahwa tanah permukaan dan air permukaan telah terkontaminasi oleh beberapa unsur logam berat, namun masih dalam kapasitas rendah.

¹ Pusat Penelitian Fisika-LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong
Tangerang 15314, email. angg005@lipi.go.id

Akibat air kotor, kandungan bakteri *Eschericia coli* (*E. coli*) yang mencemari air tanah di wilayah DKI Jakarta, rata-rata mencapai 41%. Kandungan bakteri *E. coli* cukup tinggi membuat air tanah di ibukota tidak memenuhi syarat untuk diminum. Dari sampel air tanah yang diuji di wilayah Jakarta Pusat, sekitar 43,5% tidak memenuhi syarat sebagai air minum. Selanjutnya, Jakarta Timur 26,2% dan Jakarta Selatan 25%⁽²⁾.

E. coli adalah indikator dalam penentuan tercemarnya air oleh limbah domestik, seperti limbah rumah tangga, hotel, dan lain-lain. Bakteri *E. coli* biasanya keluar menuju alam bebas bersama tinja. Bakteri ini dijadikan indikator karena paling mudah diidentifikasi dengan pemeriksaan di laboratorium. Jika *E. coli* terdeteksi dalam air, berarti air tersebut tercemar tinja manusia dan sangat mungkin membawa penyakit berbahaya sehingga air yang tercemar *E. coli* perlu diwaspadai atau tidak layak diminum. Bacteri *E. coli* dapat menimbulkan gangguan kesehatan jika masuk ke saluran pencernaan, baik melalui minuman maupun makanan. Gangguan kesehatan tersebut bisa berupa tifus, kolera, hepatitis, diare, dan lain-lain. Terkait dengan itu, WHO mensyaratkan kandungan *E. coli* pada air bersih sebesar nol. Sedangkan Departemen Kesehatan menyatakan kandungan *E. coli* pada air perpipaan maksimal 10/100 ml dan air nonperpipaan maksimal 50/100 ml⁽³⁾.

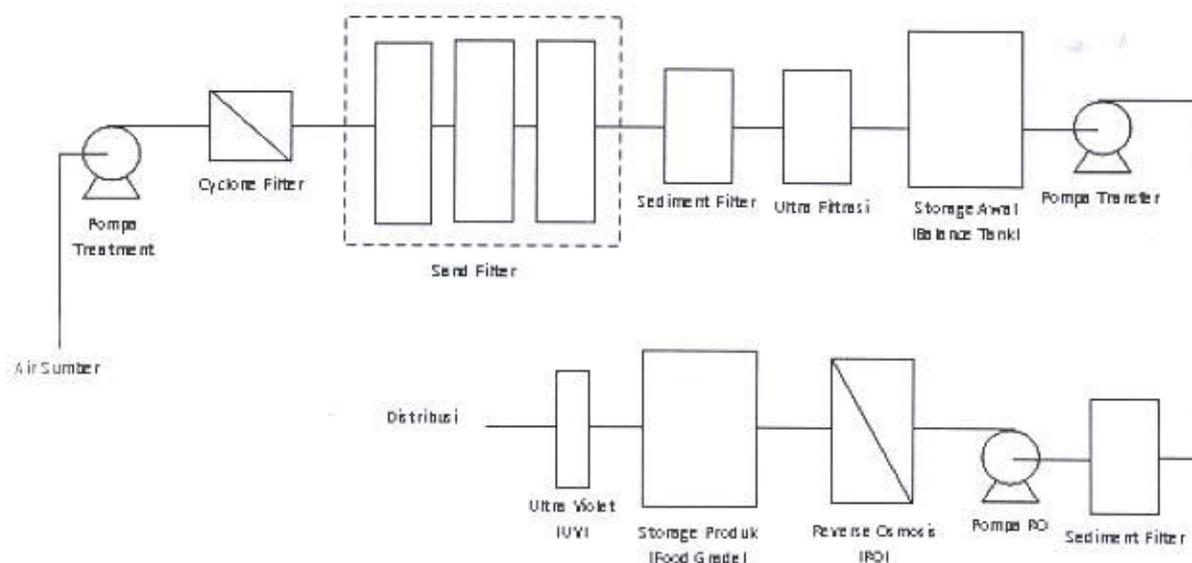
Dalam menanggulangi masalah air kotor dan bakteri *E. coli* di perkotaan, diperlukan suatu teknologi yang dapat mengolah air kotor menjadi air bersih dan layak minum. Salah satu teknologi tersebut adalah pembuatan sistem pengolahan air yang *output*-nya dapat langsung diminum. Filtrasi air adalah proses

untuk menghilangkan kandungan-kandungan berbahaya dalam air, baik secara fisika, kimia, maupun biologi. Proses pengolahan air dapat mengurangi dan menghilangkan konsentrasi kandungan-kandungan partikel berbahaya dalam air, juga untuk menyaring parasit, bakteri, alga, virus, dan jamur. Proses pengolahan air juga dapat memperbaiki rasa, warna dan bau dari air sumber.

Pada tulisan ini akan dibuat suatu rancang bangun sistem pengolahan air layak minum dengan kapasitas 10 l/menit. Adapun parameter uji yang dilakukan meliputi: analisis kualitas produk air, antara lain sifat fisis, kimia, dan mikrobiologi. Di samping itu juga akan diukur debit air bersih dan air layak minum dari hasil perancangan unit pengolahan air yang dibuat.

METODOLOGI

Sistem pengolahan air secara fisika adalah melalui proses filtrasi dan sedimentasi, secara biologi melalui *activated sludge* dan secara kimia melalui proses flokulasi dan klorinasi. Metode lanjutan yang digunakan pada akhir proses adalah melalui radiasi elektromagnetik (ultraviolet). Sistem filtrasi air pada perancangan ini terdiri atas *cyclone prefilter*, *silica sand*, *manganese greensand*, karbon aktif, dua sedimen filter, ultra filtrasi, *reverse osmosis* (RO) dan UV (ultraviolet). Sistem filtrasi yang dirancang dilengkapi dengan empat buah pompa, yaitu: pompa pengumpan dengan kapasitas 4 m³/jam, pompa transfer dengan kapasitas 2 m³/jam, pompa *reverse osmosis* dengan kapasitas 4 m³/jam, dan pompa distribusi dengan kapasitas minimum 1 m³/jam. Penggunaan pompa-pompa ini bertujuan untuk memastikan agar target kapasitas air layak minum sebesar

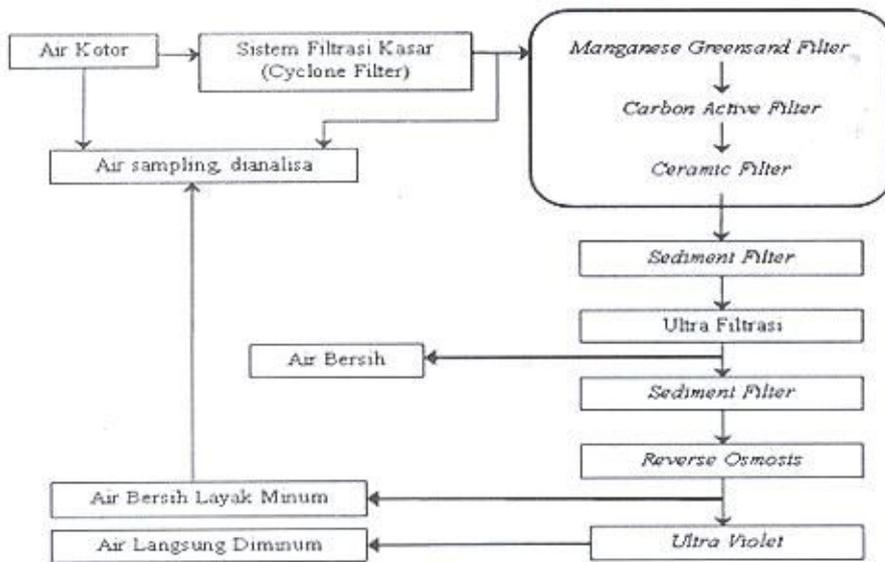


Gambar 1. Skema konstruksi alat pengolahan air kotor⁽¹⁾

10 l/menit tercapai. Sistem ini juga dilengkapi dengan tiga tangki penampung, yaitu: tangki air sumber, tangki air bersih dan tangki air minum. Keseluruhan sistem pengolahan air diperlihatkan pada Gambar 1.

Prosedur kerja pengolahan air yang dibuat dengan sistem filtrasi yaitu melalui tahapan-tahapan sebagai berikut. *Cyclone filter*, berfungsi sebagai pemisah air dengan kotoran berukuran kasar. Sedangkan media filter dan sedimen filter (mikron filter) berfungsi untuk menghilangkan kotoran berupa partikulat (fisik) sampai dengan ukuran mikron. Proses pemurnian tersebut kemudian dilanjutkan dengan menggunakan ultrafiltrasi (UF) dengan ukuran pori 0,01 mikron sehingga mampu menghilangkan selain padatan *suspended solid* (5-30 mikron), koloid berukuran 1 mikron (besi, mangan, silika, dan debu), juga mampu menghilangkan mikrobiologi seperti bakteri dan virus. Setelah melalui proses UF,

untuk menjamin tingkat kemurnian air yang lebih baik lagi, maka dilanjutkan dengan *reverse osmosis* (RO). Proses pemurnian ini menggunakan membran semi permeabel dengan ukuran pori lebih kecil lagi yaitu hingga 0,0001 mikron. Sistem RO selain mampu menghilangkan kontaminan padatan mikro (*suspended solid*), mikrobiologi (bakteri, virus), juga mampu menyaring ion-ion (logam berat) dalam air hingga 99,99%. Tahapan berikutnya adalah penyimpanan air bersih di dalam penampung sehingga lebih menjamin ketersediaan debit air bersih untuk diolah sebagai air layak minum. Penggunaan penampung air (*food grade level storage tank*) adalah untuk memastikan bahwa air tersebut tidak tercemar mikrobiologi (bakteri, virus). Sistem yang dibuat dilengkapi dengan alat ultraviolet (UV) sebagai media disinfektan akhir. Diagram alir proses pengolahan air kotor menjadi air layak minum diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses pengolahan air kotor menjadi air layak minum

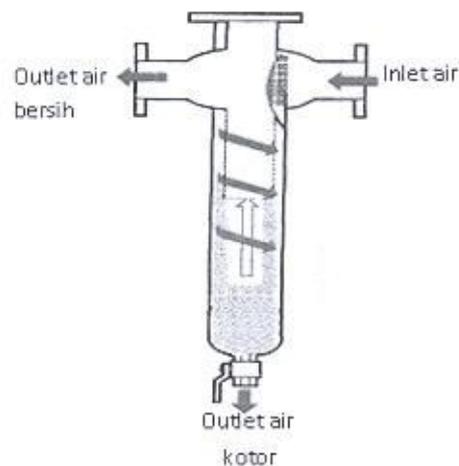
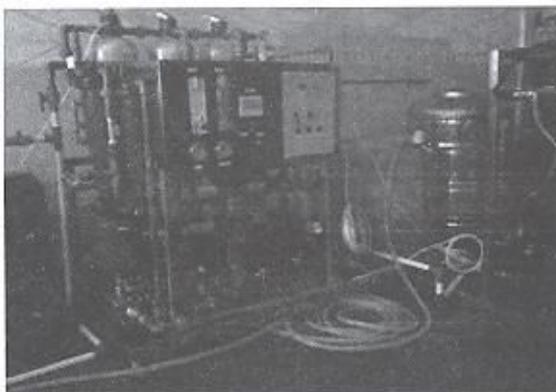
HASIL DAN PEMBAHASAN

Konstruksi unit mesin pengolah air kotor menjadi air bersih dan layak minum dengan kapasitas 10 l/menit diperlihatkan pada Gambar 3, sebelah kiri. Sedangkan pada bagian sebelah kanannya adalah model *cyclone prefilter* yang dibuat. Mesin yang dihasilkan ini masih bersifat stasioner.

Debit produk air layak minum (*output*) yang dibutuhkan 10 l/menit atau 600 l/jam, maka *input* airnya minimal: 6 kali dari *output* produk sesuai rancangan. Oleh karena itu debit *input*

yang dibutuhkan adalah: $6 \times 600 \text{ l/jam} = 3600 \text{ l/jam} = 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk memenuhi debit air sebesar 3600 l/jam maka digunakan pompa air pengumpan (*feed water pump*) dengan kapasitas 4000 l/jam.

Pada *cyclone prefilter*, apabila waktu yang dibutuhkan selama proses adalah 7,3 detik dan tinggi *cyclone prefilter* (h) yang direncanakan sebesar 0,71 m, maka volume *cyclone prefilter* (V) = $1,11 \cdot 10^{-3} \cdot 7,3 = 0,008 \text{ m}^3$. Sesuai dengan formula, $V = A \cdot h$; $A = \frac{\pi d^2}{4}$ maka didapatkan diameternya (d) sebesar 0,12 m.



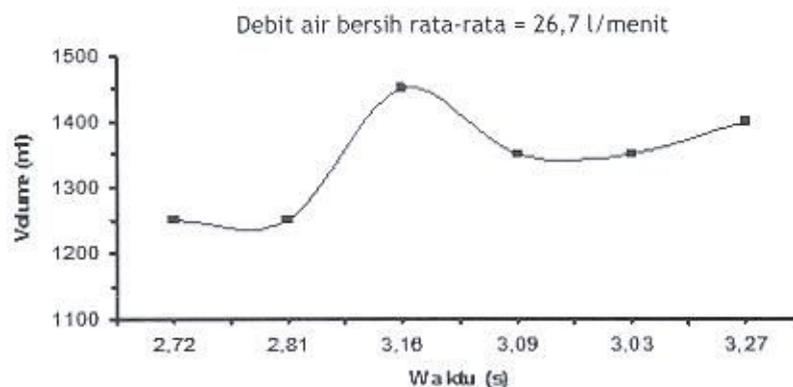
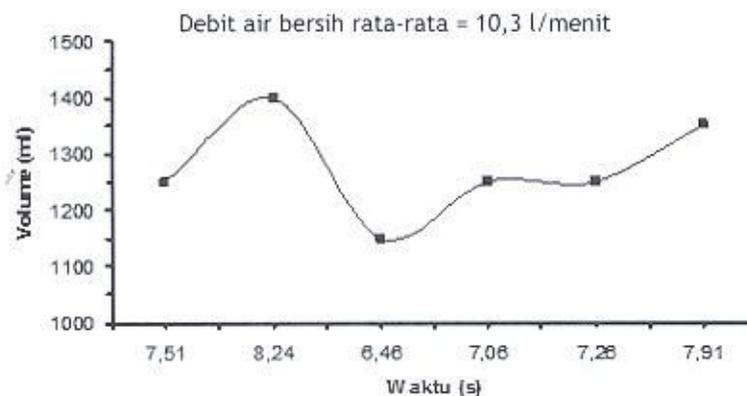
Gambar 3. Mesin unit pengolahan air kotor menjadi air layak minum (kiri), dan Cyclone Prefilter (kanan)

Tabel 1. Hasil Perhitungan Konstruksi Unit Pengolahan Air

No	Bagian konstruksi	Debit, Q (l/menit)	Waktu, s (detik)	Tinggi, h (m)	Volume, V (m ³)	Luas, A (m ²)	Diameter, d (m)
1.	Cylone Prefilter	66,67	7,27	0,710	0,008	0,011	0,120
2.	Media Filter 1	56,61	74,19	1,400	0,070	0,050	0,250
3.	Media Filter 2	48,12	87,28	1,400	0,070	0,050	0,250
4.	Media Filter 3	40,90	102,64	1,400	0,070	0,050	0,250
5.	Sedimen Filter 1	34,76	25,89	0,500	0,015	0,024	0,185
6.	Ultrafiltrasi	29,55	20,91	1,000	0,010	0,010	0,115
7.	Balance tank	25,12	477,90	1,000	0,200	0,200	0,500
8.	Sedimen Filter 2	33,33	27,03	0,500	0,015	0,027	0,185
9.	Reverse Osmosis	33,33	18,74	1,000	0,010	0,010	0,115
10.	R O tank	16,60	1059,77	1,100	0,294	0,267	0,600

Hasil perhitungan keseluruhan konstruksi unit pengolahan air yang meliputi: *cyclone prefilter*, tiga buah media filter, dua buah *sediment filter*, ultrafiltrasi, *balance tank*, *reverse osmosis* dan RO tank diperlihatkan pada Tabel 1.

Hasil pengukuran volume air bersih terhadap waktu yang diperoleh dari sistem filtrasi ditunjukkan pada Gambar 4. Dari grafik tersebut, memperlihatkan bahwa debit air bersih yang dihasilkan dari unit pengolahan air sungai adalah sebesar 26,70 l/menit,

**Gambar 4.** Kurva hasil pengukuran debit air bersih**Gambar 4.** Kurva hasil pengukuran debit air layak minum

sedangkan dari rancang bangun sebesar 25,12 l/menit. Dari kurva pada Gambar 5 diperoleh debit aliran air layak minum yang keluar dari R O tank adalah 10,30 l/menit, sedangkan hasil desain adalah sebesar 16,60 l/menit. Ternyata hasil pengukuran debit air bersih dan layak minum tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan perancangan dari unit pengolahan air.

Uji coba mesin unit pengolahan air kotor menggunakan air baku bersumber dari Sungai Cisadane. Karakteristik air kotor sebelum dan setelah diolah dalam unit pengolahan menjadi air bersih (sebelum melalui filter RO dan UV), kemudian dianalisis meliputi: kandungan

fisika, kimia dan mikrobiologinya sesuai standar yang ditetapkan⁽⁵⁾. Berdasarkan hasil analisis bakteri dari sampel air bersih yang diperoleh menunjukkan masih mengandung sejumlah bakteri, sehingga tidak layak untuk diminum.

Sedangkan hasil analisis sampel air bersih setelah melalui proses filtrasi dengan RO dan UV tidak menunjukkan adanya bakteri, sehingga air tersebut dinyatakan memenuhi persyaratan sebagai air layak minum sesuai standar⁽⁶⁾. Hasil lengkap analisis kualitas air secara fisika, kimia, dan mikrobiologi baik untuk air baku, air bersih maupun air layak minum diperlihatkan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil Uji Air Baku (Sebelum Proses)

No	Parameter Uji	Satuan	Baku mutu	Hasil pengujian
1	Fisika <ul style="list-style-type: none"> • Temperatur • Residu terlarut • Residu tersuspensi 	°C	Deviasi 5 °C	25/25
		mg/l	2000	552
		mg/l	400	328
2	Kimia <ul style="list-style-type: none"> • pH • BOD • COD 	-	5 – 9	8,30
		mg/l	12	6,0
		mg/l	100	15,36
3	Kimia Organik <ul style="list-style-type: none"> • Minyak dan Lemak • Detergen • Senyawa Fenol 	µg/l	1000	54
		µg/l	200	< 0,032
		mg/l	1	0,1405

Tabel 3. Hasil Uji Air Bersih (Setelah Proses)

No	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil pengujian
1	Fisika <ul style="list-style-type: none"> • Bau • Rasa • Kekeruhan • Zat padat terlarut • Warna 	- - NTU mg/l TCU	- - 25 1.500 50	Tidak berbau Tidak berasa 0,49 188 1,0
2	Kimia <ul style="list-style-type: none"> • pH • Besi • Kesadahan • Klorida • Sulfat • Zat Organik 	- mg/l mg/l mg/l mg/l mg/l	6,5 – 9,0 1,0 500 600 400 10,0	7,4 < 0,031 20 1,93 6,217 3,16
3	Air Minum RO	MPN Index/100 ml sampel (Total Coliform)	0	0
4	Air Minum UV	MPN Index/100 ml sampel (Total Coliform)	0	0

KESIMPULAN

Hasil pengukuran debit air bersih dan layak minum tidak jauh berbeda dengan hasil perancangan dari unit pengolahan air. Dimana debit air bersih aktual adalah 26,70 l/menit, dan dari perhitungan rancang bangun sebesar 25,12 l/menit. Sedangkan debit air layak minum adalah 10,30 l/menit, dan hasil desain sebesar 16,60 l/menit.

Karakteristik air yang diuji meliputi: fisika, kimia dan mikrobiologi, menunjukkan bahwa air bersih memenuhi baku mutu standar, tetapi tidak layak minum. Sedangkan air yang telah melalui filter RO dan UV sudah memenuhi baku mutu standar air layak minum.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Wikipedia. 2009. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir>, diakses 9 November).
- (2) Kementrian Lingkungan Hidup. 2009. (http://b3.menlh.go.id/kegiatan/article.php?article_id=37, diakses 9 November).
- (3) Blog bencana banjir. 2009. (<http://klm-micro.com/blog/air%20minum/tingginya-pencemaran-air-tak-lepas-dari-bencana-banjir>, diakses 9 November).
- (4) Bernoulli System AB. 2009. (<http://www.bernoulli.se>, diakses 9 November).
- (5) Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 907/MenKes/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum.
- (6) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 416/Menkes/Per/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih.