

PEMANFAATAN AIR HUJAN SEBAGAI AIR LAYAK KONSUMSI DI KOTA MALANG DENGAN METODE MODIFIKASI FILTRASI SEDERHANA

Utilization Rainwater As A Viable Water Consumption In The Malang City With A Simple Filtration Modification Method

Tanti Untari^{1*}, Joni Kusnadi^{*}

1) Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: tantiuntari@yahoo.com

ABSTRAK

Air merupakan kebutuhan vital bagi makhluk hidup sedangkan ketersediaan air bersih secara kuantitas dan kualitas rendah. Hujan dapat menjadi solusi namun butuh pengolahan lebih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dari rancangan pengolahan filtrasi yang dimodifikasi dan mengetahui karakteristik fisik, kimia, dan biologi dari air hujan Kota Malang yang dibandingkan dengan air hasil filtrasi air hujan dan standar baku mutu sesuai dengan Persyaratan Kualitas Air Bersih dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan tahap yaitu penampungan air hujan, preparasi pipa dan media filter kemudian air hujan difiltrasi. Karakteristik fisik, kimia dan biologi air hujan di Kota Malang memenuhi standar baku mutu air bersih dari Permenkes RI Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990 dan hasil lebih optimal menurunkan beberapa parameter dengan teknologi filtrasi termodifikasi. Rancangan pengolahan filtrasi yang dimodifikasi cukup efektif dalam memperbaiki karakteristik air.

Kata kunci: Air Bersih, Air Hujan, Filtrasi, Modifikasi

ABSTRACT

Water is a vital necessity for living things while the availability of clean water in quantity and low quality. Rain can be a solution but it takes more processing. This research aims to know the effectiveness of the draft modified filtration processing and knowing characteristics of physical, chemistry, and biology of Malang City rain water compared with filtration water of rain water and standard quality raw water quality according to the requirements of regulation of the Minister of health of the Republic of Indonesia number: 416/MENKES/PER/IX/1990. The research method used is descriptive qualitative stage of the shelter with rain water, preparation of pipe and rain water then filter media. The characteristics of the physical, chemical and biological rain water in Malang on complied with the standards of quality of the raw water supply from Permenkes RI number: 416/MENKES/PER/IX/1990 and the result are more optimal with some parameters are lower used modified filtration technology. The filtration modified treatment is quite effective in improve characterictis's water.

Keywords: Clean Water, Rain Water, Filtration, Modification

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan vital bagi seluruh makhluk hidup. Peningkatan taraf hidup manusia sejalan dengan kebutuhan air yang meningkat pula sehingga dituntut ketersediaan air yang berkualitas. Diperkirakan lebih 2 milyar manusia/hari terkena dampak kekurangan air di dunia [1]. Di Indonesia, jumlah penduduk lebih dari 200 juta namun 119 juta penduduk belum memiliki akses terhadap air bersih layak konsumsi sedangkan kebutuhan

diperkirakan meningkat hingga 15-35%/kapita/tahun [2]. Permasalahan di Kota Malang adalah kehilangan air pada Tahun 2000 akibat kebocoran pada pipa sebesar 42% atau 967.99 L/hari sedangkan kebutuhan persediaan air bersih pada Tahun 2011 sebesar 17.423.791 L/hari. Masalah lain adalah pelayanan yang rendah sebesar 34.30% serta semakin marak penggundulan hutan yang mengakibatkan debit sumber air terus menurun. Air hujan bisa menjadi solusi dari permasalahan krisis air bersih. Sifat air hujan tergolong murni sebelum mencapai tanah sehingga rendah mikroorganisme dengan sifat kimia pH 5-7 dan konsentrasi mineral serta logam berat rendah [3]. Filtrasi sederhana adalah teknologi penyaringan dengan berbagai macam media (multi-filter) seperti kerikil, pasir, ijuk. Hal ini dapat dimodifikasi agar hasil lebih optimal menggunakan media adsorpsi seperti *Granular Activated Carbon (GAC)* dan zeolit. Padatan terlarut, mikroorganisme, mineral, dan logam berat dalam air hujan akan teradsorpsi dalam GAC dan zeolit [4]. Teknologi ini dapat dijadikan solusi bagi masyarakat karena pengolahan sederhana dengan alat dan bahan tersedia di alam, pengoperasian mudah serta biaya murah.

BAHAN DAN METODE

Alat

Peralatan yang digunakan dalam perancangan adalah pipa Maspion D 6", pipa PVC ½", pipa dop D 6", stop keran PVC, lem PVC, jurigen 2 L dan 25 L. Peralatan yang digunakan dalam analisis adalah temperatur meter, turbidimeter, pH meter, spektrofotometer, pipet volume, pipet ukur, mikro pipet skala, pipet otomatis, kertas saring, beaker glass, buret, labu erlenmeyer, gelas ukur, labu ukur, oven pemanas, hot plate, muffle, timbangan analitik, cawan penguap, desikator, peralatan destilasi, tabung destilasi, autoclave, inkubator, tabung reaksi, tabung durham, rak tabung, wire loop (ose), kapas, pembakar bunsen, kertas coklat, termometer.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air hujan yang didapat dari beberapa bagian Kota Malang seperti daerah Kecamatan Lowokwaru, Kecamatan Sukun, Kecamatan Kedung kandang, Kecamatan Blimbing dan Kecamatan Klojen dari awal musim hujan (Bulan Desember 2013) sampai akhir musim hujan (Bulan Mei 2014). Bahan pendukung lain adalah pasir halus 20 up mesh, pasir kasar 4 - 8 mesh, kerikil kecil 8 - 16 mesh, kerikil besar 16 - 32 mesh, GAC (*Granular Carbon Activated*) 6 - 8 mesh, zeolit 16 - 32 mesh, ijuk/ serabut kelapa, spon dan kapas. Bahan yang diperlukan untuk analisis adalah standar formazin 5 NTU, 400 NTU, larutan induk warna 500 skala Pt-Co, larutan baku kerja, H₂SO₄ pekat, 0.20 N, 1 N, 8 N, (COOH)₂ 0.10 N, 0.01 N, KmnO₄ 0.10 N, 0.01 N, chloramine-T, stock sianida 1000 mg/L, standar sianida 10 mg/L, reagen Pyridine Barbituric Acid, buffer asetat, NaOH 0.04 N, 1 N, MgCl₂, NH₂SO₃H, *lactose broth*, bubuk Brilliant Green bile Broth, buffer fosfat, larutan pepton 0.10%, garam faali, larutan pereduksi, penetral chlorin, asam fosfat 85%, sulfanilamid, N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride), larutan nitrit, HCl pekat, 1 N, 5 N, NH₄OH, larutan stok Krom Val 6, diphenyl carbazide, HNO₃ pekat, H₃PO₄ pekat, larutan stok LAS (linier Alkilat Sulfonat), larutan standart LAS (Linier Alkilat Sulfonat), larutan phenolphthalin, larutan phenolphthalin 0.50%, melitin biru, larutan pencuci, chloroform CHCl₃, air bebas nitrat, larutan stok nitrat, larutan nitrat intermedit, Na-EDTA, buffer pH 10, EBT, mureksid, alizarin merah, asam zirkonil, larutan standar fluorida, NaCl 0.01 N, indikator K₂CrO₄ 5%, AgNO₃ 0.0141 N, phenolphthalen 0.50%, H₂O₂ 30%, Al(OH)₃, BaCl₂, Na₂SO₄, buffer A, buffer B, gas acetyline, gas argon, gas nitrous oxide, gas synthetic, NaBH₄, asam askorbat 0.50%, KI 0.50%, palladium nitrat 1 mg/lt, lantanum oxide 1%, standart logam, LaCl₃, standart logam.

Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dengan metode *purposive sampling*. Sampel air hujan ditampung di 10 titik bagian Kota Malang (setiap kecamatan diambil 2 titik) dengan waktu penghujan awal musim hujan (bulan Desember 2013) sampai akhir musim hujan (bulan Juli 2014).

2. Preparasi Pipa Filter [5]

Pipa PVC 6" dipotong sepanjang 125 cm sebagai pipa filter dan 30 cm sebagai pipa penampung. Ujung pipa akan ditutup dengan dop PVC 6". Tutup dop di pipa filter akan dilubangi dan diberi pipa PVC ½" dan diberi stop keran PVC. Salah satu sisi pada pipa filter dan pipa penampung akan dilubangi dan ditempel pipa PVC ½" sebagai panyalur antara pipa filter dengan pipa penampung.

3. Preparasi Media Filter [5]

Pasir kasar diayak dengan ayakan ± 4 - 8 mesh dan pasir halus diayak dengan ayakan ± 20 up mesh. Pasir halus, pasir kasar, kerikil kecil, kerikil besar, GAC (*Granular Activated Carbon*) dan zeolit dicuci hingga bersih dengan air bersih mengalir kemudian dikeringkan dengan panas matahari hingga kering.

4. Penyusunan Filter

Setiap media akan disusun dengan susunan dari atas ke bawah pada pipa seperti berikut:

- a. Spon dan kapas dengan tinggi total lapisan 10 cm.
- b. Zeolit dengan tinggi lapisan 15 cm.
- c. Spon dan ijuk dengan tinggi 15 cm.
- d. GAC (*Granular Activated Carbon*) dengan tinggi lapisan 15 cm.
- e. Spon dan ijuk dengan tinggi lapisan 15 cm.
- f. Kerikil kecil dengan tinggi lapisan 10 cm.
- g. Pasir kasar dengan tinggi lapisan 10 cm.
- h. Pasir halus dengan tinggi lapisan 15 cm
- i. Spon dan kapas Kerikil besar dengan tinggi lapisan 15 cm.

5. Filtrasi Air Hujan [5]

Air hujan dari 10 titik lokasi penampungan (2.50 L setiap lokasi) akan dicampur menjadi satu. 12.50 L air hujan dialirkan ke pipa filter melewati media filter. Air hujan mengalami kontak dengan media selama 10-15 menit.

6. Karakterisasi Air Hujan dan Air Hasil Filtrasi Termodifikasi

Air hujan dan air hasil filtrasi termodifikasi diuji sifat fisik, kimia, dan biologi dari parameter wajib Kualitas Persyaratan Air Bersih Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990. Analisis fisik meliputi TDS (*Total Dissolved Solid*), kekeruhan, warna, rasa, dan suhu serta organoleptik berupa aroma dan warna. Analisis kimia meliputi raksa, arsen, besi, fluorida, kadmium, kesadahan, klorida, krom, mangan, nitrat, nitrit, pH, selenium, seng, sianida, sulfat, dan timbal. Analisis biologi meliputi total koliform.

Analisis Penelitian

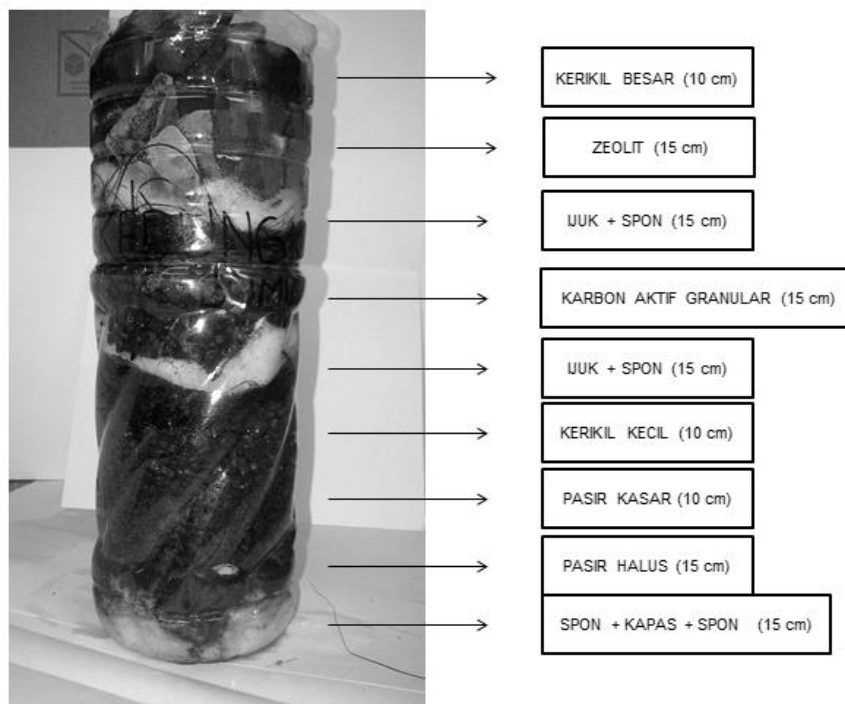
- a. Temperatur dengan Metode Termometri
- b. Kekeruhan dengan Metode Nephelometri
- c. Warna dengan Metode Spektrofotometri
- d. pH dengan Metode Elektrometri
- e. Permanganat dengan Metode Oksidasi Dalam Suasana Asam
- f. Total Zat Padat Terlarut/Total Dissolved Solid (TDS) dengan Metode Gravimetri
- g. Sianida dengan Metode Kolorimetri
- h. Bakteri Total Coliform Metode Tabung Ganda
- i. Nitrit Metode Asam Sulfanilat
- j. Bau Metode Organoleptik
- k. Krom Val 6 Metode Kolorimetri
- l. Deterjen Metode Metilen Biru
- m. Nitrat Metode Spektrofotometri

- n. Kesadahan Total Metode Kompleksometri
- o. Fluorida Metode Alizarin Merah
- p. Klorida Metode Argentometrik Mohr
- q. Sulfat Metode Turbidimetri
- r. Logam (Hg, As, Se, Cd, Fe, Mn, Zn, Pb) Metode Spektrofotometer

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rancangan Pengolahan Filtrasi

Konsep dasar dari pengolahan air dengan cara penyaringan adalah memisahkan padatan dan koloid dari air dengan alat penyaring atau saringan. Salah satu faktor mempengaruhi filtrasi adalah diameter media. Semakin halus butiran yang digunakan sebagai media penyaring, semakin baik air yang dihasilkan. Jika diameter butiran kecil maka akan meningkatkan penyaringan [6]. Ukuran partikel berkaitan dengan distribusi ukuran pori. Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorbsinya. Serta semakin luas permukaan adsorben (zat penyerap), maka semakin banyak adsorbat (zat terserap) yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben [7]. Distribusi ukuran pori mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk ke dalam pertikel adsorben [4].

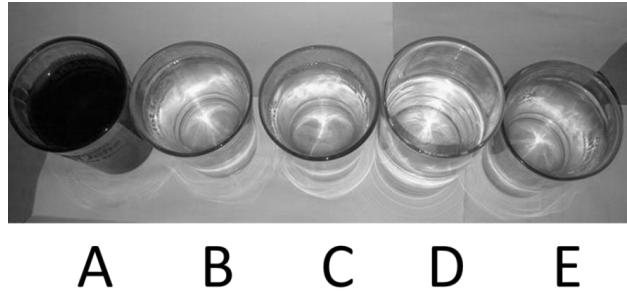


Gambar 1. Rancangan Filtrasi Termodifikasi

Susunan filter berdasarkan pada ukuran partikel media filter yaitu dari ukuran terbesar ke terkecil dari atas ke bawah sehingga semakin rapat rongga pada media filter. Susunan dengan skala laboratorium yaitu dari bawah ke atas sebagai berikut spon dan kapas setebal 3.80 cm, pasir halus 20 up mesh setinggi 3.80 cm, pasir kasar 4-8 mesh setinggi 2.50 cm, kerikil kecil 8-10 mesh setinggi 2.50 cm, kapas dan ijuk setebal 3.80 cm, *Granular Activated Carbon* (GAC) 6-8 mesh setinggi 3.80 cm, kapas dan ijuk setebal 3.80 cm, zeolit 16-32 mesh setinggi 3.80 cm, dan kerikil besar 16-32 mesh setinggi 2.50 cm.

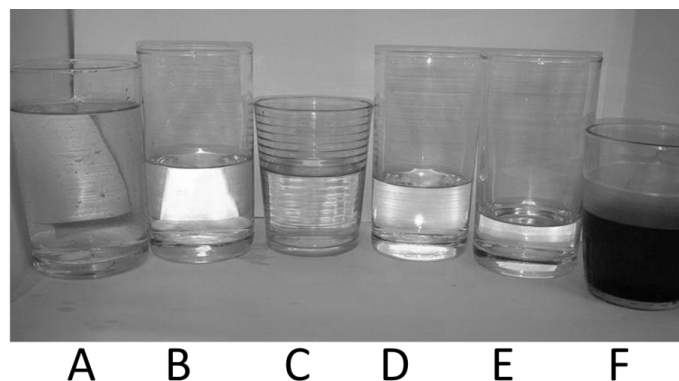
Media filter yang menyusun pipa filter memiliki peran penting masing-masing. Kerikil besar menyaring pengotor dengan ukuran besar. Zeolit berperan mengadsorpsi antara

adsorben (zat penjerap) dan adsorbat (zat terjerat) serta menyaring zat padatan karena ruang hampa pada zeolit [8]. Prinsip zeolit lain yaitu penukar ion untuk menjaga kenetralan. *Granular Activated Carbon* (GAC) berperan mengadsorpsi baik secara fisik dan kimia. Adsorpsi fisik terjadi karena adanya ikatan Van der Waals, dan bila ikatan tarik antar molekul zat terlarut dengan zat penyerapnya lebih besar dari ikatan antara molekul zat terlarut dengan pelarutnya maka zat terlarut akan dapat diadsorpsi [7]. Adsorpsi kimia merupakan hasil dari reaksi kimia antara molekul adsorbat dan adsorban dimana terjadi pertukaran elektron [9]. Zeolit dan GAC dapat mengadsorpsi zat terlarut penyebab rasa, warna, aroma kurang baik serta mengadsorpsi mineral dan logam berat. Kerikil kecil dan pasir halus menyerap zat padatan atau kotoran yang masih lolos dari media filter sebelumnya.



Gambar 2. Hasil Filtrasi Air Kali A) Air Kali; B) Air Hasil filtrasi Air Kali Ke-1; C) Air Hasil Filtrasi Air Kali Ke-2; D) Air Hasil Filtrasi Air Kali Ke-3; E) Air Minum

Air kali (gelas A) dialirkan pada rancangan filtrasi dengan tiga kali pengulangan filtrasi. Hasil keluaran diamati berdasarkan karakteristik secara fisik yaitu kekeruhan, warna dan bau. Gelas B merupakan hasil filtrasi dari air gelas A. Tampak perubahan sangat signifikan secara kenampakan fisik air. Produk keluaran yang dihasilkan dapat dilihat kejernihan semakin meningkat dengan semakin banyaknya pengulangan filtrasi. Kejernihan air dengan pengulangan filtrasi 3 kali (gelas D) lebih jernih dari air minum (gelas E).



Gambar 3. Hasil Filtrasi Air Olahan A) Air Hujan Berlumut; B) Air Hasil Filtrasi Air Hujan Berlumut; C) Air Sirup; D) Air Hasil Filtrasi Air Sirup; E) Air Hasil Filtrasi Air Kopi; F) Air Kopi

Rancangan pengolahan filtrasi diaplikasikan untuk air hujan keruh berlumut, air sirup dan air kopi kental dalam sekali penyaringan dan dapat terlihat perubahan warna secara signifikan. Air hujan yang menguning dan berlumut (gelas A) menjadi air bersih (gelas B) yang jernih dan tidak berlumut seperti air bersih setelah melewati filter. Air sirup (gelas C) yang berwarna merah muda menjadi bening seperti air bersih (gelas D). Air kopi (gelas F) yang berwarna hitam pekat dan kental dari bubuk kopi menjadi jernih bening dan tidak berpasir setelah melewati filtrasi karena bubuk kopi terperangkap pada media filter. Secara dominan perubahan air dipengaruhi oleh peran media filter GAC (*Granular Activated Carbon*) dan zeolit yang memiliki sifat menyerap atau adsorpsi.

Berdasarkan hasil filtrasi maka perhitungan tersebut diaplikasikan dalam skala rumah tangga. Perbandingan pipa filter skala laboratorium dan skala rumah tangga yaitu 1:4 dengan tinggi pipa filter skala laboratorium setinggi 32 cm dan skala rumah tangga setinggi 125 cm. Berdasarkan perbandingan 1:4 maka media filter pun memiliki ketebalan media perbandingan 1:4. Ketebalan media pada skala rumah tangga sebagai berikut spon dan kapas setebal 15 cm, pasir halus 20 up mesh setinggi 15 cm, pasir kasar 4-8 mesh setinggi 10 cm, kerikil kecil 8-10 mesh setinggi 10 cm, kapas dan ijuk setebal 15 cm, *Granular Activated Carbon* (GAC) 6-8 mesh setinggi 15 cm, kapas dan ijuk setebal 15 cm, zeolite 16-32 mesh setinggi 15 cm, dan kerikil besar 16-32 mesh setinggi 10 cm. Filtrasi air hujan dilakukan satu kali dengan waktu kontak 10-15 menit supaya terdapat proses difusi dan penempelan adsorbat berlangsung maksimal [7].

2. Karakterisasi Air Hujan dan Air Hasil Filtrasi Termodifikasi

Hasil karakteristik fisik, kimia dan biologi air hujan dibandingkan dengan air hasil filtrasi air hujan dan standar baku mutu sesuai dengan Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih [10].

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Air Hujan Kota Malang, Air Hasil Filtrasi dan Standar Baku Mutu Indonesia

Parameter	Satuan	* Standar	Air Hujan	Air Filtrasi	Keterangan
SIFAT FISIK					
Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	-
TDS	mg/L	1500	136	116	-
Kekeruhan	NTU	25	1.05	1.02	-
Rasa	-	Tidak berasa	Tidak berasa	Tidak berasa	-
Temperatur	°C	± 3°C	24.60°C	24.50°C	-
Warna	Pt.Co	50	<0.26	<0.26	-
SIFAT KIMIA					
pH	-	6.50 – 9.00	7.40	7.30	-
KmnO ₄	mg/L	10	0.90	0.50	-
Flurida	mg/L	1.50	0.34	0.32	-
Klorida	mg/L	600	7	6	-
Nitrat	mg/L	10	0.53	0.60	-
Sulfat	mg/L	400	6.63	7.31	-
Kesadahan total	mg/L	500	39.60	34	-
Nitrit	mg/L	1	<0.001	0.07	-
Deterjen	mg/L	0.50	0.09	0.05	-
Sianida	mg/L	0.10	tt**)	tt**)	MDL <0.01x10 ⁻¹
Krom val 6	mg/L	0.05	<0.01	tt**)	MDL <0.12 x10 ⁻¹
Arsen	mg/L	0.05	<0.26	0.03	MDL <0.05x10 ⁻²
Kadmium	mg/L	0.01x10 ⁻¹	tt**)	tt**)	MDL <0.02 x10 ⁻²
Besi	mg/L	0.01x10 ⁻¹	<0.26	tt**)	MDL <0.02 x10 ⁻²
Raksa	mg/L	0.50	tt**)	tt**)	MDL <0.03x10 ⁻³
Mangan	mg/L	0.05	0.01	tt**)	MDL <0.01 x10 ⁻²
Timbal	mg/L	0.01	tt**)	tt**)	MDL <0.44 x10 ⁻²
Selenium	mg/L	15	tt**)	tt**)	MDL <0.05 x10 ⁻²
Seng	mg/L		tt**)	tt**)	MDL <0.64 x10 ⁻²
SIFAT BIOLOGI					
Total koliform	MPN/100 ml	50	5	2	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan: Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Bersih

**) tt : tidak terdeteksi

MDL : Methode Detection Limit

Berdasarkan data hasil pengujian, beberapa parameter sudah masuk dalam Standar Baku Mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 dan aman untuk dikonsumsi. Namun secara estetika air hujan tidak layak untuk dikonsumsi karena berdasarkan kenampakan air hujan berwarna kuning dan berlumut. Selain itu, air hujan memiliki karakteristik yang berubah dan bisa menjadi berbahaya untuk dijadikan air bersih tergantung pada tempat dan waktu hujan turun.

3. Kesadahan

Nilai kesadahan pada air hujan Kota Malang sebelum difiltrasi adalah 39.60 mg/L kemudian menjadi 34 mg/L setelah difiltrasi dengan sistem modifikasi filtrasi. Sistem filtrasi tersebut dapat menurunkan kesadahan hingga 5.60 mg/L. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 nilai kesadahan air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 500 mg/L.

Proses hujan dapat terjadi karena air permukaan mengalami penguapan yang dibawa ke dataran tinggi. Sedangkan air permukaan memiliki sifat lebih lunak atau kesadahan rendah dibandingkan dengan air tanah. Kesadahan air hujan di Kota Malang yaitu sebesar 39.60 mg/L termasuk dalam tingkat lunak atau kesadahan sangat rendah [11]. Zeolit memiliki sifat adsorben dan sebagai *ion exchange* dengan mengalirkan air hujan pada filter zeolit akan melepaskan Na dan digantikan dengan mengikat Ca dan Mg. Sedangkan arang aktif mempunyai kemampuan menyerap Ca dan Mg yang merupakan penyebab utama air sadah. Zeolit memiliki muatan negatif karena keberadaan atom aluminium di dalamnya. Muatan negatif yang menyebabkan zeolit dapat mengikat kation-kation dalam air seperti Fe, Al, Ca dan Mg. pengaliran air pada filter zeolit, kation tersebut akan diikat oleh zeolit yang bermuatan negatif. Selain itu zeolit mudah melepaskan kation dan digantikan zeolit lain. Serta arang aktif memiliki luas permukaan besar dengan pori-pori terbuka sehingga memiliki daya serap yang dapat menghilangkan partikel-partikel [12].

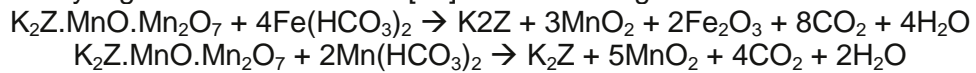
4. Besi dan Mangan

Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa kadar besi pada air hujan Kota Malang sebelum difiltrasi adalah <0.26 mg/L kemudian menjadi tidak terdeteksi setelah difiltrasi dengan sistem modifikasi filtrasi. Hasil air filtrasi tidak terdeteksi karena batas terendah dalam deteksi dengan spektrofotometer yaitu MDL <0.02. Penurunan ini terjadi akibat adanya proses oksidasi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} oleh kandungan bakteri pada media maupun oksigen terlarut pada air. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 kadar besi air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 1 mg/L.

Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa kadar mangan pada air hujan Kota Malang sebelum difiltrasi adalah 0.01 mg/L kemudian menjadi tidak terdeteksi setelah difiltrasi dengan sistem modifikasi filtrasi. Sistem filtrasi tersebut dapat menurunkan kadar mangan pada air hujan. Hasil air filtrasi tidak terdeteksi karena batas terendah dalam deteksi dengan spektrofotometer yaitu MDL <0.01. Penurunan ini terjadi akibat adanya proses oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} oleh kandungan bakteri pada media maupun oksigen terlarut pada air. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 kadar mangan air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 0.50 mg/L.

Penurunan besi dan mangan disebabkan oleh adanya oksidasi. Besi dalam air mengalami aerasi sehingga ion ferro (Fe^{2+}) teroksidasi menjadi ion ferri (Fe^{3+}) dengan bantuan bakteri pada media maupun oksigen terlarut dalam air serta dapat membentuk $Fe(OH)_3$ pada air yang bersifat presipitasi sehingga dapat mengendap pada media pasir. Sama halnya dengan mangan, penyisihan mangan disebabkan oleh proses oksidasi Mn^{2+} menjadi Mn^{4+} oleh bakteri maupun kandungan oksigen terlarut dalam air. Media filter zeolit berfungsi dalam menghilangkan zat besi dan berfungsi sebagai katalis. Waktu bersamaan

besi dan mangan yang ada dalam air akan teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tidak larut dalam air [13]. Reaksi sebagai berikut:



Reaksi penghilangan besi dan mangan menggunakan zeolit tidak dengan proses pertukaran ion tetapi reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksida mangan tinggi menghasilkan filtrat yang mengandung ferri-oksida dan mangan-dioksida yang tidak larut dalam air dan dapat dipisahkan dengan pengendapan dan penyaringan. Hal ini fungsi dari media pasir yang dapat menyaring partikel-partikel kecil. Media filter karbon aktif akan menyerap ion-ion logam pada permukaan arang aktif tersebut [13].

5. pH

Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa nilai pH pada air hujan sebelum difiltrasi adalah 7.40 dan menjadi 7.30 setelah difiltrasi. Modifikasi filtrasi tersebut mengakibatkan adanya penurunan pada pH. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 pH air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu sekitar 6.90 – 9.

pH akan mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan. Kondisi pH lebih kecil dari 6.50 atau lebih besar dari 9.20 akan menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa air dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan karena kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH rendah, sehingga menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar [14]. pH air hujan 7.40 menyebabkan logam berat seperti besi, mangan, klorida dan fluorida bersifat aman dan jumlah yang rendah.

6. Klorida

Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa kadar klorida pada air hujan Kota Malang sebelum difiltrasi adalah 7 mg/L kemudian menjadi 6 mg/L setelah difiltrasi dengan sistem modifikasi filtrasi. Sistem filtrasi tersebut dapat menurunkan kadar klorida pada air hujan sebanyak 1 mg/L. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 kadar mangan air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 600 mg/L. Penurunan kadar klorida disebabkan oleh peran karbon aktif yang dapat menyerap garam-garam mineral yang ada dalam perairan. Karbon aktif memiliki sifat adsorpsi secara fisik yang terjadi karena ikatan Van der Waals yaitu ikatan tarik antar molekul zat terlarut dan zat penyerapnya yaitu klorida yang berikatan dengan karbon aktif [7]. Serta sifat zeolit yang memiliki volume dan ukuran ruang hampa yang besar dalam kristalnya maka dapat menyaring zat-zat terlarut dalam air.

7. Fluorida

Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa kadar fluorida pada air hujan Kota Malang sebelum difiltrasi adalah 0.34 mg/L kemudian menjadi 0.32 mg/L setelah difiltrasi dengan sistem modifikasi filtrasi. Sistem filtrasi tersebut dapat menurunkan kadar fluorida pada air hujan. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 kadar fluorida air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 1.50 mg/L. Penurunan kadar fluorida disebabkan oleh peran karbon aktif yang dapat menyerap garam-garam mineral yang ada dalam perairan. Adanya adsorpsi secara fisik yang terjadi karena ikatan Van der Waals yaitu ikatan tarik antar molekul zat terlarut dan zat penyerapnya yaitu fluorida yang berikatan dengan karbon aktif. Serta sifat zeolit yang memiliki volume dan ukuran ruang hampa yang besar dalam kristalnya maka dapat menyaring zat-zat terlarut dalam air [7].

8. Total Dissolved Solid (TDS)

Berdasarkan data hasil pengamatan, air hujan Kota Malang memiliki nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) sebesar 136 mg/L kemudian menjadi 116 mg/L setelah difiltrasi dengan sistem filtrasi modifikasi. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 nilai TDS air hujan sebelum difiltrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 1500 mg/L. Sistem modifikasi filtrasi tersebut membuat nilai TDS air hujan mendekati nol dapat dilihat dari penurunan nilai TDS. Karbon aktif membentuk amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas dan memiliki permukaan berongga. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gr dan berhubungan dengan pori internal yang menyebabkan karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa terlarut [15].

9. Kekeruhan

Berdasarkan data hasil pengamatan, air hujan Kota Malang memiliki kekeruhan sebesar 1.05 NTU (Nephelometry Turbidity Unit) kemudian menjadi 1.02 NTU setelah difiltrasi dengan sistem filtrasi modifikasi. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 nilai kekeruhan air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 25 NTU. Modifikasi filtrasi dapat menghilangkan partikel tersuspensi dan koloid seperti lumpur, senyawa organik dan anorganik dengan ukuran sangat halus, plankton, dan mikroorganisme mikroskopik penyebab air keruh [16]. Hal ini karena peran media zeolit yang mampu mengadsorpsi dan menyaring molekul organik yang larut dan koloid yang menyebabkan air keruh dikarenakan struktur zeolit berongga serta karbon aktif membentuk amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas dan memiliki permukaan berongga. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan berhubungan dengan pori internal yang menyebabkan karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa terlarut [15].

10. Organoleptik (Warna dan Aroma)

Berdasarkan data hasil pengamatan laboratorium, air hujan Kota Malang memiliki nilai warna sebesar <0.26 Pt.Co. Nilai warna pada air hujan setelah difiltrasi dengan sistem filtrasi modifikasi didapatkan sebesar <0.26 Pt.Co. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 nilai warna air hujan sebelum difiltrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 50 Pt.Co. Pengujian fisik juga perlu dilakukan secara organoleptik. Uji organoleptik dilakukan oleh 20 panelis yang tidak berpengalaman untuk menguji kepekaan indra dalam membedakan antar produk. Uji organoleptik dilakukan pada 4 sampel yaitu A1 (air hujan dari atap), A2 (air hujan dari langit), A3 (air hasil filtrasi termodifikasi dari air hujan atap), A4 (air PDAM).

Uji organoleptik warna dinilai dengan adanya 5 skala numerik yaitu 1 jernih sekali, 2 jernih, 3 biasa, 4 keruh dan 5 keruh sekali. Uji organoleptik warna menggunakan uji Friedman. Uji Friedman diujikan pada 3 perlakuan yaitu A1, A2 dan A3 dengan tingkat kesalahan 5% ($\alpha = 0.05$). Hasil menunjukkan terdapat perbedaan warna yang signifikan masing-masing sampel. Uji organoleptik aroma dengan 2 penilaian yaitu beraroma (B) dan tidak beraroma (TB). Uji organoleptik aroma menggunakan uji One Proportion. Uji One Proportion diujikan pada 2 perlakuan yaitu A1 dan A2 dengan tingkat kesalahan 5% ($\alpha = 0,05$). Berdasarkan hasil uji One Sample Proportion pada perlakuan masing-masing, disimpulkan sampel-sampel pada A1 dan A2 cenderung beraroma. Sedangkan A3 dan A4 dinilai seluruh panelis tidak beraroma. Warna keruh dan aroma tidak biasa pada air disebabkan oleh zat-zat organik yang terlarut dari partikel hasil pembusukan bahan organik, ion-ion metal alam (besi dan mangan), plankton, humus, dan tanaman. Media adsorpsi seperti karbon aktif dapat menjernihkan warna air yang keruh karena menyerap senyawa-senyawa organik yang menimbulkan warna keruh dan aroma tidak sedap [15].

11. Total Coliform

Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa total koliform pada air hujan Kota Malang sebelum difiltrasi adalah 5 MPN/100 ml kemudian menjadi 2 MPN/100 ml setelah difiltrasi dengan sistem modifikasi filtrasi. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu dari Permenkes RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 total koliform air hujan sebelum difiltrasi dan air hasil filtrasi sistem modifikasi filtrasi sudah memasuki standar yang berlaku yaitu maksimal 50 MPN/100 ml. Kemampuan zeolit sebagai *ion exchanger* dan digunakan sebagai penghilang polutan kimia. Dalam air zeolit juga ternyata mampu mengikat bakteri *E.coli*. Hal ini dikarenakan zeolit dapat berfungsi sebagai perisai penyaringan fisik untuk bakteri patogen (bakteri dan spora) [17]. Mekanisme zeolit alam Malang Selatan untuk dapat mengadsorpsi dan menghambat pertumbuhan mikroba *Salmonella typhi* antara lain: *Salmonella typhi* merupakan bakteri gram negatif dengan bentuk koloni berupa basilus (batang), dengan diameter 1.20 μm . Zeolit alam Malang selatan (mordernit) mempunyai diameter ruang kosong atau pori-pori sebesar 2.90 - 7 Å. [18]. Ukuran diameter pori mordernit yang lebih kecil dari diameter bakteri menunjukkan bahwa bakteri *Salmonella typhi* bakteri tidak dapat melintasi atau masuk dalam pori-pori dari struktur kristal zeolit dan mekanisme yang mungkin adalah bakteri teradsorpsi di atas permukaan zeolit alam Malang selatan [19]. Selain itu *Salmonella typhi* mempunyai dinding sel yang bersifat lipopolisakarida, dimana untuk menjaga kestabilan dari dinding sel tersebut diperlukan ion Ca^{2+} yang banyak terdapat disekitar dinding sel bakteri. Zeolit merupakan adsorben yang mempunyai kemampuan mengikat logam dari luar untuk menetralkan muatannya, sehingga apabila ion Ca^{2+} bakteri terikat oleh zeolit maka bakteri *Salmonella typhi* akan mengalami lisis dan akhirnya dapat menyebabkan kematian dari sel bakteri [20].

SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah diketahui karakteristik fisik, kimia dan biologi air hujan di Kota Malang sebagai berikut total padat terlarut 136 mg/l, kekeruhan 1.05 NTU, suhu 24.60°C, warna <0.26 Pt.Co, aroma (organoleptik) beraroma, warna (organoleptik) keruh sekali, pH 7,4, KMnO_4 0,9 mg/l, fluorida 0,335 mg/l, klorida 7 mg/l, nitrit <0.001 mg/l, nitrat 0.53 mg/l, sulfat 6.63 mg/l, kesadahan total sebesar 39.60 mg/l, deterjen 0.09 mg/l, arsen <0.26 mg/l, besi <0.26 mg/l, mangan 0.01 mg/l, krom <0.01 mg/l, sianida, cadmium, raksa, timbal, selenium, seng tak terdeteksi karena berada di bawah batas deteksi. Data tersebut sudah memasuki standar baku mutu air bersih dari Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 416/MENKES/PER/IX/1990 dan dioptimalkan dengan teknologi filtrasi yang dimodifikasi sehingga didapatkan hasil pengamatan mengalami penurunan beberapa parameter dasar yang berhubungan dengan kesehatan sebagai berikut total padat terlarut 116 mg/l, kekeruhan 1.02 NTU, warna <0.26 Pt.Co, aroma (organoleptik) tidak beraroma, warna (organoleptik) jernih, pH 7.30, fluorida 0.32 mg/l, klorida 6 mg/l, kesadahan total sebesar 34 mg/l, besi dan mangan tak terdeteksi. Rancangan pengolahan filtrasi yang dimodifikasi cukup efektif dalam mengoptimalkan karakteristik fisik, kimia dan biologi air.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) World Health Organization. 2000. The World Health Report 2000 - Health Systems: Improving Performance. World Health Organization Assesses The World's Health Systems.
- 2) Suara pembaruan daily. 2003. Kerusakan Lingkungan Penyebab Utama Kekeringan. www.suarapembaruan.com. Tanggal akses: 14/03/2013
- 3) Sehgal, V. 2006. The Textbook of Clinical Dermatology. Forth Edition. Jaypee Brother Medical Publisher. 59-62.
- 4) Cheremisinoff, N.P. and A.C. Moressi. 1978. Carbon Adsorption. Handbook. Ann Arbour. Ann Arbour Science. New Delhi.

- 5) Pangidoan. 2013. Pengolahan Air Bersih Dilingkungan Kampus Universitas Pasir Pengaraian Dengan Sistem Up Flow. Fakultas Teknik. Universitas Pasir Pengaraian. Medan.
- 6) Sularso, A. D. 1998. Penurunan Tingkat Fe Dan Mn Air Sumur Dengan Kombinasi Aerasi Proses Dan Proses Saringan Pasir Cepat. Housing II Tangerang Jawa Barat. (Tesis). STTL YLH. Yogyakarta.
- 7) Reynolds. 1982. Unit Operation and Processes in Environmental Engineering, Texas A&M University, Brook/Cole Engineering Division. California.
- 8) Tchobanoglous, G. 1991 . Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse/Metcalf & Eddy, Inc. 3rd Edition. McGraw-Hill Inc. New York.
- 9) Benefield, Judkins, Weand. 1982. Process Chemistry For Water And Wastewater Treatment. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- 10) Departemen Kesehatan RI, 1990. Permenkes RI No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-Syarat Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.
- 11) Peavy and Howard S. 1985. Environmental Engineering. McGraw-Hill. Singapura
- 12) Kusnaedi. 2010. Mengolah Air Kotor Untuk Air Minum. Penebar Swadaya. Jakarta.
- 13) Wahyu, W. 2002. Teknologi Pengolahan Air Minum Dari Air Baku Yang Mengandung Kesadahan Tinggi. Pusat Teknologi Lingkungan. BPPT. JAI Vol.4 No.1 2007
- 14) Sanropie, D. 1984, Pedoman Studi Penyediaan Air Bersih Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi, Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- 15) Sri, W. 1867. Kinerja Pengolahan Air Bersih Dengan Filtrasi Dalam Mereduksi Kesadahan.
- 16) Davis, M. L. and D. A. Cornwell. 1991. Introduction to Environmental Engineering. Second edition. Mc-Graw-Hill, Inc. New York.
- 17) Awaluddin. 2007. Teknologi Pengolahan Air Tanah sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga. Jakarta.
- 18) Arthur A. dan R. B Sund. 1980. Teaching Science Through Discovery. Charles. E. Merrill Publishing Co. Ohio.
- 19) Gerard, B. 1994. Mikrobiologi Kedokteran. Edisi. Revisi. Jakarta. 174-175.
- 20) Schlegel, H. G. 1994. Mikrobiologi Umum. Penerjemah Tedjo Baskoro. Edisi keenam. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.