



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEKTIVITAS BIOFILTRASI PADA PROSES PENYARINGAN AIR
MINUM ISI ULANG SEBAGAI PENCEGAHAN PENYEBARAN
BAKTERI PATOGEN DI SALAH SATU DAMIU PANCORAN MAS
DEPOK TAHUN 2012**

SKRIPSI

**YOVITA SALYSA AULIA
0706274325**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**EFEKTIVITAS BIOFILTRASI PADA PROSES PENYARINGAN AIR
MINUM ISI ULANG SEBAGAI PENCEGAHAN PENYEBARAN
BAKTERI PATOGEN DI SALAH SATU DAMIU PANCORAN MAS
DEPOK TAHUN 2012**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat di Universitas Indonesia**

**YOVITA SALYSA AULIA
0706274325**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
JANUARI 2012**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Yovita Salysa Aulia
NPM : 0706274325
Mahasiswa Program : Sarjana Kesehatan Masyarakat
Peminatan : Kesehatan Lingkungan
Tahun Akademik : 2007

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam sayaan skripsi saya yang berjudul:

**EFEKTIVITAS BIOFILTRASI PADA PROSES PENYARINGAN AIR
MINUM ISI ULANG SEBAGAI PENCEGAHAN PENYEBARAN
BAKTERI PATOGEN DI SALAH SATU DAMIU PANCORAN MAS
DEPOK TAHUN 2012**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 24 Januari 2012



Yovita Salysa Aulia

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

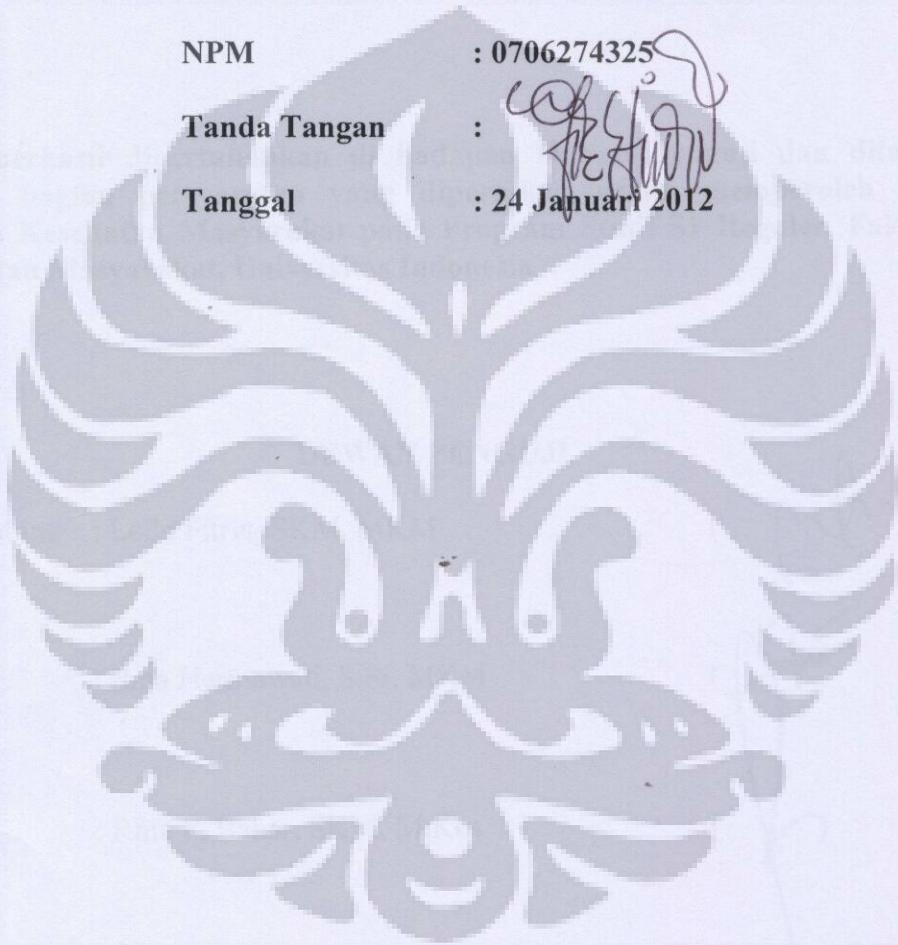
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yovita Salysa Aulia

NPM : 0706274325

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Januari 2012

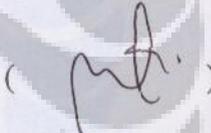


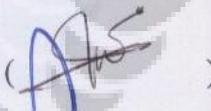
HALAMAN PENGESAHAN

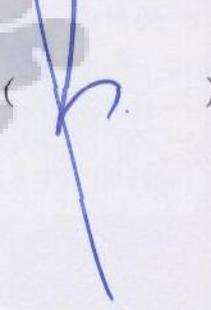
Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yovita Salysa Aulia
NPM : 0706274325
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Efektivitas Biofiltrasi pada Proses Penyaringan Air Minum Isi Ulang sebagai Pencegahan Penyebaran Bakteri Patogen di Salah Satu DAMIU Pancoran Mas Depok Tahun 2012

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Program Studi S1 Reguler, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Laila Fitria, SKM, MKM ()

Penguji : Ema Hermawati, S.Si, MKM ()

Penguji : Rina F. Bahar, SKM, M.Kes ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Sang Pencipta Alam Raya dan seisinya yang telah memberikan kekuatan dan keridhoannya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir (SKRIPSI) dengan judul “Efektivitas Biofiltrasi pada Proses Penyaringan Air Minum Isi Ulang sebagai Pencegahan Penyebaran Bakteri Patogen di Salah Satu DAMIU Pancoran Mas Depok Tahun 2012”.

Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat Jurusan Kesehatan Lingkungan pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari banyaknya doa, dukungan, bantuan, serta masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segenap ketulusan hati, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Laila Fitria, SKM., MKM selaku pembimbing akademik yang telah membimbing dan membantu saya dalam menyusun skripsi ini dengan sabar dan penuh perhatian sehingga skripsi ini dapat dibuat dengan optimal.
2. Ibu Ema Hermawati, S.Si., MKM selaku penguji dalam sidang skripsi saya yang telah menyediakan waktunya dan tenaganya untuk menguji dan memberi banyak masukan berguna agar skripsi saya menjadi lebih baik.
3. Ibu Rina F. Bahar, SKM, M.Kes selaku penguji luar sidang skripsi saya atas waktu dan tenaganya dalam menguji dan memberi saran kepada skripsi saya.
4. Kak Dodo selaku pembimbing laboratorium atas kesediannya untuk membantu saya menguji sampel.
5. Mas Agung selaku sepupu dan pemberi inspirasi saya dalam menghasilkan skripsi dengan tema “biofiltrasi”. Walaupun tema ini masih jarang diangkat di fakultas saya dan agak susah mencari pustaka yang sesuai, namun Mas Agung terus membantu untuk memudahkan saya dalam mengerjakan skripsi ini di tengah waktunya yang sangat padat.

6. Mama selaku orang tua saya satu-satunya yang selalu memberikan dukungan, semangat, doa, kepercayaan kepada saya dalam mengerjakan skripsi ini. Sungguh akan sulit saya menyelesaikan skripsi ini jika bukan karena mama yang selalu memberikan motivasi dan iringan doa sehingga skripsi ini selesai dengan optimal dan tepat waktu.
7. Papa yang Insya Allah sudah bahagia di samping Allah SWT, yang selalu menjadi motivasi saya untuk terus berjuang meraih segala impian-impian saya. Walau raga papa sudah tidak bersama saya, semangat dan perhatian papa untuk saya tetap melekat sampai akhir hayat.
8. Mba Yessy selaku kakak dan orang yang bertanggung jawab atas berubahnya tema skripsi ini (hahaha). Tapi, dengan ide yang beliau berikan, saya lebih semangat mengerjakan skripsi ini dibanding dengan tema sebelumnya.
9. Mba Shinta selaku kakak sulung yang selalu memberikan perhatian dan semangat untuk saya dan pembuatan skripsi ini.
10. Seluruh keluarga besar saya, dari para suami kakak-kakak saya dan keponakan-keponakan saya yang sudah memberi keceriaan di setiap waktu sehingga saya tidak merasa jenuh mengerjakan skripsi ini.
11. Sahabat-sahabat saya dari “Geng Labil” (Alfi, Fiza, Fik, Ika, Jay, Adhul, Wahyu) yang selalu membuat saya semangat dalam mengerjakan skripsi ini, khususnya Alfi yang sudah membantu merapihkan daftar pustaka saya.
12. Teman-teman S1 Reguler 2007, khususnya dari Jurusan Kesehatan Lingkungan. Terima kasih untuk segala doa, dukungan, semangat, masukan, dan persahabatan selama saya berkuliah, khususnya Peni yang sering menemani saya dan berbagi pengalaman.
13. Mas Bo yang telah bermurah hati memberi gratis biaya apapun selama saya mengerjakan skripsi. Semoga diberi rejeki yang halal dan terus berlimpah untuk Mas Bo sekeluarga.
14. Teman-teman BPH BEM UI 2011 (Maman, Ijonk, Rani, Rani NA, Soraya, Mega, Fahmi, Alin, Ruffi, Abay, Ayat, Tri, Ira, Cipi, Zahra, Diki, Riza, Aul, Fadel, Indah, Cabe, dan Arman), terutama riza yang sudah membantu saya menyatukan skripsi menjadi rapi, serta keluarga besar BEM UI 2011

yang telah menyemangati dan membantu saya selama mengerjakan skripsi.

15. KKlIers tersayang dari BEM UI 2011 yang selalu mendukung dan memberi semangat serta keceriaan dalam berorganisasi.
16. Pak Tusin, Pak Nasir, dan Bu Itus atas dukungan dan bantuannya dalam proses pembuatan surat izin dan segala keperluan untuk sidang dan skripsi.
17. Semua teman-teman angkatan 2007 yang lulus dalam jangka waktu 4,5 tahun yang menjadi motivasi saya sehingga saya tidak merasa sendiri di semester 9 ini.
18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Selalu teriring terima kasih sekaligus doa terbaik untuk semua pihak yang telah membantu saya dalam menyusun skripsi ini. Saya pun menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, dibutuhkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat meningkatkan kualitas dalam penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Depok, Januari 2012

Yovita Salysa Aulia

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yovita Salysa Aulia
NPM : 0706274325
Program Studi : Sarjana Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **EFEKTIVITAS BIOFILTRASI PADA PROSES PENYARINGAN AIR MINUM ISI ULANG SEBAGAI PENCEGAHAN PENYEBARAN BAKTERI PATOGEN DI SALAH SATU DAMIU PANCORAN MAS DEPOK TAHUN 2012**

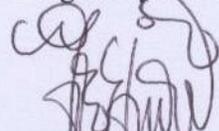
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai saya/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 24 Januari 2012

Yang menyatakan



Yovita Salysa Aulia

BIODATA PENULIS

Keterangan Diri

Nama : Yovita Salysa Aulia
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 18 November 1989
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Kp. Sindangkarsa no.750 RT 04/RW 05 Sukamaju
Baru, Tapos-Depok

Riwayat Pendidikan

Tahun	Nama Sekolah
1994 - 1995	TK Al-Hikmah
1995 - 1999	SD Islam Al-Husna
1999-2001	SD Negeri Sukatani 4
2001 - 2004	SMP Negeri 11 Depok
2004 - 2007	SMA Negeri 3 Depok
2007 – sekarang	Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
BIODATA PENULIS	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR BAGAN	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.4.1 Tujuan Umum.....	6
1.4.2 Tujuan Khusus.....	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.5.1 Pengembangan Ilmu.....	6
1.5.2 Pengelola DAMIU.....	7
1.5.3 Pemerintah/masyarakat.....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bakteri	8
2.1.1 Klasifikasi Bakteri.....	8
2.1.2 Morfologi	11
2.1.3 Struktur dan fungsi.....	12
2.1.4 Reproduksi	14
2.1.5 Bakteri Patogen	15
2.1.6 Kondisi Global, Nasional, Regional Bakteri Patogen pada Air Minum.....	19
2.1.7 Penyakit-Penyakit Disebabkan oleh Bakteri Patogen pada Air Minum.....	19
2.1.8 Mekanisme Perjalanan Agen ke Manusia.....	20
2.2 Filtrasi	21
2.2.1 Proses Pengolahan Filtrasi pada DAMIU	22
2.2.2 Prinsip Kerja Filtrasi DAMIU	27
2.2.3 Kondisi Global, Nasional, Regional Filtrasi pada DAMIU.....	30
2.3 Biofiltrasi	30
2.3.1 Komposisi Biofiltrasi.....	32
2.3.2 Prinsip Kerja Biofiltrasi.....	36

2.3.3 Kondisi Global, Nasional, Regional Biofiltrasi	39
BAB 3 KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DEFINISI OPERASIONAL	
3.1 Kerangka Teori.....	41
3.2 Kerangka Konsep	42
3.3 Definisi Operasional.....	43
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Rancangan Studi.....	44
4.2 Rancangan Sampel	44
4.2.1 Perhitungan Sampel	44
4.2.2 Pengambilan Sampel	44
4.3 Pengumpulan Data	45
4.3.1 Pengumpulan Data	45
4.3.2 Waktu Pelaksanaan	49
4.6 Analisis Data	50
BAB 5 HASIL PENELITIAN	
5.1 Hasil Uji Sampel	51
5.2 Keberadaan Mikroba pada Sampel	53
5.3 Jumlah Mikroba di Pagi dan Sore Hari	53
5.4 Bentuk Koloni Sampel	53
5.5 Tingkat Kadar Mikroba.....	54
5.6 Kadar Mikroba pada Air Baku	54
5.7 Kadar Mikroba pada Air Suling.....	54
5.8 Hasil Suling Biofiltrasi.....	55
5.9 Kekeliruan Hasil.....	55
BAB 6 PEMBAHASAN	
6.1 Penerapan Biofiltrasi	55
6.2 Keunggulan Biofiltrasi	56
6.3 Pembahasan Hasil Penelitian	57
6.4 Efektivitas Biofiltrasi	60
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan Penelitian	66
7.2 Saran.....	66
7.2.1 Bagi Pemerintah	66
7.2.2 Bagi Pengelola DAMIU	66
7.2.3 Bagi Masyarakat.....	67
7.2.4 Bagi Kaum Intelektual	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Tabel Bakteri Patogen dan Penyakitnya	16
Tabel 2.	Pembagian Sinar UV	27
Tabel 3.	Definisi Operasional Efektivitas Biofiltrasi pada Proses Penyaringan Air Minum Isi Ulang sebagai Pencegahan Penyebaran Bakteri Patogen di Salah Satu DAMIU Pancoran Mas Depok Tahun 2012	42
Tabel 4.	Hasil Sampel Air Menggunakan Membrane Filter dalam 1x24 Jam..	51
Tabel 5.	Hasil Sampel Air Berdasarkan Waktu Pengambilan	51
Tabel 6.	Hasil Sampel Air Berdasarkan Kadar Mikroba	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi Bakteri.....	12
Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Bakteri.....	15
Gambar 3. Analisis Mikrobiologis Air dengan <i>Membrane Filter</i>	48



DAFTAR BAGAN

Bagan 1. Interaksi Manusia yang Berhubungan dengan Kontaminasi Bakteri pada Air Minum	21
Bagan 2. Proses Pengolahan Air Minum pada DAMIU.....	28
Bagan 3. Komposisi dan Susunan Biofiltrasi.....	38
Bagan 4. Kerangka Teori	41
Bagan 5. Kerangka Konsep	42



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Peralatan Uji Laboratorium
- Lampiran 2 Dokumentasi Depot Pengambilan Sampel
- Lampiran 3 Dokumentasi Hasil Sampel Air
- Lampiran 4 Dokumentasi Rancangan Biofiltrasi
- Lampiran 5 Peraturan Menteri Kesehatan RI 2010



ABSTRAK

Efektivitas Biofiltrasi pada Proses Penyaringan Air Minum Isi Ulang sebagai Pencegahan Penyebaran Bakteri Patogen di Salah Satu DAMIU Pancoran Mas Depok Tahun 2012

Air merupakan kebutuhan manusia yang sangat penting, terutama fungsinya sebagai air minum. Akan tetapi, sumber air minum yang berasal dari air tanah semakin banyak yang terkontaminasi oleh limbah cair dan resapan septik tank. Oleh karena itu, masyarakat menjadikan Depot Air Minum Isi Ulang sebagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan air minum. Akan tetapi, kualitas air dari Depot Air Minum Isi Ulang selama ini masih diragukan yang disebabkan kurang maksimalnya filtrasi konvensional dalam menghilangkan bakteri patogen dalam air. Bakteri patogen merupakan bakteri yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Bakteri patogen dalam air biasanya terdiri dari *Vibrio cholera*, *Salmonella typhi*, *Shigella* dan *coliform*. Biofiltrasi merupakan konsep penyaringan alternatif untuk memaksimalkan penyaringan air pada depot. Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan membandingkan hasil uji air suling yang melalui filtrasi konvensional dengan biofiltrasi menggunakan metode *Membrane Filter*. Hasil menunjukkan ada penghilangan bakteri patogen pada air yang melalui proses biofiltrasi. Sedangkan, tidak ada pengurangan kadar bakteri patogen pada air hasil filtrasi konvensional. Disarankan agar operator, pengelola, pemerintah, masyarakat dan kaum intelektual mulai menerapkan konsep ini sebagai alternatif penyaringan air yang lebih aman.

Kata kunci: Air minum isi ulang, Bakteri, *Membrane Filter*, Filtrasi, Biofiltrasi

ABSTRACT

Efectivity of Biofiltration for Refill Drinking Water Treatment Process as Prevention of Pathogen Bacterial Transmission in One of The Refill Drinking Water Depot in Pancoran Mas on 2012

Water is a very important human needs, especially its function as drinking water. However, the source of drinking water from groundwater has contaminated by a wastewater and seepage of septic tank. Therefore, people make refill drinking water as an alternative to supply their drinking water. However, the quality of water from refill drinking water is still doubtful due to lack of maximal conventional filtration in removing bacterial pathogens in water. Pathogen bacterial is a type of bacteria that can interfere of human health. Pathogen bacterial in water usually consists of *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Shigella* and *coliform*. Biofiltration is an alternative filtering concept to maximize water filtration on the depot. This study used a descriptive design to compare the test results of distilled water through conventional filtration than biofiltration with *Membrane Filter* method. The result shows there is removal of bacterial pathogens in water through a process biofiltration. Meanwhile, there is no reduction in levels of pathogenic bacteria in the water of conventional filtration result. It is recommended that operators, managers, government, society and the intellectuals began to implement this concept as an alternative safer water filtration.

Key words: Refill drinking water, Bacteria, *Membrane Filter*, Filtration, Biofiltration

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia membutuhkan air untuk berbagai macam keperluan, seperti mandi, mencuci, memasak, dan konsumsi sehari-hari. Menurut Peter A. Krenkel, air sejak dulu sudah digunakan untuk penyediaan domestik, industri, pertanian, pengairan dan simpanan alam, perkembangbiakan ikan dan kehidupan laut lainnya, budidaya kerang, renang dan mandi, transportasi, penguraian, dan pengolahan limbah (Krenkel, 1980).

Penggunaan air di berbagai negara pun berbeda-beda jumlahnya, diantaranya seperti Chicago dan Los Angeles (Amerika Serikat) masing-masing 800 dan 640 liter, kota Paris (Perancis) 480 liter, kota Tokyo (Jepang) 530 liter dan kota Uppsala (Swedia) 750 liter per kapita per hari (Hamdiyati, 2000). Di Indonesia sendiri, berdasarkan catatan dari Departemen Kesehatan rata-rata keperluan air adalah 60 liter per kapita, meliputi 30 liter untuk keperluan mandi, 15 liter untuk keperluan minum dan sisanya untuk keperluan lainnya (Departemen Kesehatan, 1994).

Walaupun dalam segi kuantitas kebutuhan akan air untuk mandi menempati peringkat tertinggi, namun fungsi air sebagai air minum merupakan kebutuhan manusia yang esensial untuk memenuhi kebutuhan air dalam tubuh. Sekitar 55.60% berat badan orang dewasa terdiri dari air, untuk anak-anak sekitar 65% dan untuk bayi sekitar 80% (Notoatmodjo, 2002). Oleh karena itu, kebutuhan air minum setiap orang pun bervariasi dari 2,1 liter hingga 2,8 liter per hari, tergantung pada berat badan dan aktivitasnya (Malem, 2010).

Sayangnya, kebutuhan akan air terhambat oleh pencemaran air tanah yang kian parah dewasa ini. Hal ini menyebabkan banyak masyarakat kesulitan mendapatkan air bersih, khususnya air minum. Dewasa ini, air tanah sudah tidak lagi aman dijadikan sebagai air baku untuk air minum. Hal ini dikarenakan air tanah telah terkontaminasi oleh rembesan septik tank, maupun air permukaan buangan limbah industri dan rumah tangga (Satmoko, 2005).

Kondisi air minum seperti itu tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/PER/IV/2010 di mana salah satu pasal di dalamnya menyatakan bahwa air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Jika air terkontaminasi oleh rembesan septik tank berarti air tersebut berisiko untuk terkontaminasi bakteri, sehingga tidak dapat memenuhi persyaratan mikrobiologis. Begitu pula jika air terkontaminasi buangan limbah industri dan rumah tangga yang banyak mengandung bahan kimia yang menjadikan air minum tidak dapat memenuhi persyaratan kimia dan fisika.

Air tanah di kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung dan Semarang sudah terdeteksi bahwa kondisinya terus menurun (www.jabarprov.go.id). Sejumlah PDAM di beberapa daerah pun mulai diragukan kualitasnya, di mana masyarakat mulai mengeluhkan air PDAM yang mulai keruh dan kehitaman, seperti yang terjadi di Bandung sejak bulan September tahun 2011 (www.bataviase.co.id). Di Jakarta, banyak masyarakat mencari alternatif lain, salah satu contohnya adalah air isi ulang. Air isi ulang yang dapat diperoleh di DAMIU (Depot Air Minum Isi Ulang) merupakan pilihan yang tepat untuk menyediakan kebutuhan air minum karena cukup praktis (Satmoko, 2005). Hal ini yang menjadi alasan mengapa air minum isi ulang menjadi pilihan masyarakat untuk dikonsumsi selain karena harganya yang murah (Malem, 2010).

Terdapat 1000 depot air minum isi ulang yang berkembang di 10 tahun terakhir. Depot Air Minum Isi Ulang memang dapat menjadi solusi untuk para masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air minumnya, tetapi kualitas dari air minum tersebut masih diperdebatkan. Dengan kata lain, belum ada standarisasi dalam peraturan untuk proses pengolahan air, sehingga depot tidak dapat menjamin bahwa air yang diproduksinya sesuai kualitas standar air minum (Satmoko, 2005).

Jika kualitas air depot masih diragukan, pemilihan DAMIU sebagai alternatif air minum di perkotaan dapat menjadi risiko yang bisa membahayakan kesehatan jika konsumen tidak memperhatikan keamanan dan ke higienisannya. Terutama jika pada pemeriksaan laboratorium, air pada DAMIU mengandung

bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Berdasarkan studi tentang kualitas DAMIU yang dilakukan di laboratorium IPB yang menguji kualitas 120 sampel air minum isi ulang dari 10 kota besar, yaitu Jakarta, Tangerang, Bekasi, Bogor, Cikampek, Medan, Denpasar, Yogyakarta, Semarang, dan Surabaya, menunjukkan bahwa sekitar 16% dari sampel tersebut terkontaminasi bakteri *coliform*, yaitu indikator bakteri patogen pada tinja. Hal ini mengindikasikan kualitas depot air minum isi ulang yang masih buruk (Pratiwi, 2007).

Bakteri patogen yang sering ditemukan pada air minum dan menyebabkan *waterborne disease* terdiri dari *Vibrio cholera*, *Salmonella typhi*, dan *coliform* (Slamet, 2007). Hal ini dapat terjadi karena air merupakan media yang baik tempat bersarangnya bibit penyakit/agent (Malem, 2007). Penyakit-penyakit yang disebabkan bakteri patogen tersebut sudah menyebabkan penyakit di berbagai negara di dunia.

Dalam beberapa laporan, *Vibrio cholera* sering muncul sebagai endemic di banyak wilayah di Asia, walaupun jarang ditemukan di Amerika dan Eropa. Akan tetapi, ledakan endemik kolera karena *Vibrio cholera* dan demam tipus pernah didokumentasikan di Peru dan Chili yang disebabkan karena mengkonsumsi sayuran yang telah terkontaminasi oleh air limbah domestik (Said, 2010).

Sama halnya dengan *Vibrio cholera*, bakteri salmonella merupakan bakteri penyebab penyakit yang patut diwaspadai. Diperkirakan hampir 0,1% dari penduduk mengeluarkan salmonella di dalam tinja. Di Amerika Serikat, salmonellosis biasanya disebabkan oleh kontaminasi makanan, namun transmisi lewat air minum masih menjadi perhatian yang utama (Sobsey dan Olson, 1983 di dalam Bitton 1994).

Di negara tropis, *Escherichia coli* adalah indikator penting terjadinya diare pada anak-anak. *Escherichia coli* jenis enterotoksigenik menyebabkan 11-15% diare wisatawan/ *traveler's diarrhea* pada orang yang berkunjung ke negara berkembang dan 30-40% menyebabkan diare pada pengunjung di Meksiko (emedicine.medscape.com). Indonesia sendiri menempati urutan kedua setelah

Tiongkok sebagai negara dengan angka kematian diare terbanyak di Asia (ciptakarya.pu.go.id).

Kontaminasi bakteri pada air minum, khususnya air minum depot isi ulang, bisa diakibatkan oleh terjadinya kontaminasi peralatan dan lingkungan sekitar depot dan perilaku operator dalam mengoperasikan alat pengolahan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Lyus di Jakarta Pusat pada tahun 2004, 28% depot yang diamati tidak memenuhi syarat hygiene perorangan, 20% tidak memenuhi syarat sanitasi depot, 12% tidak memenuhi syarat sanitasi ruang pengisian air minum, dan 56% tidak memenuhi syarat sanitasi ruang pencucian galon (Lyus, 2004).

Di Kota Depok pada tahun 2007 diketahui terdapat 7,45% warganya menggunakan air minum dalam kemasan (Profil Kesehatan Jawa Barat, 2007). Hal ini dapat disebabkan karena ketersediaan untuk mendapatkan akses air bersih di Depok masih sekitar 64,26% sehingga beberapa masyarakat lebih memilih air minum isi ulang sebagai alternatif air minum mereka. Angka kasus diare di Depok pun cukup tinggi, yaitu sebanyak 2.447,13 per 1000 pada tahun 2010 (Departemen Kesehatan, 2010).

Pancoran Mas merupakan kecamatan di Depok yang memiliki jumlah depot air minum isi ulang yang cukup banyak. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan di Pancoran Mas terhadap depot air minum isi ulang menunjukkan bahwa enam (28,57%) dari 21 depot yang diambil sampelnya terkontaminasi fekal coli dan dua depot (9,5%) yang terkontaminasi bakteri *Escherichia coli* (Ramadhan, 2009). Data ini mendukung angka kesakitan diare di Pancoran Mas yang masih cukup tinggi, yaitu mencapai 8.904 orang dari 210.514 penduduknya (Dinas Kesehatan Depok, 2010)

Berdasarkan data tersebut, menandakan bahwa kualitas air dari beberapa depot di Pancoran Mas memiliki risiko untuk dikonsumsi sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menemukan solusi yang tepat agar masyarakat dapat merasa aman jika mengonsumsi DAMIU. Studi sebelumnya yang pernah dilakukan di Pancoran Mas (Ramadhan, 2009) merupakan penelitian tentang kualitas air dari 21 DAMIU di Pancoran Mas yang belum dilengkapi dengan penyelesaian yang spesifik.

Beberapa studi mengenai DAMIU pun memiliki penyelesaian yang serupa, di mana butuh pengawasan dari pemerintah dan peningkatan kesadaran operator terhadap *hygiene personal* dan sanitasi lingkungan (Syuhada, 2005). Sedangkan, selain dua hal tersebut, juga dibutuhkan solusi yang lebih nyata dan dimulai pula dari sumbernya, yaitu air baku DAMIU. Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan efektifitas suatu konsep baru dalam penyaringan air minum isi ulang, yaitu “biofiltrasi”. Konsep biofiltrasi merupakan konsep penyaringan yang tersusun dari bahan alam yang berfungsi menghilangkan berbagai kontaminasi, terutama bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Oleh karena itu, konsep ini dijadikan sebagai solusi permasalahan air minum agar DAMIU di Pancoran Mas dan daerah lainnya dapat menghasilkan air minum yang lebih aman dan higienis.

1.2 Perumusan Masalah

Semakin banyaknya kontaminasi air yang menyebabkan krisis air bersih, banyak masyarakat beralih ke air minum isi ulang (DAMIU) yang siap minum sebagai alternatif air minum mereka. Tetapi, jika kualitas air depot masih diragukan, DAMIU dapat membahayakan kesehatan pengonsumsinya jika terdapat kontaminasi bakteri patogen di dalamnya. Bakteri patogen yang biasanya terdapat pada air minum diantaranya *Vibrio cholera*, *Salmonella typhi*, dan *coliform* yang dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan pada manusia. Kecamatan Pancoran Mas merupakan salah satu kecamatan di Depok yang memiliki banyak depot air minum. Dari 21 depot yang ada di Pancoran Mas, terdapat enam depot yang terkontaminasi fekal coli dan dua depot terkontaminasi *Escherichia coli*. Semakin tingginya penggunaan DAMIU sebagai alternatif air minum di masyarakat, membuat kesehatan mereka semakin berisiko. Dengan adanya penemuan bakteri patogen di dalam air pada DAMIU, keadaan tersebut berpotensi menyebabkan penyakit berbasis air (*waterborne disease*) seperti kolera, tipes, dan gangguan pencernaan lainnya dengan gejala diare. Angka kesakitan diare di Pancoran Mas mencapai 22,4 pada tahun 2008. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ramadhan dan beberapa studi lainnya, merupakan penelitian yang belum dilengkapi dengan penyelesaian yang spesifik,

nyata, dan dimulai dari sumbernya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memaparkan efektifitas konsep baru dalam penyaringan air depot, yaitu “biofiltrasi” sebagai solusi dalam permasalahan air minum agar DAMIU di Pancoran Mas dan daerah lainnya dapat menghasilkan air minum yang lebih aman dan higienis.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Bagaimana efektifitas biofiltrasi pada proses penyaringan air minum isi ulang sebagai pencegahan penyebaran bakteri patogen di salah satu DAMIU Pancoran Mas Depok tahun 2012?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Mengetahui efektifitas biofiltrasi pada proses penyaringan air minum isi ulang sebagai pencegahan penyebaran bakteri patogen di salah satu DAMIU Pancoran Mas Depok tahun 2012

1.4.2 Tujuan Khusus

- 1.4.2.1 Mengetahui kandungan bakteri patogen pada air baku DAMIU sebelum melalui proses apapun
- 1.4.2.2 Mengetahui kandungan bakteri patogen pada air baku yang melalui proses biofiltrasi
- 1.4.2.3 Mengetahui kandungan bakteri patogen pada air baku yang melalui proses filtrasi konvensional + sinar UV
- 1.4.2.4 Membandingkan hasil dari dua proses penyaringan DAMIU untuk mengetahui efektifitas konsep biofiltrasi.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Pengembangan ilmu

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan tambahan dokumen kepustakaan agar kelak dapat terus dikembangkan untuk kemajuan ilmu pengetahuan, khususnya terkait efektifitas biofiltrasi pada proses penyaringan air minum isi ulang sebagai pencegahan

penyebaran bakteri patogen pada air minum. Sehingga, penelitian ini dapat dikembangkan atau dijadikan solusi untuk daerah lain yang memiliki masalah yang serupa dengan Kecamatan Pancoran Mas.

1.5.2 Pengelola DAMIU

Memberikan alternatif kepada pengelola DAMIU agar memiliki penyaring air yang dapat menghasilkan air lebih higienis dengan biaya pembuatan dan perawatan yang lebih ekonomis.

1.5.3 Pemerintah/masyarakat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi tentang efektifitas biofiltrasi pada proses penyaringan DAMIU sebagai pencegahan penyebaran bakteri patogen pada air minum isi ulang di wilayah kecamatan Pancoran Mas, terutama Dinas Kesehatan Kota Depok yang nantinya dapat diinformasikan pada pemerintah dan masyarakat. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan pengetahuan dan rasa aman pada masyarakat dalam mengonsumsi DAMIU bahwa proses penyaringan air baku yang benar dapat mencegah penyebaran bakteri patogen tersebut. Oleh karena itu, informasi tersebut dapat menjadi salah satu input pembinaan dan perbaikan terhadap pengelolaan depot air minum isi ulang untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri

Bakteri pertama ditemukan oleh Anthony van Leeuwenhoek pada 1674 dengan menggunakan mikroskop buatannya sendiri. Istilah *bacterium* diperkenalkan di kemudian hari oleh Ehrenberg pada tahun 1828, diambil dari kata Yunani βακτηριον yang memiliki arti "*small stick*".

2.1.1 Klasifikasi Bakteri

Bakteri diklasifikasikan dalam beberapa tipe, diantaranya:

1. Bakteri Fototropik

Bakteri ini adalah organisme yang berbeda secara morfologis dan semuanya mengandung pigmen seperti klorofil, yakni bakterio klorofil. Jasad renik ini melakukan fotosintesis. Pada bakteri, donor elektronnya bukan air. Mereka lebih banyak terdapat di lingkungan akuatik.

2. Bakteri Luncur

Kelompok ini diwakili oleh beberapa tipe morfologi yang tidak umum. Salah satu contohnya adalah, *Myxobacterales*, juga dinamakan miksobakter, menghasilkan apa yang disebut tubuh buah (struktur yang membentuk spora) terdiri dari lendir dan sel. Tubuh buah ini sering kali berwarna cerah dan dapat tumbuh sampai mencapai dimensi makroskopis. Sel-sel individu dapat meluncur pada permukaan padat tetapi tidak mempunyai flagella. Mekanisme yang menghasilkan gerak ini belum diketahui.

3. Bakteri Berselongsong

Kelompok ini bercirikan sel-sel berbentuk batang yang dikelilingi selongsong, sehingga sel-sel individu terlihat seperti di dalam tabung. Bakteri ini terdapat dalam air, limbah, dan air buangan industri.

4. Bakteri Kuncup dan/ Bakteri Berapendiks

Bakteri dalam kelompok ini memiliki ciri- ciri struktural yang khas. Beberapa membentuk tonjolan berbentuk filamen yang disebut prosteka

dalam tubuh, selnya. Reproduksi dengan tunas terjadi pada ujung-ujung prosteka. Kelompok lain membentuk pelekap. Struktur ini muncul pada satu ujung sel dan terdiri dari bahan dinding sel dan membran berbahan adesif pada ujungnya. Alat ini memungkinkan bakteri untuk melengketkan bakteri pada permukaan.

5. Spiroket

Bakteri ini memiliki bentuk langsing, lentur, dan berpilin-pilin. Ukuran panjangnya berkisar antara 3 sampai 500 mikrometer. Dan bergerak dengan berbagai cara. Beberapa bersifat saprofit dan lainnya parasit.

6. Bakteri Spiral Dan Lengkung

Bakteri ini seperti spiroket, tetapi tidak lentur melainkan kaku. Beberapa spesies, vibrio, berbentuk seperti koma. Beberapa hidup bebas dalam lingkungan akuatik. Yang lainnya saprofit atau parasit.

7. Kokus negatif gram

Bakteri kokus gram negatif yang tergolong dalam ordo Eubacteriales, famili Neisseriaceae, dan genus *Neisseria* adalah *Neisseria meningitidis* dan *Neisseria gonorrhoeae*. Perbedaan antara *N.gonorrhoeae* dan *N. Meningitidis* biasanya didasarkan atas hasil fermentasi gula-gula. *N. Meningitidis* membentuk asam dari glukosa dan maltosa, sedangkan *N. Gonorrhoeae* hanya membentuk asam dari glukosa saja.

8. Batang negatif gram

Enterobacteriaceae adalah suatu famili kuman yang terdiri dari sejumlah besar spesies bakteri yang sangat erat hubungannya satu dengan lainnya. Karena hidupnya yang pada keadaan normal di usus besar manusia, kuman ini disebut kuman enterik atau basil enterik. Sebagian besar kuman enterik tidak menimbulkan penyakit pada *host* (tuan rumah) bila kuman tetap berada dalam usus besar, tetapi pada keadaan-keadaan dimana terjadi perubahan pada *host* atau bila ada kesempatan memasuki bagian tubuh yang lain, banyak diantara kuman enterik ini mampu menimbulkan penyakit pada tiap jaringan di tubuh manusia.

Di dalam klasifikasinya, Ewing membagi famili kuman ini di dalam 6 *tribe* yaitu:

- Tribe I Escherichiaea
- Tribe II Edwardsiellae
- Tribe III Salmonelleae
- Tribe IV Klebsielleae
- Tribe V Proteeae
- Tribe VI Erwinieae

Sedangkan Bergey menggolongkannya ke dalam 5 grup dan memasukkan genus *Yersinia* ke dalam famili ini. Kelima grup tersebut adalah:

- Grup I Escherichiaea
- Grup II Klebselleae
- Grup III Proteeae
- Grup IV Yersinieae
- Grup V Erwinieae

9. Kokus Positif Gram

a. Stafilocokus

Ordo: Eubacteriales

Famili: Micrococcaceae

Genus: Staphylococcus

Spesies: *staphylococcus aerus*

staphylococcus epidermis

staphylococcus saprophyticus

Stafilocokus berasal dari perkataan *staphile* yang berarti kelompok buah anggur dan kokus yang berarti benih bulat. Kuman ini sering ditemukan sebagai kuman flora normal pada kulit dan selaput lender manusia. Beberapa jenis kuman ini dapat menyebabkan keracunan makanan.

b. Streptokokus

Famili: Streptococcaceae

Genus: Streptococcus

Spesies: *streptococcus pyogenes*

streptococcus pneumoniae

manusia termasuk salah satu makhluk yang paling rentan terhadap infeksi Streptokokus dan tidak ada alat tubuh atau jaringan dalam tubuhnya yang betul-betul kebal. Pasteur dan Koch menemukannya dalam nanah pada luka yang terkena infeksi.

10. Batang Positif Gram

Bacillaceae

Golongan kuman Bacillaceae adalah kuman batang berspora (endospora) yang bersifat positif gram dan terbagi dalam dua genus yang terkenal:

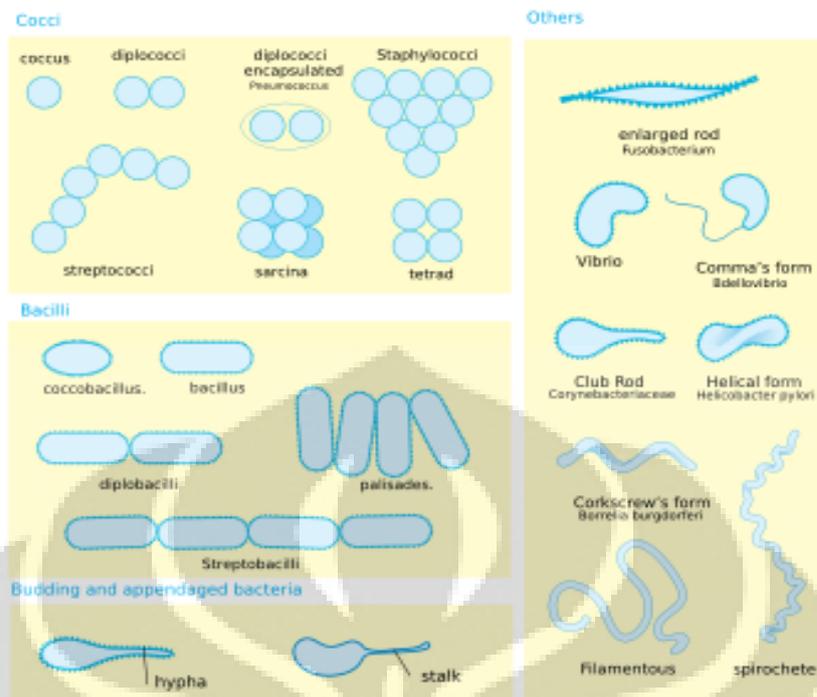
- a. genus Bacillus yang bersifat aerob
- b. genus Clostridium yang bersifat anaerob

2.1.2 Morfologi

Satuan yang digunakan dalam pengukuran bakteri adalah satuan mikrometer (10^{-3} mm). Ukuran bakteri batang yang umum berkisar antara 0.5-1.0 x 2.0-5.0 μm dan yang berbentuk bulat memiliki diameter 0.75-1.25 μm .

Bentuk bakteri cukup beragam dan dapat digolongkan menjadi 3 kelompok besar, yaitu kokus, basil, dan spiral. Bakteri berbentuk basil kadang menempel satu sama lain pada ujung-ujungnya sehingga terlihat seperti rantai (lihat gambar 1).

Beberapa spesies memiliki pola penataan. Kokus terbagi atas diplococcus (berpasangan), streptococcus (memanjang seperti rantai), tetracoccus (tersusun atas empat berbentuk persegi), staphylococcus (bergerombol tidak beraturan), dan sarcinae (berbentuk kubus). Basil terdiri atas diplobasilus, streptobasilus, dan monobasilus. Sedangkan bakteri yang berbentuk spiral tidak berkelompok sehingga tidak memiliki pola penataan seperti kokus dan basil (lihat gambar 1).



Gambar 1. Morfologi bakteri (Pelczar dan Chan, 1986)

2.1.3 Struktur dan Fungsi

Sel prokariotik lebih sederhana dibandingkan sel eukariotik. Akan tetapi dengan satu pengecualian, yaitu selubung sel pada sel prokariotik lebih kompleks dari selubung sel pada sel eukariotik.

Seperti prokariota (organisme yang tidak memiliki selaput inti) pada umumnya, semua bakteri memiliki struktur sel yang relatif sederhana. Struktur bakteri yang paling penting adalah dinding sel. Bakteri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu Gram positif dan Gram negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel.

Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tebal dan asam *teichoic*. Sementara bakteri Gram negatif memiliki lapisan luar, lipopolisakarida - terdiri atas membran dan lapisan peptidoglikan yang tipis terletak pada periplasma (di antara lapisan luar dan membran sitoplasmik).

Banyak bakteri memiliki struktur di luar sel lainnya seperti flagela dan fimbria yang digunakan untuk bergerak, melekat dan konjugasi. Beberapa bakteri juga memiliki kapsul atau lapisan lendir yang membantu pelekatan bakteri pada

suatu permukaan dan *biofilm formation*. Bakteri juga memiliki kromosom, ribosom dan beberapa spesies lainnya memiliki granula makanan, vakuola gas dan magnetosom.

Beberapa bakteri mampu membentuk endospora yang membuat mereka mampu bertahan hidup pada lingkungan ekstrim.

2.1.3.1. Dinding sel

Fungsi dinding sel pada prokaryota, adalah melindungi sel dari tekanan turgor yang disebabkan tingginya konsentrasi protein dan molekul lainnya dalam tubuh sel dibandingkan dengan lingkungan di luarnya. Dinding sel bakteri berbeda dari organisme lain. Dinding sel bakteri mengandung peptidoglikan yang terletak di luar membran sitoplasmik. Peptidoglikan berperan dalam kekerasan dan memberikan bentuk sel. Ada dua tipe utama bakteri berdasarkan kandungan peptidoglikan dinding selnya yaitu Gram positif dan Gram negative.

a. Dinding sel Gram positif

Karakteristik utamanya adalah tebalnya lapisan peptidoglikan pada dinding sel. Akibatnya, pada saat prosedur pewarnaan Gram, meninggalkan warna biru. Dinding sel Gram positif biasa ditemukan pada *Actinobacteria* dan *Firmicutes*.

b. Dinding sel Gram negatif

Tidak seperti dinding sel Gram positif, dinding sel Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis. Hal ini menyebabkan lunturnya warna biru saat disiram etanol.

2.1.3.2. Kromosom dan plasmid

Tidak seperti eukaryota, kromosom bakteri tidak dikelilingi *membran-bound nucleus* melainkan ada di dalam sitoplasma sel bakteri. Ini berarti translasi, transkripsi dan replikasi DNA semuanya terjadi di tempat yang sama dan dapat berinteraksi dengan struktur sitoplasma lainnya, salah satunya ribosom.

Kebanyakan bakteri memiliki plasmid. Plasmid dapat dengan mudah didapat oleh bakteri. Namun, bakteri juga mudah untuk menghilangkannya. Plasmid dapat diberikan kepada bakteri lainnya dalam bentuk transfer gen horizontal

2.1.3.3. Membran intraselular

Membran intraselular dapat ditemui pada bakteri fototrof, bakteri *nitrifying* dan bakteri metana.

2.1.3.4. Ribosom

Semua prokaryota memiliki 70S (di mana S = satuan Svedberg) ribosom sedangkan eukaryota memiliki 80S ribosom pada sitosol mereka.

2.1.3.5. Vakuola gas

Dengan mengatur jumlah gas dalam vakuola gasnya, bakteri dapat meningkatkan atau mengurangi kepadatan sel mereka secara keseluruhan dan bergerak ke atas atau bawah dalam air.

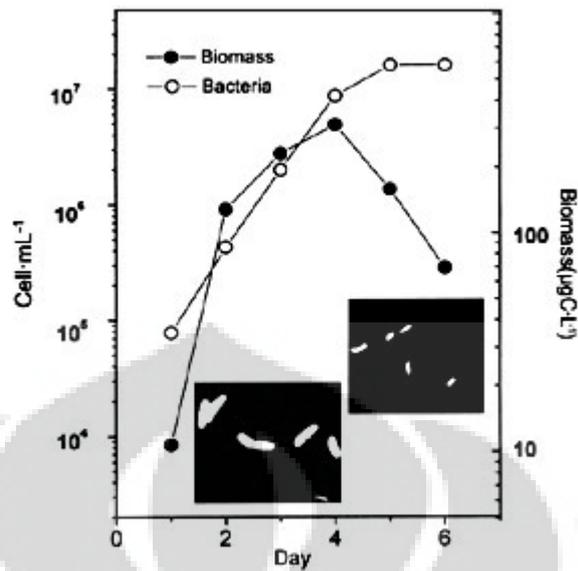
2.1.3.6. Endospora

Endospora tahan terhadap berbagai jenis larutan kimia, dan keadaan lingkungan yang tidak baik.

2.1.4 Reproduksi

Perbanyakan pada bakteri disebabkan oleh pembelahan sel secara aseksual. Bila bakteri diinokulasikan ke dalam suatu medium yang sesuai dan pada keadaan yang optimum bagi pertumbuhannya, maka terjadi kenaikan jumlah yang amat tinggi dalam waktu yang relatif pendek. Pada beberapa spesies, populasi tercapai dalam waktu 24 jam; populasinya dapat mencapai 10 sampai 15 milyar sel bakteri per millimeter.

Pembelahan biner melintang adalah prose reproduksi yang paling umum di dalam daur pertumbuhan yang biasa pada populasi bakteri. Pembelahan biner melintang adalah suatu proses reproduksi aseksual.



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Bakteri (Pelczar dan Chan, 1986)

2.1.5 Bakteri Patogen

Tinja atau kotoran binatang (fecal matter) mengandung lebih dari 10^{12} bakteri per gram. Kandungan bakteri di dalam tinja mencapai kira-kira 9% dari berat basah. Bakteri yang ada di dalam air limbah telah diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu:

- a. Bakteri gram-negative facultative anaerobic misalnya aeromonas, plesiomonas, vibrio, enterobacter, Escherichia, klebsiella dan shigella.
- b. Bakteri gram-negative aerobic misalnya pseudomonas, alcaligenes, flavobacterium, dan acinetobacter
- c. Bakteri gram-positive pembentuk spora Bacillus spp.
- d. Bakteri gram-positive non spora misalnya Arthrobacter, Corynebacterium, Rhodococcus.

Adapun bakteri yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, diantaranya terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Tabel bakteri patogen dan penyakitnya (Sobsey dan Olson, 1983)

No.	Nama bakteri	Penyakit yang ditimbulkan
1.	<i>Salmonella typhosa</i>	Tifus
2.	<i>Shigella dysenteriae</i>	Disentri basiler
3.	<i>Vibrio comma</i>	Kolera
4.	<i>Haemophilus influenza</i>	Influenza
5.	<i>Diplococcus pneumoniae</i>	Pneumonia (radang paru-paru)
6.	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	TBC paru-paru
7.	<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus
8.	<i>Neiseria meningitis</i>	Meningitis (radang selaput otak)
9.	<i>Neiseria gonorrhoeae</i>	Gonorrhoeae (kencing nanah)
10.	<i>Treponema pallidum</i>	Sifilis atau Lues atau raja singa
11.	<i>Mycobacterium leprae</i>	Lepra (kusta)
12.	<i>Treponema pertenu</i>	Puru atau patek

2.1.5.1. Salmonella

Konsentrasi salmonella di dalam air limbah berkisar dai beberapa sel sampai mencapai 8000 organisme per 100 ml air limbah. Diperkirakan bahwa hampir 0,1% dari penduduk mengeluarkan salmonella di dalam tinja.

Salmonella adalah enterobacteriaceae yang terdistribusi secara luas di dalam lingkungan, dan meliputi lebih dari 2000 stereotipe. Salmonella merupakan bakteri patogen yang paling utama yang terdapat di dalam air limbah, yang dapat menyebabkan demam tipus dan paratipus, dan gastroenteritis (radang lambung/perut).

Spesies salmonella yang sering terdapat pada makanan yang terkontaminasi antara lain yaitu *salmonella paratyphi* dan *salmonella typhi*. Spesies tersebut dapat tumbuh cepat di dalam makanan yang terkontaminasi tersebut dan dapat menyebabkan gastroenteritis dengan gejala diare dan kejang perut.

Salmonella typhi adalah agen infeksi demam tipus, suatu penyakit yang tidak segera diobati dapat menyebabkan kematian. Penanggulangan penyakit tersebut telah dilakukan dengan cara menggunakan teknologi proses pengolahan air yang memadai misalnya dengan filtrasi dan khlorinasi. *Salmonella thypi* tersebut menghasilkan endotoxin yang dapat berakibat fatal apabila tidak diobati dengan antibiotik.

2.1.5.2. Shigella

Shigella secara sepintas merupakan agen disentri bacillus, suatu penyakit diare yang menyebabkan berak darah sebagai akibat peradangan dan pendarahan selaput atau dinding usus. Ada empat spesies shigella yang bersifat patogen yaitu *Shigella flexnery*, *Shigella dysentriae*, *Shigella boydii*, dan *Shigella sonnei*. Ke empat shigella patogen tersebut dapat berpindah dengan cara kontak langsung dengan penderita yang telah terinfeksi, yang mana orang yang terkena infeksi mengeluarkan shigella di dalam tinjanya dengan konsentrasi lebih dari 10^9 shigella per gram tinja. Dosis infeksi dari shigella relative kecil yaitu sekitar 10 organisme.

Shigella sangat sulit dibiakkan, oleh karena itu belum ada data secara kuantitatif tentang kehadirannya dan efisiensi penghilangan pada instalasi penjernihan air maupun instalasi pengolahan air limbah.

2.1.5.3. Vibrio cholera

Vibrio cholera adalah bakteri gram-negative yang berbentuk batang melengkung (curved rod), di mana bakteri ini berjangkit atau berpindah melalui air. *Vibrio cholera* mengeluarkan atau melepaskan suatu enterotoxin yang menyebabkan diare ringan sampai diare hebat, muntah, dan

menyebabkan kehilangan cairan dengan cepat, serta dapat menyebabkan kematian dalam waktu yang relatif singkat.

Organisme patogen tersebut terdapat di dalam air limbah dengan konsentrasi berkisar antara $10 - 10^4$ organisme per 100 ml air limbah pada saat terjadi endemic. *Vibrio cholera* juga secara alamiah terdapat di alam dan melekat pada tanah atau padatan, termasuk zooplankton (misal, copepod) dan phytoplankton (misalnya volvox). Bakteri yang bergabung dengan phytoplankton tersebut berada dalam kondisi yang tak dapat dibiakkan dan dapat dilihat dengan mikroskop dengan cara teknik fluorescent-monoclonal antibody.

2.1.5.4. *Escherichia coli*

Secara garis besar klasifikasi bakteri *Escherichia coli*, berasal dari Filum Proteobacteria, Kelas Gamma Proteobacteria, Ordo Enterobacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Escherichia*, Spesies *Escherichia coli*. Secara morfologi *Escherichia coli* merupakan kuman berbentuk batang pendek, gemuk, berukuran $2,4 \mu \times 0,4$ sampai $0,7 \mu$, Gram-negatif, tak bersimpai, bergerak aktif dan tidak berspora.

Saluran pencernaan manusia berkoloni dengan *Escherichia coli* dalam beberapa jam atau beberapa hari setelah kelahiran. Bakteri ini tertelan melalui makanan atau minuman atau diperoleh langsung dari individu yang mengurus bayi. Usus manusia biasanya berkoloni dalam waktu 40 jam kelahiran. *Escherichia coli* dapat menempel pada mucus di atas usus besar.

Bakteri *Escherichia coli* merupakan mikroorganisme normal yang terdapat dalam kotoran manusia, baik sehat maupun sakit. Setelah tinja memasuki badan air, *E-coli* akan mengkontaminasi perairan, bahkan pada kondisi tertentu bakteri tersebut dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh dan dapat tinggal di dalam pelvis ginjal dan hati. Dalam satu gram kotoran manusia terdapat sekitar seratus juta bakteri *Escherichia coli*. Bakteri ini hidup pada tinja dan menyebabkan masalah kesehatan pada manusia, seperti diare, muntaber serta masalah pencernaan lainnya.

2.1.6 Kondisi Global, Nasional, Regional Bakteri Patogen pada Air Minum

Kontaminasi bakteri pathogen pada air minum sudah menyebabkan berbagai penyakit yang mengganggu kesehatan dan menyebabkan *waterborne disease* atau penyakit berbasis air di berbagai belahan dunia. Diantaranya *Vibrio cholera* yang dilaporkan sebagai endemic di banyak wilayah di Asia, walaupun jarang ditemukan di Amerika dan Eropa. Akan tetapi, ledakan endemik kolera karena *Vibrio cholera* dan demam tipus pernah didokumentasikan di Peru dan Chili yang disebabkan karena mengkonsumsi sayuran yang telah terkontaminasi oleh air limbah domestik.

Sama halnya dengan *Vibrio cholera*, bakteri salmonella merupakan bakteri penyebab penyakit yang patut diwaspadai. Diperkirakan hampir 0,1% dari penduduk mengeluarkan salmonella di dalam tinja. Di Amerika Serikat, salmonellosis biasanya disebabkan oleh kontaminasi makanan, namun transmisi lewat air minum masih menjadi perhatian yang utama.

Bakteri Shigella juga merupakan bakteri pathogen yang berbahaya. Walaupun perpindahan atau penularan shigella melalui kontak orang ke orang merupakan cara penularan yang utama, tetapi penularan melalui makanan atau melalui air juga perlu diperhatikan. Berdasarkan laporan yang ada, diketahui bahwa penggunaan air tanah mempunyai andil terhadap shigellosis yang terjadi di Florida, yang telah menginfeksi sekitar 1200 orang. Meskipun demikian shigella kurang tahan di lingkungan dibandingkan dengan fecal coliform.

Di negara tropis, *Escherichia coli* adalah indikator penting terjadinya diare pada anak-anak. *Escherichia coli* jenis enterotoksigenik menyebabkan 11-15% diare wisatawan/ *traveler's diarrhea* pada orang yang berkunjung ke negara berkembang dan 30-40% menyebabkan diare pada pengunjung di Meksiko. Indonesia sendiri menempati urutan kedua setelah Tiongkok sebagai negara dengan angka kematian diare terbanyak di Asia.

2.1.7 Penyakit- Penyakit Disebabkan oleh Bakteri Patogen pada Air Minum

Hal yang paling dikhawatirkan apabila di dalam badan air terdapat bakteri penyebab penyakit, seperti: *Salmonella typhi* penyebab penyakit tifus/paratifus,

Shigella penyebab penyakit disentribasiler, *Vibrio* penyebab penyakit kolera, dan juga *coliform* sebagai indikator pencemaran tinja.

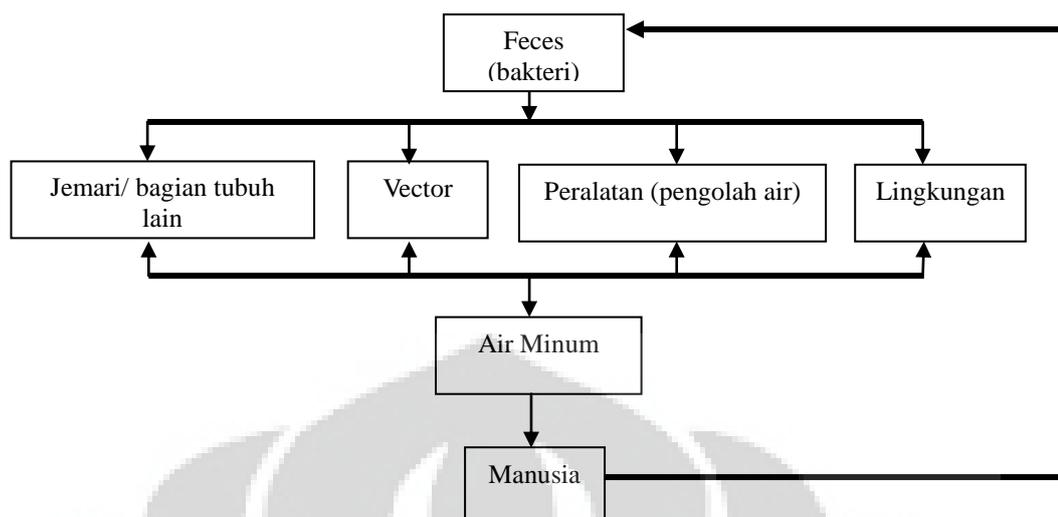
Beberapa penyakit yang berhubungan dengan air telah dikenal sejak lama. Pencemaran air minum oleh air limbah dan/atau oleh kotoran manusia (tinja), yang mengandung organisme yang dapat menimbulkan penyakit, virus, bakteri patogen dan sebagainya, dapat menyebar dengan cepat ke seluruh sisten jaringan pelayanan air minum tersebut, serta dapat menyebabkan wabah atau peldakan jumlah penderita penyakit di suatu wilayah dalam waktu singkat.

Beberapa ciri khusus penyebaran penyakit-penyakit tersebut antara lain yakni proses penularan umumnya melalui mulut; terjadi di daerah pelayanan yang airnya tercemar, pencerita umumnya terkonsentrasi pada suatu wilayah secara temporer; penderitanya tidak terbatas suku, umur, atau jenis kelamin tertentu; meskipun sulit mendeteksi bakteri patogen dalam air, tetapi dapat diperkirakan melalui pemeriksaan/pendeteksian nakteri coli yang disebabkan oleh pencemaran tinja; dan waktu inkubasi biasanya sedikit lebih panjang dibandingkan apabila keracunan oleh makanan. Beberapa penyakit yang berhubungan dengan air akibat bakteri yang paling sering berjangkit antara lain:

- a. Disentri (*Dysentry*)
- b. Typhus dan paratyphus
- c. Cholera
- d. Gastroenteritis

2.1.8 Mekanisme perjalanan agen ke manusia

Air dapat tercemar di sumber mata airnya oleh ekskreta atau kotoran yang mengandung mikroorganisme patogenik. Pencemaran terjadi ketika ekskreta atau kotoran mengalir menuju suplai air tanah yang tidak dilindungi dengan tepat. Kontaminasi juga dapat terjadi lewat penjamah yang tidak bersih lewat ekskreta, pus, cairan pernafasan, dan sekreta infeksius lainnya dengan perilaku personalnya yang tidak bersih dan tidak hati-hati. Penyakit intestinal yang diakibatkan kontaminasi bakteriologis pada makanan dan minuman dapat ditransmisikan melalui feces, jemari, lalat, makanan/ minuman, peralatan, dan air limbah (Salvato 1992, hlm. 34).



Bagan 1. Interaksi manusia yang berhubungan dengan kontaminasi bakteri pada air minum

2.2 Filtrasi

Filtrasi atau penyaringan adalah proses pembersihan air dengan melewatkannya melalui suatu media berpori. Cara ini cukup dikenal masyarakat dan sering digunakan dalam berbagai pengolahan air. Filtrasi merupakan salah satu prinsip unit operasi yang biasanya juga digunakan pada pengolahan air minum dan memindahkan padatan tersuspensi dari buangan pengolahan secara biologi atau buangan secara koagulasi.

Berbagai filter digunakan untuk menjernihkan air. Filter yang paling sederhana adalah batuan pasir. Kapasitasnya tergantung dari ketebalan filter, ukuran butiran serta gradasi media filter, maupun kecepatan filtrasinya. Sedangkan, efisiensi filter tergantung dari beberapa mekanisme yang terjadi.

Beberapa bahan padatan dapat dihilangkan dengan mekanisme sederhana melalui penyaringan fisik bila partikel tersebut lebih besar dari lubang terkecil yang dilalui aliran air. Sedangkan, penghilangan partikel padat yang berukuran lebih kecil meliputi dua langkah.

Pertama, adalah suatu mekanisme perpindahan partikel dari massa fluida ke celah-celah terbuka pada permukaan butiran media filter. Mekanisme perpindahan ini meliputi pengendapan oleh gravitasi, *interception*, dan dinamika air yang dipengaruhi oleh karakteristik fisik seperti ukuran dan bentuk butiran-butiran

filter, kecepatan filtrasi, suhu fluida, serta kepekatan, ukuran dan bentuk partikel tertahan. Penyimpangan partikel-partikel dari garis aliran air disebabkan oleh gaya gravitasi, diffusi gradien, dan pengaruh kelembaman momentum.

Kedua, saat partikel-partikel mendekati permukaan butiran media filter atau pada padatan yang telah terendap sebelumnya, diperlukan adanya gaya ikatan permukaan yang baik untuk terjadinya ikatan. Jika partikel telah cukup tidak stabil, maka gaya tolak elektrostatisnya berkurang, kemudian interaksi gaya-gaya tersebut dengan gaya tarik *van der wall* akan menghasilkan suatu gaya tarik bersih yang menghasilkan terjadinya ikatan antara partikel dengan permukaan butiran.

Filtrasi dapat menghasilkan effluent limbah dengan efisiensi tinggi. Faktor yang perlu diperhatikan untuk menjaga efisiensi filtrasi adalah :

- a. Menghilangkan partikulat dan koloidal yang tidak mengendap setelah flokulasi biologis atau kimia.
- b. Menaikkan kehilangan suspensi solid, kekeruhan, fosfor, BOD, COD, bakteri dan lain-lain.
- c. Mengurangi biaya desinfektan.

2.2.1. Proses Pengolahan Filtrasi pada DAMIU

Proses pengolahan air minum isi ulang pada depot umumnya memiliki materi seperti tangki air baku, pompa filter, *sand filter*, *carbon filter*, *catridge filter* dan tangki produk yang berfungsi seperti berikut.

Materi:

- a. Tangki air baku
Tangki air baku digunakan untuk menampung air baku, yang diantarkan oleh truk tangki yang dihubungkan dengan kerja pompa filter
- b. Pompa filter
Pompa filter berfungsi untuk memompakan air baku ke sistem pengolahan air yaitu: *sand filter*, *carbon filter*, dan *cartirdge* sistem.
- c. *Sand filter*
Berfungsi untuk menghilangkan/ menurunkan kekeruhan dan suspended solid yang terlarut dalam air. Tingkat penyaringannya mencapai ukuran 20 – 3- micron.

d. *Carbon filter*

Carbon filter berfungsi untuk menghilangkan bau, warna organik dan menyerap sisa chlorine yang larut dalam air. Karbon aktif sebagai media filter bekerja dengan menyerap/ absorpsi material organik yang larut dalam air. Karbon ini merupakan suatu unit penyaring air yang sederhana namun memiliki efektifitas yang tinggi. Dengan penyaringan ini, kadar organik, warna, bau, dan turbidity dapat dikurangi sehingga air yang dihasilkan akan jernih (Yudhastuti, 1993).

e. *Cartridge sistem*

- *Cartridge* sistem berfungsi untuk lebih menjernihkan air dengan menyaring partikel-partikel halus dalam air hingga ukuran 1 mikron serta menyerap senyawa organik yang masih tersisa. Jenis cartridge yang terpasang diantaranya:
- *Cartridge* sediment 10 mikron, untuk menyaring partikel sehingga partikel dengan ukuran 10 mikron (0,01 mm) akan tertahan di cartridge tersebut.
- *Cartridge carbon* 5 mikron, untuk menyaring partikel serta menyerap senyawa organik dan bau, sehingga partikel dengan ukuran 5 mikron (0,005 mm) akan tertahan di *cartridge* tersebut dan bau akan hilang.
- *Cartridge* sedimen 1 mikron, untuk menyaring partikel, sehingga partikel dengan ukuran 1 mikron (0,001 mm) akan tertahan di *cartridge* tersebut.
- Proses filtrasi yang memenuhi syarat jika terdapat makro filter dengan 2 media dan filter makro dengan media *cartridge* yang berukuran 10 mikron, 5 mikron, dan 1 mikron (secara seri) (Sutrisman, 2003)

f. Tangki Air Produk

Tangki air produk untuk menampung air yang telah melalui proses penyaringan/penjernihan sebelumnya serta untuk menampung air sirkulasi yang mengandung ozon. Kualitas air pada tangki produk secara fisika dan kimia sudah memenuhi syarat sebagai air minum. Sirkulasi air yang

mengandung ozon dimaksudkan untuk mensterilisasi tangki produk tidak lumutan.

g. Pompa Pengisian/ Galon

Pompa pengisian/gallon berfungsi untuk memompakan air ke sisten ozonisasi dan ultraviolet sistem, sekaligus juga untuk sistem pengosongan gallon. Dengan memanfaatkan tekanan pompa ini ventury akan menghisap gas ozon yang terbentuk.

- h. Ozon sistem berfungsi untuk mengubah gas oksigen (O_2) dalam udara menjadi gas ozon (O_3). Gas ozon merupakan senyawa oksidator kuat yang sangat kuat yang mampu membunuh bak/mikroorganisme yang larut dalam air termasuk bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli*. Gas ozon yang terbentuk akan larut dalam air dengan memanfaatkan daya hisap ventury. Daya ventury ini dikarenakan adanya tekanan aliran air yang disuplai oleh pompa pengisian. Daya sterilisasi senyawa ozon, sangat tergantung dari banyaknya ozon yang diinjeksikan ke dalam air. Untuk sistem pengolahan air minum disyaratkan dosis sebesar 1- 2 mg/ltr. Sisa ozon yang larut dalam air akan dimanfaatkan untuk membunuh bakteri/kuman yang masih terdapat pada botol/gallon.

i. Ultraviolet sistem

Ultraviolet sistem selain difungsikan untuk mensterilkan bakteri/mikroorganisme termasuk bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli*, juga untuk meningkatkan kemampuan ozon sebagai oksidator. Jika pada gas ozon proses sterilisasinya secara kimia, pada ultraviolet sistem proses sterilisasi secara fisika dengan memangaatkan panjang gelombang sinar ultraviolet.

j. Sistem pengisian

Sistem pengisian memanfaatkan suplai air dari tangki produk yang dipompakan oleh pompa yang dikontrol secara manual (oleh operator) dengan cara menghidupkan tombol on-off.

k. Pompa Bilas/Cuci

Pompa Bilas/Cuci memanfaatkan suplai dari tangki produk (air yang mengandung ozon) yang dipompakan oleh pompa pencucian gallon yang

dikontrol secara manual oleh operator dengan cara menghidupkan dan mematikan tombol on-off.

Pada penelitian ini, yang menjadi pembahasan dari proses filtrasi konvensional pada depot yakni salah satu bahan dari filter tersebut yang terdiri dari pasir silika, serta sterilisasi yang digunakan yaitu ultraviolet. Berikut akan dipaparkan tentang kedua hal tersebut.

2.2.1.1. Pasir silika

Bahan utama yang digunakan dalam penyaringan ini adalah pasir silika atau kuarsa. Pasir silika adalah pasir yang banyak mengandung mineral kuarsa Silikon dan oksigen, dua elemen kimia yang paling sering terdapat dalam lapisan kerak bumi, berpadu sebagai silikon dioksida untuk membentuk mineral kuarsa. Kuarsa adalah mineral yang paling banyak di kerak bumi.

Pasir silika adalah pasir lepas berwarna bening sedikit kekuningan dengan bentuk rata-rata bersudut tumpul. Silika memiliki formula kimia SiO_2 , dengan bentuk kristal tetrahedral dan tingkat kekerasan mencapai 5.5 - 6.5 (skala Moh). Silika sangat tahan terhadap pengaruh cuaca dan oleh karena itu terhimpun sebagai batuan pasir dan batuan dedrital lainnya. Kebanyakan pasir merupakan pecahan-pecahan kwarsa hasil pelapukan oleh cuaca.

Menurut komposisinya, silika cenderung bersih, dengan hanya sedikit elemen lain seperti aluminium, sodium, potassium dan lithium. Silika ditemukan sebagai kristal besar yang seringkali berwarna bagus akibat dari campuran-campurannya.

Pasir silika digunakan sebagai bahan filter terutama untuk proses penyaringan oleh rongga-rongga antar butiran-butirannya. Penggunaan pasir silika untuk menyaring lumpur, tanah dan partikel besar/kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.

2.2.1.2. Sterilisasi sinar UV

Sinar UV sudah digunakan untuk disinfektan dalam persediaan air minum pada kapal sejak bertahun-tahun yang lalu. Desinfeksi atau pengolahan limbah effluent dengan menggunakan proses UV sama efektif dan

ekonomisnya dengan penggunaan klorinasi atau ozonasi. UV dapat secara efektif mendesinfektakan baik air maupun limbah. Manfaat proses penyinaran UV untuk disinfektan limbah adalah keefektifannya dalam melumpuhkan bakteri patogen dan kemampuannya mencapai standar disinfeksi, kelayakannya dalam aplikasi pada kualitas limbah yang luas, keefektifan harganya, kesederhanaannya, dan ketiadaan residu dan bahan kimia bersifat sedang.

UV adalah bagian dari gelombang elektromagnetik. Radiasi UV dapat digunakan untuk peningkatan kualitas air minum. Saat ini, desinfeksi adalah tujuan utama dari penerapan radiasi UV dalam pengolahan air. Metode teknis diperkenalkan oleh fasilitas air minum pada awal abad kedua puluh. Pada tahun 1801, dengan menggunakan eksperimen pencampuran sinar matahari dengan filter untuk menghilangkan komponen terlihat (dan juga inframerah [IR] dan panjang gelombang yang lebih tinggi), Ritter, seorang peneliti UV mampu menunjukkan bahwa perak dapat mengurangi produksi iradiasi klorida perak dengan cahaya tak terlihat yang panjang gelombangnya lebih pendek daripada bagian terlihat dari spektrum elektromagnetik.

Perbaikan bakteri setelah terpapar sinar UV tidak universal. Beberapa organisme tampaknya tidak memiliki kemampuan perbaikan (*Haemophilus influenzae*, *Diplococcus pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus radiodurans*, virus), sedangkan yang lain telah menunjukkan kemampuan perbaikan (*Streptomyces* spp, *Escherichia coli*, enterobacteria *Saccharomyces* spp., *Aerobacter* spp., *Erwinia* spp., *Proteus* spp.). Untuk menghindari perbaikan sel bakteri, dosis tambahan yang diperlukan. Virus bila rusak oleh radiasi UV, tidak memiliki mekanisme perbaikan. Setelah paparan dosis yang lebih tinggi, bakteri coliform menunjukkan kurangnya perbaikan atau tidak sama sekali.

Prinsip kerja dari UV sebagai disinfektan pada air minum yaitu ultraviolet menyerang rangkaian *deoxyribonucleic acid* (DNA) dari mikroorganisme pada selnya, dan secepatnya menghambat reproduksinya. Keunggulan sinar UV tergantung pada waktu lamanya radiasi dan intensitas sinar UV. Perangkat lampu UV standarnya 30.000-50.000 microwatt

detik/cm². Coliform dibasmi dengan dosis 7.000 microwatt/cm². Sinar UV memiliki potensi inaktivasi bakteri, virus, dan mikroorganisme. Akan tetapi, UV tidak efektif untuk *Giardia lamblia* dan *Cryptosporidium cyst*. Sinar ultraviolet tidak dianjurkan sebagai desinfeksi bila kandungan coli dalam air tinggi atau jika airnya keruh.

Tabel 2. Pembagian Sinar UV (WHO, 1994)

Jenis sinar UV	Panjang Gelombang
Sinar UV	100 – 400 nm
UV A	315 – 400 nm
UV B	280 – 315 nm
UV C	100 – 280 nm
Sinar tampak	400 – 760 nm
Sinar infra merah	790 – 10 ⁶ nm = 1 mm

2.2.2. Prinsip kerja filtrasi DAMIU

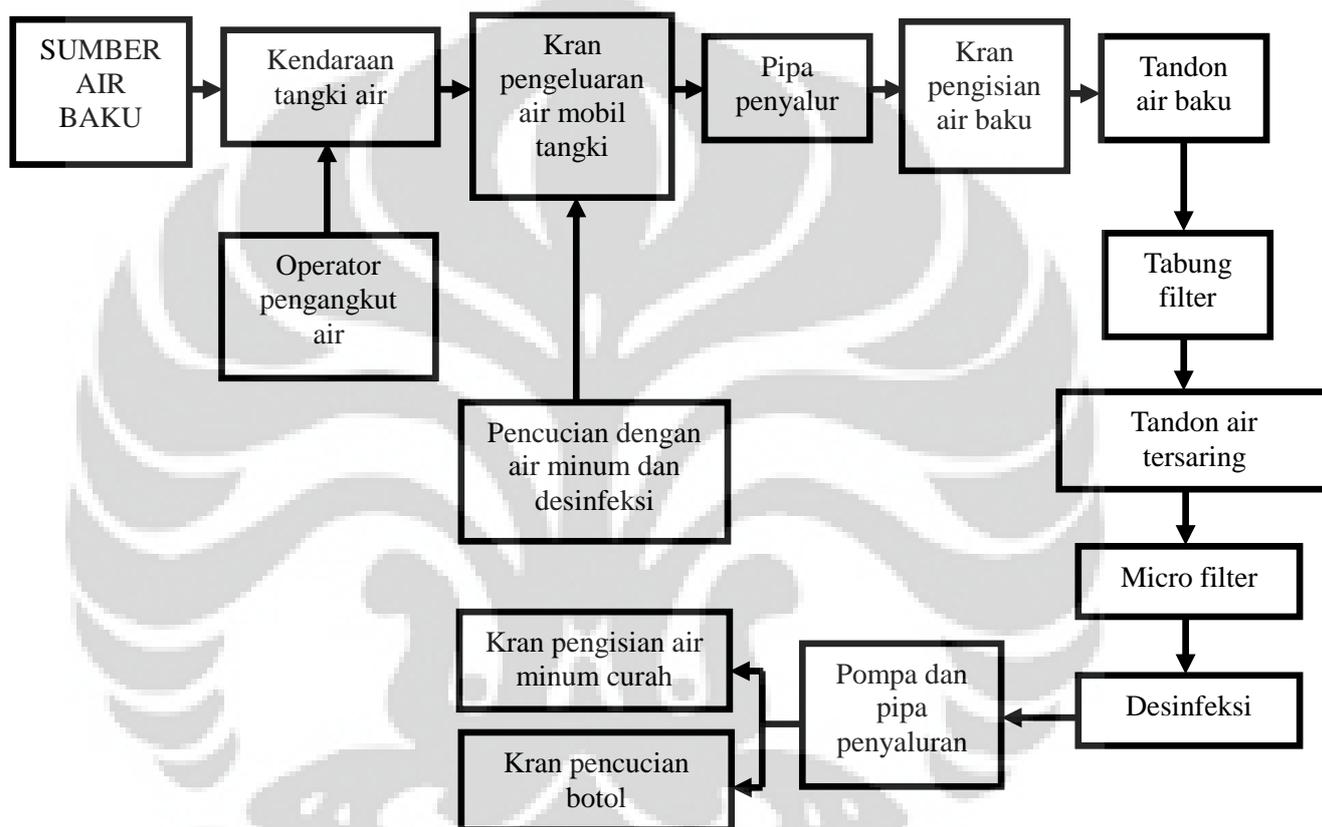
Penggunaan media filter atau saringan pada DAMIU dikarenakan alat filtrasi atau penyaring dapat memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (*primary treatment*).

Air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan-bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi. Apabila air olahan mempunyai padatan dengan ukuran seragam, maka saringan yang digunakan adalah *single medium*. Sedangkan, untuk padatan dengan ukuran beragam maka digunakan saringan *dual medium* atau *three medium*.

Depot air minum dalam melakukan pemrosesan mulai dari air baku menjadi air yang siap dikonsumsi (Darmawan, 2002) adalah sebagai berikut.

Air baku yang ditampung dalam bak penampung *stainless stell* (fiber atau plastik) melalui water pump, kemudian air masuk ke dalam sand filter, kemudian

dialirkan ke granulated active carbon yang seterusnya ke cartridge housing I yang memiliki kehalusan ukuran mulai dari yang terbesar yaitu 10 μ , dilanjutkan ke cartridge housing II 1 μ . Setelah itu air disterilisasi dengan radiasi ultraviolet dan ozonisasi, dimasukkan ke unit filling yang siap dimasukkan ke salon. Menurut Darpito, bagan alir depot air minum yang bahan bakunya berasal dari air pegunungan dapat digambarkan seperti di bawah ini.



Bagan 2. Proses Pengolahan Air Minum pada DAMIU

Dalam proses filtrasi terdapat kombinasi antara beberapa proses yang berbeda. Proses-proses tersebut meliputi :

1. Mechanical straining

Merupakan proses penyaringan partikel tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antara butiran media.

2. Sedimentasi

Merupakan proses mengendapnya partikel tersuspensi yang berukuran lebih kecil dari lubang pori-pori pada permukaan butiran.

3. Adsorpsi

Prinsip proses ini adalah akibat adanya perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan partikel tersuspensi yang ada di sekitarnya sehingga terjadi gaya tarik-menarik.

4. Aktifis kimia

Merupakan proses dimana partikel yang terlarut diuraikan menjadi substansi sederhana dan tidak berbahaya atau diubah menjadi partikel tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses penyaringan, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.

5. Aktifis biologi

Merupakan proses yang disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme yang hidup di dalam filter.

Dalam proses filtrasi juga terjadi reaksi kimia dan fisika, sehingga banyak faktor yang saling berkaitan yang akan mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi, efisiensi proses dan sebagainya, faktor-faktor tersebut antara lain:

1) Debit filtrasi

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan diperlukan keseimbangan antara debit filtrasi dan kondisi media yang ada. Debit yang terlalu cepat akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien.

2) Kedalaman, ukuran dan jenis media

Partikel tersuspensi yang terdapat pada influent akan tertahan pada permukaan filter karena adanya mekanisme filtrasi. Oleh karena itu, efisiensi filter merupakan fungsi karakteristik dari filter bed, yang meliputi porositas dari ratio kedalaman media terhadap ukuran media. Tebal tidaknya media akan mempengaruhi lama pengaliran dan besar daya saring. Demikian pula dengan ukuran (diameter) butiran media berpengaruh pada porositas, rate filtrasi dan daya saring.

3) Kualitas air limbah

Kualitas air limbah akan mempengaruhi efisiensi filtrasi, khususnya kekeruhan. Kekeruhan yang terlalu tinggi akan menyebabkan ruang pori antara butiran media cepat tersumbat. Oleh karena itu dalam melakukan filtrasi harus dibatasi kandungan kekeruhan dari air limbah yang akan diolah.

2.2.3. Kondisi global, nasional, regional Filtrasi pada DAMIU

Dalam dunia internasional, proses filtrasi pada air dan pengolahan limbah cair sudah banyak digunakan dan diteliti. Salah satunya pada jurnal CSA Proquest yang menjelaskan tentang kesepakatan mengenai mekanisme filtrasi. Pertama, filtrasi air dipengaruhi oleh parameter fisik atau kimia. Oleh karena itu, pemeriksaan dari efek parameter fisik hanya dapat dibandingkan jika efek parameter kimia yang konstan, dan begitu pula sebaliknya. Kedua, tidak ada dasar untuk mengasumsikan bahwa hanya satu mekanisme pengangkutan yang penting dalam filtrasi air. Ives, seorang peneliti tentang sistem filtrasi telah menyarankan bahwa penyelesaian secara gravitasi dan difusi dapat signifikan. Demikian pula, tidak ada dasar untuk mengasumsikan bahwa interaksi lapisan *diffuse* merupakan satu-satunya kumpulan koloid kimia yang mengendalikan partikel tambahan (O'Melia, 1967).

Di Indonesia, proses filtrasi konvensional yang digunakan depot memiliki beberapa kelemahan di mana sterilisasi dan proses lainnya pada air minum isi ulang tidak efektif menghilangkan bakteri patogen. Terdapat beberapa penelitian yang dapat membuktikan hasil kerja dari filtrasi tersebut, diantaranya masih ditemukannya bakteri coliform pada air minum isi ulang di Semarang yang sudah melalui proses desinfeksi, baik sinar UV maupun ozonisasi. Hal ini membuktikan bahwa desinfeksi pada proses filtrasi masih belum dapat menghilangkan bakteri patogen pada air minum. Selain itu, keberadaan bakteri patogen juga dipengaruhi oleh perangkat filtrasi DAMIU, seperti penelitian di Medan yang menemukan cemaran pada air dari sumber air baku dan air dari mobil tanki DAMIU. Risiko pencemaran air minum pada DAMIU telah banyak diteliti dan mendapatkan hasil yang serupa dengan penelitian-penelitian sebelumnya di mana filtrasi terbukti masih belum efektif menghilangkan bakteri patogen yang terkandung dalam air baku yang digunakan.

2.3 Biofiltrasi

Biofiltrasi merupakan cara tertua dan termurah dalam pemurnian air. Dalam dunia internasional, cara ini telah digunakan secara luas di dunia termasuk dalam

industri rumah kaca. Akan tetapi, pengembang industri rumah kaca dan hidroponik di Afrika Selatan banyak yang tidak menyadari keberadaan cara ini. Hal ini dikarenakan cara dan bahan tidak diperdagangkan secara komersial dan juga karena kurangnya pengetahuan mengenai desain dan cara pengoperasiannya.

Pada awalnya, biofiltrasi digunakan sebagai teknologi pengendali pencemaran udara biologis untuk VOC (volatile organic compounds). Konsep ini sudah dibuktikan sebagai teknologi yang efektif untuk VOC di banyak industri. Sistem dengan skala besar dan penuh sudah digunakan di Eropa dan Amerika Serikat. Dengan desain dan operasi yang sesuai, efisiensi penghilangan VOC sebesar 95-99% sudah dapat dicapai. Dalam menurunkan biaya operasi, biofiltrasi dapat memberikan keuntungan ekonomis yang signifikan dibandingkan teknologi APC lainnya. Manfaat lingkungan yang didapat adalah rendahnya energi yang dibutuhkan dan terhindar dari penyebaran polutan.

Biofiltrasi yang dikenal juga dengan filtrasi biologis merupakan langkah proses penting untuk memproduksi mikroba yang aman dan air minum yang menyegarkan. Dalam beberapa kasus, cara yang paling ekonomis untuk menerapkan filtrasi biologis yang cepat adalah dengan mencapai penghilangan materi biodegradable organik (BOM) dan menghilangkan partikel dalam unit filter yang sama, yaitu tahap tunggal filtrasi biologis. Hal ini memerlukan optimalisasi dari proses filtrasi, mengingat tujuan pengolahan diantaranya: penghilangan BOM dan partikel.

Biofiltrasi yang digunakan untuk pengolahan air minum isi ulang pada penelitian ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Agung Sri Hendarsa yang berjudul “Pengolahan Air Sungai dengan Metoda Kombinasi Koagulasi-*BioFilter* & Ultra Filtrasi untuk Menghasilkan Air Minum yang Bersih, Murah, Sehat & Layak Konsumsi Sesuai dengan Permenkes No.492/2010”. Bagian dari proses tersebut terdiri dari 5 jenis batuan alam yang berasal dari pegunungan di Indonesia yaitu gravel kasar, gravel halus, pasir silika, zeolit, anthracite dan dengan tambahan karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa yang disusun berlapis dengan susunan tertentu dan jumlah tertentu sesuai dengan hasil riset yang telah dilakukan selama 1,5 tahun.

2.3.1. Komposisi Biofiltrasi

Adapun pemaparan komposisi bahan berbeda dari filtrasi konvensional yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.3.1.1. Zeolite

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka 3 dimensi. Mineral zeolit dapat dijumpai pada batuan sedimen vulkanik yang sudah berubah (batu zeolit dan tufa zeolit) maupun batuan metamorf tingkatan rendah (metatufa zeolitik/batu hijau).

Ada dua jenis zeolit yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf, sedangkan zeolit sintetis direkayasa oleh manusia. Pada dasarnya zeolit alam sudah dapat digunakan sebagai pengadsorpsi (adsorben) yang baik karena struktur berongga dan pori-pori yang bentuknya seragam serta luas permukaan zeolit yang besar.

Di Indonesia, zeolit ditemukan pada tahun 1985 oleh PPTM Bandung dalam jumlah besar, diantaranya tersebar di beberapa daerah pulau Sumatera dan Jawa. Namun dari 46 lokasi zeolit, baru beberapa lokasi yang ditambang secara intensif antara lain Bayah, Banten, Cikalong, Tasikmalaya, Cikembar, Sukabumi, Nanggung, Bogor, dan Lampung. Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui secara luas sehingga saat ini dipasarkan masih dalam bentuk alam terutama pada pemupukan bidang pertanian.

Zeolit merupakan material yang sering digunakan sebagai *ion exchanger* dalam usaha mengurangi kesadahan air dan juga untuk menghilangkan kation maupun anion secara komplet yang biasa disebut “deionisasi”. Zeolit terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah yang dapat dipertukarkan dengan ion lain tanpa merusak struktur zeolit. Zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring, penukar ion, penyerap bahan, dan katalisator.

Kemampuan zeolit sebagai *iron-exchanger* dengan menghasilkan *reactive oxygen species* sudah lama diketahui, terutama yang berkaitan dengan proliferasi kanker, yang dilaporkan dalam berbagai literatur (Rahman dan Hartono, 2004). Pembentukan radikal ini menyebabkan zeolit bisa menurunkan *Escherichia coli* dan kuman lainnya dalam air.

Zeolite alam dapat menurunkan jumlah kuman-kuman dalam air sungai Ciliwung dengan cara mengadsorpsi kuman tersebut. Pemberian dosis zeolit yang meningkat dan kecepatan alir makin lambat, akan menghasilkan jumlah penurunan kuman semakin banyak (Yudhastuti, 1993).

Digunakannya zeolit karena banyak keuntungan, yaitu bebas lumpur dan endapan. biaya cukup murah, bebas dari bahan kimia berbahaya pada efluennya, mudah penanganan bahan-bahan kimianya karena hanya menggunakan NaCl (bila dibandingkan dengan proses kapur soda abu), dapat menghasilkan air dengan kesadahan 0; dimana untuk proses *lime soda* tidak dapat dicapai, sederhana dalam pengoperasian (pengoperasian seperti pada saringan pasir cepat). Zeolit juga memiliki kemampuan untuk memisahkan senyawa tar dan cenderung menyerap hidrokarbon menengah (Wahidiyah, 2004).

2.3.1.2. Gravel kasar dan Gravel halus

Gravel merupakan akumulasi bongkah, kerakal, kerikil, atau kombinasi ketiganya dan tidak terkonsolidasi. Berdasarkan besar butir partikel dominannya, suatu gravel dapat disebut gravel bongkah/ kasar (boulder gravel), gravel kerikil/ halus (pebble gravel), atau gravel kerakal (cobble gravel). Bentuk ekivalen dari gravel, namun sudah terkonsolidasi disebut konglomerat.

Definisi gravel atau konglomerat sendiri sama sekali belum tersentuh. Berbagai pendapat telah dikemukakan oleh para ahli untuk memecahkan masalah itu. Mungkin dengan tujuan mempertahankan pemakaian istilah gravel, sebagian ahli berpendapat bahwa gravel harus mempunyai besar butir rata-rata yang jatuh pada kisaran

besar butir gravel. Ahli lain berpendapat bahwa suatu endapan baru dapat disebut gravel apabila mengandung paling tidak 50% (atau angka lain) partikel yang ukurannya termasuk ke dalam kategori gravel (Pettijohn, 1975).

Gravel sebagai filter atau *Gravel Filtration* telah digunakan dalam pengolahan air tahun 1800-an di Scotlandia. Kemudian *Gravel Filtration* sempat lama menghilang karena kehadiran pengolahan air secara kimia dan mekanik seperti yang banyak diterapkan di PDAM berupa rapid sand filter. Akan tetapi, unit gravel filter muncul kembali tahun 1980 terutama di negara-negara berkembang sebagai pengolahan awal untuk air sungai yang tinggi kekeruhannya sebelum menuju *Slow Sand Filter* (SSF). Karena gravel filter tidak memerlukan peralatan mekanik dan koagulan maka gravel filter merupakan metoda pengolahan awal yang cocok karena murah.

Gravel filter terdiri atas lapisan media kerikil berukuran 4 - 20 mm dalam arah aliran air. Tipenya dikelompokkan berdasarkan arah aliran airnya (ke atas, ke bawah, horisontal) dan berdasarkan kedalaman lapisan medianya. Pemilihan gravel filter tergantung pada karakteristik air bakunya dan tergantung pada persyaratan operasi dan perawatan yang diinginkan. Fungsi utama gravel filter ialah menurunkan kekeruhan influen dan suspended solid sehingga memadai sebagai input bagi SSF. Juga dapat mereduksi penyumbatan oleh algae dan mampu mereduksi suspensi dan koloid tanpa penambahan koagulan. Secara umum, pengolahan dengan unit ini direkomendasikan bagi kekeruhan air baku yang lebih dari 10 NTU terutama ketika musim hujan.

Fungsi selanjutnya adalah pelindung SSF dari penumpukan partikulat sehingga membantu SSF bekerja lebih baik dan lebih lama. Ditemukan oleh pakar air minum dari Belanda yang bernama Wegelin pada 1998 bahwa dengan gravel filter ini, SSF dapat beroperasi lima (5) kali lebih lama daripada tanpanya. Unit ini dapat beroperasi sampai dengan satu tahun dengan air baku yang secara periodik sangat keruh.

Ini terjadi karena ia dirancang untuk penetrasi yang dalam bagi kekeruhan dan *headloss*-nya rendah lantaran besar parasitasnya. Artinya, air sekeruh apapun, jika diolah dengan unit ini maka akan menjadi jauh lebih jernih dan secara teknis dapat membantu SSF sehingga beroperasi lebih lama pada beban hidrolis yang lebih tinggi, juga mengurangi luas bak filternya sehingga menurunkan biaya konstruksinya.

2.3.1.3. Antracite

Anthracite atau antrasit adalah jenis batubara yang usianya lebih tua dengan karakteristik carbon lebih tinggi dan *volatile matter* (bagian organik batubara yang menguap ketika dipanaskan pada temperature tertentu) lebih rendah dibanding bituminous, lignite, brown coal, berwarna lebih mengkilap. Batuan ini digunakan sebagai media filter untuk *water treatment* sebagai pengganti pasir silika atau digunakan bersama-sama dengan pasir silika. Unsur carbon di dalam antrasit mempunyai ketahanan tinggi terhadap air dan bahan kimia. Bentuk kristal antrasit yang menyerupai intan (diamond) mempunyai ketahanan fisik bagus terhadap benturan dan gesekan. Kinerja antrasit sebagai filter media, yaitu:

1. Menyaring kekeruhan (turbidity) berupa material yang tidak larut (suspended solid) pada rongga-rongga luar (void external).

Kinerja antrasit tidak seperti karbon aktif, dimana karbon aktif mengabsorpsi material terlarut (dissolved solid) pada rongga-rongga dalam (void internal). Agar material terlarut bisa tertangkap antrasit, maka perlu ditreatment lebih dahulu dan diubah menjadi material yang tidak larut.

2. Menyaring kekeruhan (turbidity) lebih banyak.

Pasir silika mempunyai bentuk butiran seragam dan lebih berat, sehingga lapisan filter (filter layer) menjadi padat dan prosentase rongga-rongga (void external) menjadi kurang. Hal ini menyebabkan jumlah kekeruhan yang tersaring menjadi berkurang. Sedangkan

butiran-butiran antrasit masing-masing mempunyai bentuk yang berbeda, prosentase rongga menjadi besar, dan akhirnya dapat menyaring kekeruhan lebih besar.

3. Menyaring sampai pada lapisan filter terdalam.

Bentuk masing-masing butiran antrasit yang tidak seragam, dan massanya ringan, menyebabkan lapisan filter tidak mudah memadat, sehingga kinerja penyaringan terjadi sampai pada lapisan filter terdalam, tidak hanya pada permukaannya saja. Dengan demikian *loss of head* menjadi kecil dan saat pencucian juga menjadi lebih singkat.

4. Mudah dicuci (*back wash*).

Antrasit termasuk filter media yang ringan, sehingga lebih mudah dicuci. Permukaan butiran yang halus, mengakibatkan kekeruhan mudah dihilangkan dan efisiensi pencucian menjadi tinggi (Volume air untuk *back wash* lebih sedikit dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat).

5. Ketahanan tinggi terhadap bahan kimia.

Antrasit mempunyai kadar carbon tinggi dan hanya sedikit pengotornya sehingga menyebabkan antrasit tidak larut pada larutan asam ataupun basa (alkaline). Oleh karenanya sangat cocok digunakan sebagai filter media. Antrasit secara luas digunakan untuk industri kimia seperti untuk penyaringan garam, soda, amoniak dll.

2.3.2. Prinsip Kerja Biofiltrasi

Prinsip kerja biofiltrasi tergantung dari sistem biofiltrasi yang digunakan. Sistemnya ada yang menggunakan *biofilm* yang terdiri dari mikroba khusus (bahan alami yang berasal dari makhluk hidup) atau bahan alami yang tidak hidup, salah satunya batuan. Di dalam reaktor biofilter yang menggunakan *biofilm*, mikroorganisme tumbuh melapisi keseluruhan permukaan media. Pada saat operasi, air yang mengandung senyawa polutan mengalir melalui celah media dan kontak langsung dengan lapisan massa mikroba/*biofilm*.

Biofilm yang terbentuk pada lapisan atas media dinamakan *zoogical film*, yang terdiri dari bakteri, fungi, alga, protozoa. Metcalf dan Edy (2003) mengatakan

bahwa sel bakterilah yang paling berperan dan banyak dipakai secara luas di dalam proses pengolahan air buangan. Proses yang terjadi pada pembentukan biofilm pada pengolahan air limbah sama dengan yang terjadi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang ada pada biofilm akan mendegradasi senyawa organik yang ada di dalam air. Lapisan biofilm yang semakin tebal akan mengakibatkan berkurangnya difusi oksigen ke lapisan biofilm yang dibawahnya. Menurut Lim dan Grady (1980) Mekanisme yang terjadi pada reaktor biofilter yang menggunakan *biofilm* adalah :

- Transportasi dan adsorpsi zat organik dan nutrien dari fasa liquid ke fasa biofilm
- Transportasi mikroorganisme dari fasa liquid ke fasa biofilm
- Adsorpsi mikroorganisme yang terjadi ke dalam lapisan biofilm
- Reaksi metabolisme mikroorganisme yang terjadi dalam lapisan biofilm, memungkinkan terjadinya mekanisme pertumbuhan, pemeliharaan, kematian dan *lysis* sel.
- Pelekatan mikroba pada permukaan media pada saat lapisan biofilm mulai terbentuk dan terakumulasi pada lapisan biofilm.
- Mekanisme pelepasan (*detachment biofilm*) dan produk lainnya (*by product*).

Ketebalan lapisan aerob diperkirakan antara 0,06 – 2 mm. Ketebalan kritis berkisar antara 0,07 – 0,15 mm yang tergantung pada konsentrasi substrat. Walaupun lapisan biomassa mempunyai ketebalan beberapa millimeter tetapi hanya lapisan luar setebal 0,05-0,15 mm yang merupakan lapisan aerob.

Lain halnya dengan biofiltrasi yang menggunakan bahan alami yang tidak hidup, seperti batuan. Biofiltrasi sistem ini tidak memanfaatkan mikroba hidup sebagai penjernih air karena batuan sendiri berfungsi sebagai penghilang mikroba dalam air. Perangkat biofilter biasanya diletakkan di dalam sumber air. Saat air mengalir maka limbah-limbah organik dan nonorganik akan menempel ke biofilter. Air yang dialirkan ke dalam biofilter menyaring microfloc yang terbentuk. Prinsip kerja biofiltrasi pada penelitian ini dapat dilihat dari bagan penyusun biofiltrasi di bawah ini.



Bagan 3. Komposisi dan susunan biofiltrasi

Konsep biofiltrasi batuan ini menggunakan 5 tahap yang terdiri dari berbagai macam bahan dari alam. Tahap pertama adalah penyaringan air melalui membran yang terbuat dari karbon aktif yang dipadatkan yang berasal dari tempurung kelapa. Air yang dimasukkan akan melewati tahap ini untuk menyaring material terlarut dalam air, sehingga dapat menghilangkan bau, warna organik dan dapat menyerap sisa chlorine yang larut dalam air jika air mengandung bahan kimia tersebut. Dengan penyaringan ini, air yang dihasilkan akan lebih jernih karena kadar organik, warna, bau, dan turbidity dapat dikurangi.

Hasil kinerja dari karbon aktif disempurnakan dengan tahap kedua, yaitu lapisan batuan antrasit. Selain sebagai penyangga, antrasit juga berfungsi seperti karbon aktif, namun dengan sedikit pengotor dibanding karbon aktif yang mudah larut. Sehingga, zat-zat tidak terlarut dari karbon aktif yang tertinggal dalam air ikut tersaring oleh batuan ini.

Tahap ketiga yaitu air akan melalui lapisan pasir silika. Lapisan ini memiliki prinsip kerja sama seperti pasir silika pada filtrasi konvensional, yaitu untuk menyaring lumpur, tanah dan partikel besar/kecil dalam air. Segala material tidak terlarut yang tidak dapat disaring oleh antrasit, akan tersaring pada lapisan ini.

Tahap keempat merupakan tahap di mana kontaminasi bakteriologis dapat dihilangkan. Tahap ini terdiri dari lapisan batuan zeolite yang berfungsi membunuh kuman dengan cara mengadsorpsinya. Adsorpsi kuman yang terjadi didukung oleh beberapa variabel, seperti dosis zeolit yang digunakan dan kecepatan aliran air. Berdasarkan penelitian tersebut, dibutuhkan sejumlah 0,11

gram dosis zeolit untuk menurunkan 1 koloni coli tinja dengan peningkatan kecepatan 0,42 menit/ml aliran air untuk menurunkan 1 koloni kuman coli tinja.

Lapisan batuan gravel menjadi tahap terakhir dalam proses penyaringan biofiltrasi ini. Batuan gravel yang digunakan merupakan gravel bromin yang berfungsi tidak hanya sebagai penyaring, namun juga mereduksi penyumbatan oleh algae. Hal ini membuat biofilter aman dari tumbuhnya lumut tanpa penggunaan ozon, di mana fungsi ozonisasi pada filtrasi konvensional ialah untuk menghambat pertumbuhan lumut. Selain itu, gravel dapat memaksimalkan kerja dari *sand filter* pasir silika. *Sand filter* yang digunakan dengan gravel dapat beroperasi lima kali lebih lama daripada tanpa gravel.

Kelima tahap pada biofilter tersebut secara keseluruhan berfungsi untuk menghilangkan oksida besi, oksida mangan dan menurunkan kesadahan. Biofilter ini juga berfungsi untuk menurunkan turbidity, menghilangkan warna dan bau (Hendarsa, 2011). Dengan konsep tersebut, biofilter yang digunakan dapat digunakan sampai bertahun-tahun lamanya. Ini upaya untuk mengendalikan penggunaan klor berlebihan. Di samping itu, limbah organik ini nantinya berbentuk lumpur dan bisa dibersihkan suatu saat (www.artikelkimia.info).

2.3.3. Kondisi global, nasional, regional Biofiltrasi

Pada awalnya, teknik biofiltrasi merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk dikembangkan dalam upaya penyesihan polutan gas. Teknik ini memanfaatkan kemampuan aktifitas mikroba mendegradasi/ mengeliminasi senyawa polutan. Saat ini, penerapannya tidak terbatas hanya pada penurunan bau, namun juga telah dikembangkan menjadi suatu teknik pengendalian pencemaran udara (Suwardin, dkk., 2007) dan juga penyaringan pada limbah dan air.

Dalam kondisi global, biofiltrasi digunakan dalam skala besar di beberapa negara seperti Netherland dan Belgia. Biofiltrasi juga dikenal sebagai konsep pengolahan limbah yang sederhana dan murah namun memiliki kinerja yang baik.

Biofiltrasi merupakan teknologi yang sudah terbukti keunggulannya dalam menyaring polutan. Penerapannya telah digunakan dalam berbagai macam pengendalian polutan. Konsep biofiltrasi digunakan untuk menyaring limbah

organik dan nonorganik yang larut di dalam air. Kinerjanya dalam penyisihan bahan kimia juga tidak diragukan. Biofilter dapat menyisihkan H₂S dan NH₃ dengan menggunakan media unggul alami mencapai efisiensi lebih dari 99% dengan nilai laju penyisihan kontaminan maksimum (V_{maks}) tertinggi 119 g/m³.jam untuk gas H₂S dan 76 g/m³.jam untuk NH₃. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan biofiltrasi tidak hanya mampu menghilangkan polutan biologis dan fisika, namun juga polutan kimia.

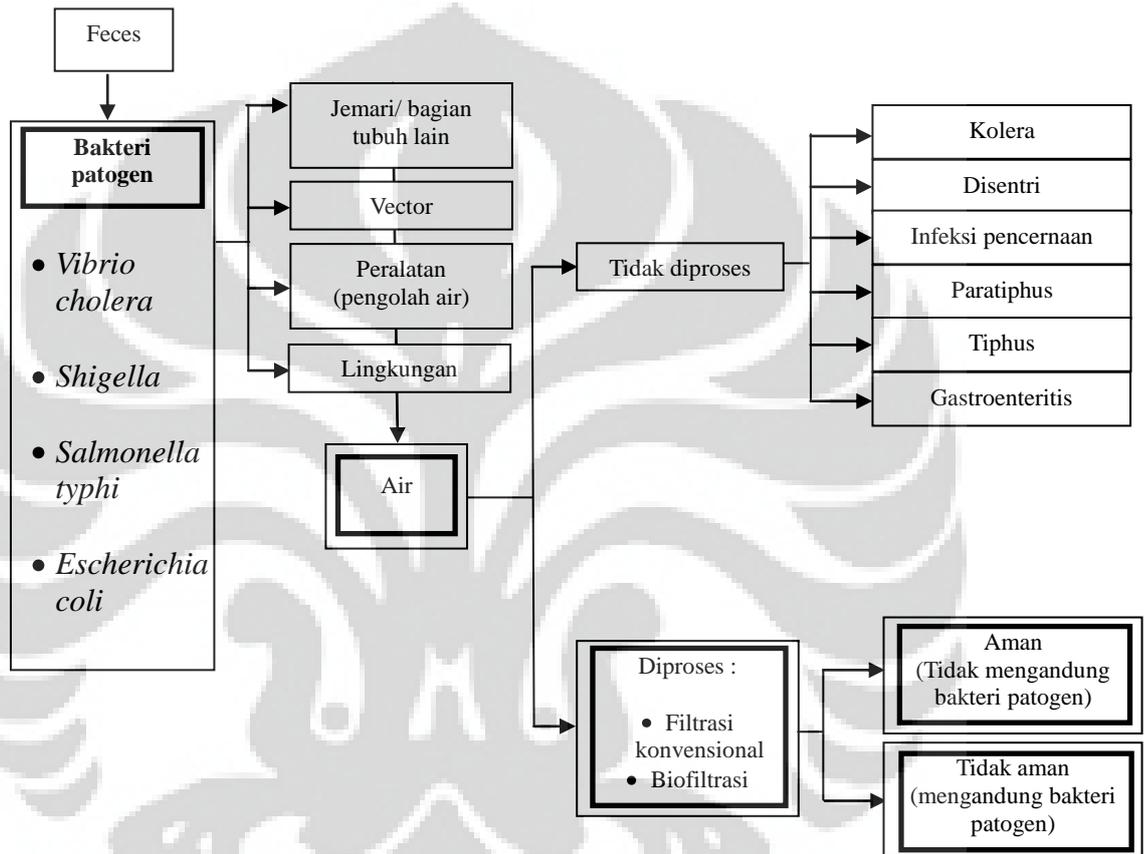
Selama ini masyarakat lebih sering menghilangkan bakteri dan patogen lainnya dengan kaporit, klor, atau oksidator lainnya. Namun, senyawa kimia lainnya masih larut di dalam air. Besi, detergen, nitrit, THMs masih ada di dalam air bersih. Dengan biofiltrasi, tidak akan ada bahan kimia tertinggal pada kandungan air karena bahan yang digunakan bersifat alami.

Pengembangan teknik biofiltrasi dengan *biofilm* yang ditanamkan pada limbah dan air, memerlukan jenis media serta mikroba yang handal. Dengan aerasi yang baik dan pH netral, biofilter merupakan lingkungan yang baik bagi populasi mikroorganisme. Selain itu, sistem biofiltrasi yang dikembangkan menggunakan kultur mikroba campuran aerobik mampu menghasilkan kapasitas dan laju biodegradasi yang tinggi.

Sama halnya dengan biofiltrasi *biofilm*, biofiltrasi dengan batuan juga ditanam di pusat air dengan tujuan untuk menghambat limbah organik dan nonorganik masuk ke air minum. Oleh karena itu, dengan batuan jauh lebih aman dibandingkan penggunaan zat kimia sebagai oksidator untuk membunuh bakteri. Dahulu masyarakat memakai arang yang berfungsi sebagai karbon aktif, tetapi ini sangat berisiko karena lebih mudah larut daripada batuan. Selain itu, penggunaan cara alamiah dengan menggunakan bahan alam jauh lebih aman bagi kesehatan (www.artikelkimia.info).

BAB 3
KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DAN DEFINISI
OPERASIONAL

3.1 Kerangka teori



Bagan 4. Kerangka Teori Terjadinya Kontaminasi Bakteri Patogen pada Air Minum

3.2 Kerangka konsep



Bagan 5. Kerangka Konsep Efektifitas proses Biofiltrasi

Berdasarkan kerangka konsep di atas, bakteri patogen pada air minum isi ulang merupakan agen yang dipakai sebagai variabel independen yang bertujuan untuk mengetahui adakah hubungannya dengan variabel dependen, yaitu kandungan bakteri patogen dalam air hasil proses penyaringan (air sulingan). Kerangka ini digunakan karena penelitian ini ingin mengetahui efektifitas biofiltrasi dibandingkan dengan filtrasi konvensional pada air minum isi ulang dalam mempengaruhi kandungan bakteri patogen pada air tersebut. Kedua macam proses penyaringan dalam penelitian ini menjadi variable langsung yang mempengaruhi keberadaan dari bakteri patogen.

3.3 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Skala Ukur	Alat Ukur	Cara Ukur
Variabel Independen: Kandungan bakteri patogen dalam air baku	Keberadaan bakteri patogen dalam air baku yang akan diteliti .	Numerik	<i>Membrane filter</i>	Pengambilan sample air baku dan analisis laboratorium dengan pembiakan bakteri.
Biofiltrasi	Merupakan system penyaringan yang berasal dari alam (5 jenis batu alam) yang berfungsi untuk menjernihkan air, menghilangkan bau dan mikroba, pada air baku AMDIU tanpa bantuan desinfektan apapun.	-	Lembar observasi	Pengamatan/ observasi
Filtrasi konvensional	Merupakan system penyaringan yang terdiri dari pompa filter, <i>sand filter</i> , <i>carbon filter</i> , <i>cartridge filter</i> dengan bantuan sinar UV yang digunakan oleh depot AMDIU dalam menjernihkan air bakunya.	-	Lembar observasi	Pengamatan/ observasi
Variable dependen: Kandungan bakteri patogen pada air hasil sulingan	Keberadaan bakteri patogen dalam air hasil sulingan yang akan diteliti. Air minum menurut peraturan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/ PER/IV/2010 adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Serta memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif (Depkes,2010)	Numerik	<i>Membrane filter</i>	Pengambilan sample air suling dan analisis laboratorium dengan pembiakan bakteri

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Rancangan Studi

Penelitian ini menggunakan desain studi *Deskriptif*. Desain studi *Deskriptif* digunakan sebagai desain untuk menggambarkan efektivitas biofiltrasi pada penyaringan air minum isi ulang (DAMIU) dalam mencegah penyebaran bakteri patogen.

4.2 Rancangan Sampel

4.2.1 Perhitungan Sampel

Pada penelitian ini, tidak ada perhitungan sampel karena perhitungan tersebut tidak dilakukan. Hal ini dikarenakan sampel yang diuji dalam penelitian tidak melibatkan jumlah sampel yang besar dan tidak mencari hubungan atau korelasi. Selain itu, air baku yang digunakan sebagai sampel akan melalui proses penyaringan yang berbeda, yaitu filtrasi konvensional dan biofiltrasi untuk kemudian dibandingkan hasil air sulingannya berdasarkan jumlah kandungan bakteri patogen di dalamnya.

4.2.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara langsung di Depot Air Minum Isi Ulang wilayah kerja Puskesmas Pancoran Mas. Dalam penelitian ini, hanya satu depot yang dijadikan sampel uji air baku. Depot ini merupakan rekomendasi dari puskesmas untuk diteliti lebih lanjut mengenai keberadaan bakteri patogen di dalamnya. Air baku yang digunakan depot tersebut berasal dari artesis atau air tanah. Sampel air baku yang telah diambil akan diteliti di laboratorium. Tujuannya untuk mengetahui keberadaan bakteri patogen di dalam air minum isi ulang sebelum diproses melalui pengolahan atau biofiltrasi.

Setelah dilakukan uji sampel air baku, hal yang sama juga dilakukan terhadap air hasil proses penyaringan (air sulingan), baik melalui filtrasi konvensional maupun hasil biofiltrasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan bakteri patogen setelah melalui proses pengolahan dan

membandingkan keefektifan kedua proses penyaringan tersebut. Hasil uji dengan kandungan bakteri patogen paling sedikit merupakan proses pengolahan air minum isi ulang yang lebih efektif untuk menghilangkan bakteri patogen pada air depot.

4.3 Pengumpulan Data

4.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua tahap, yakni pengambilan sampel untuk data keberadaan Bakteri patogen pada air minum isi ulang di salah satu depot wilayah kerja Puskesmas Kecamatan Pancoran Mas dan pemeriksaan laboratorium.

Pengumpulan data pajanan (bakteri patogen) pada sampel air minum dihitung dengan menggunakan metode *Membrane Filter*. Metode *Membrane Filter* digunakan untuk menganalisis serangkaian pengenceran sampel air yang dikumpulkan dari hulu dan hilir sebuah outlet, biasanya dari pengolahan limbah pabrik (Capucino, 2002). Teknik *Membrane Filter* yang juga dikenal sebagai molekular filter adalah metode yang mampu memisahkan antara partikel ukuran tertentu (ukuran sel bakteri) dengan sejumlah besar cairan. Sejarah metode ini dikembangkan oleh Geotz dan Tsuneishi pada tahun 1951. Filtrasi membran diperkenalkan sebagai metode alternatif pengganti MPN yang mampu mengisolasi koloni yang berbeda, sedangkan MPN hanya memperkirakan jumlah yang diindikasikan dengan adanya perubahan pada media. Bahan-bahan yang dibutuhkan diantaranya:

- Kultur (sampel air)
- Media

Untuk 1 cawan sampel air: 5 ml aquades

Agar 36,5 gr untuk 1 L aquades

Total sampel 16 buah, jadi dibutuhkan 2,92 gr agar dan 80 ml aquades untuk ditempatkan ke dalam 16 cawan

- Peralatan

Perlengkapan membran filtrasi steril, tabung penghisap 1 L, membrane filter steril, cawan petri steril ukuran 50 mm, alkohol 70% dan tabung kimia kecil,

kertas label, tisu, autoclaf.

Adapun prosedur penggunaan metode *Membrane Filter* adalah sebagai berikut.

Menyiapkan media

1. Memasak 2,92 gr agar ke dalam 80 ml aquades sampai mendidih menggunakan tabung reaksi.
2. Memasukkan 5 ml larutan agar ke dalam setiap tabung reaksi.
3. Mensterilisasi tabung berisi larutan agar ke dalam autoclaf selama 2 jam.
4. Menuangkan larutan agar ke dalam cawan petri steril berdiameter 50 mm
5. Mendinginkan larutan agar sampai mengeras

Menyiapkan kultur

1. Mempersiapkan peralatan membrane filter (pompa vakum, corong dan perangkatnya, selang, tabung penghisap, membrane filter)
2. Mengaseptikan gelas penyaring dengan alkohol 70 %
3. Memasukkan membrane filter ke dalam peralatan membrane filter
4. Meletakkan gelas penyaring di atas membrane filter
5. Memasukkan sampel air ke dalam gelas penyaring yang sudah dirangkaikan bersama peralatan lainnya sebanyak 100 ml
6. Menyalakan mesin pompa untuk membantu air keluar dari membrane filter sampai air seluruhnya tertampung di tabung penyaring
7. Mengambil membrane filter yang sudah dilewati sampel air secara aseptik untuk dimasukkan ke dalam cawan petri beragar/bermedia
8. Meletakkan membrane filter di atas media agar dan menginkubasinya selama 1 hari

Metode ini biasa digunakan untuk mengetahui kandungan coliform pada air. Sehingga, setelah hasil sampel sudah didapatkan coliform pada sampel tersebut, maka dilanjutkan dengan perhitungan kepadatannya sebagai berikut¹.

¹ James G. Capucino, Natalie Sherman, *Microbiology A Laboratory Manual* (San Fransisco: Pearson Education, Inc., 2002) 316.

$$\text{total coliform}/100\text{ml} = \frac{\text{coliform colonies counted} \times 100}{\text{mL sample filtered}}$$

Jika sampel terdapat koloni coliform, maka laporan untuk koloni coliform yang dihitung menjadi “(jumlah coliform terhitung)/100 mL”. Sedangkan, untuk sampel yang tidak ditemukan koloni coliform, maka dinyatakan dengan “< 1 coliform/100 mL”. Untuk mengetahui persentase kepadatan coliform pada sampel, maka menggunakan rumus²:

$$\text{percentage verified coliform} = \frac{\text{number of verified colonies}}{\text{total number of coliform colonies subjected to verifications}} \times 100$$

² Microbiology 316

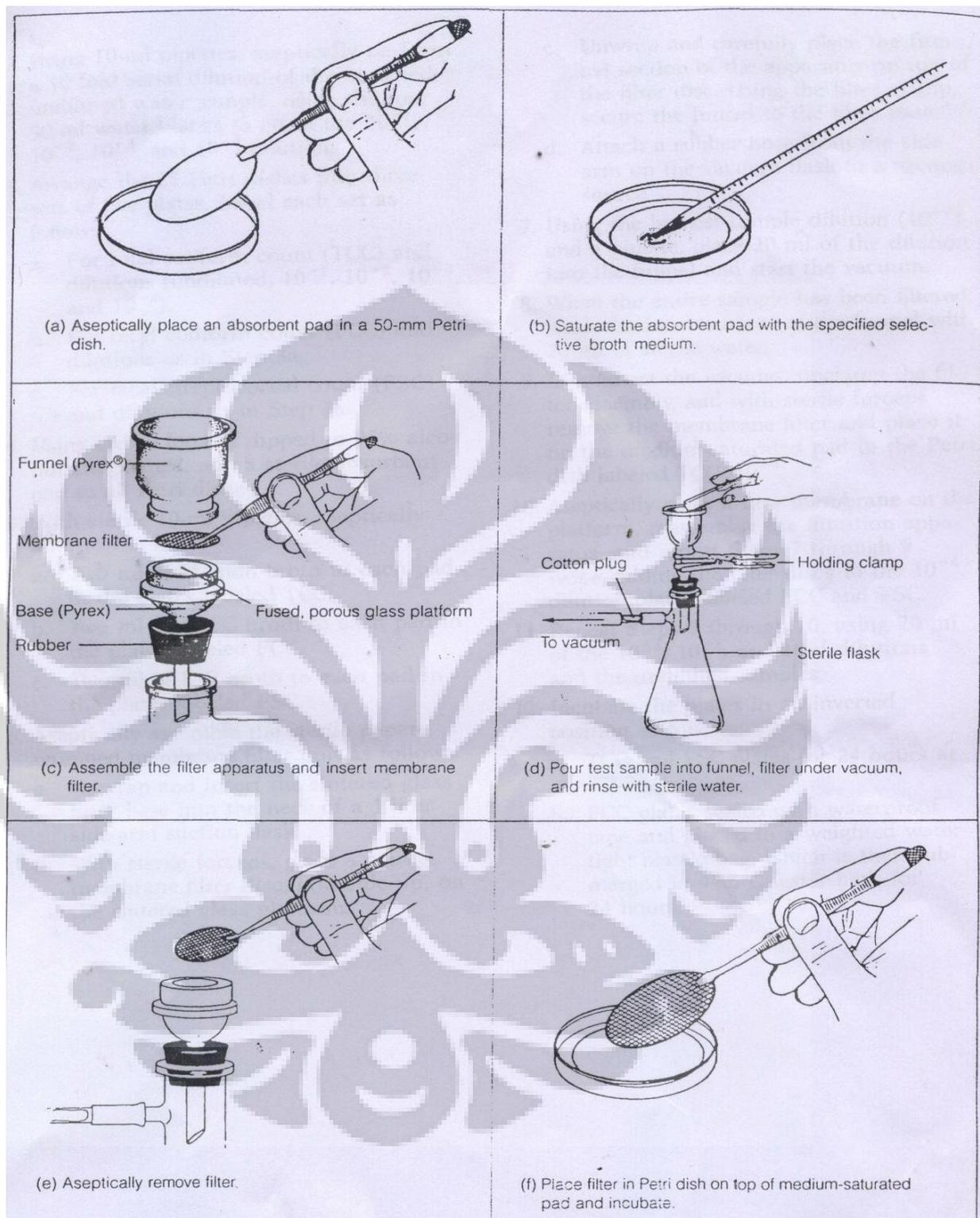


FIGURE 51.1 Membrane filter technique

Gambar 3. Analisis Mikrobiologis Air dengan *Membrane Filter* (James G. Capucino, 2002)

Pengumpulan data jumlah bakteri patogen DAMIU dilakukan melalui pengumpulan sampel air baku dan air sulingan yang berasal dari depot yang sudah ditentukan. Dari sampel air baku yang digunakan, masing-masing sampel akan diteliti tentang keberadaan bakteri patogen di dalamnya. Hal yang sama juga dilakukan untuk sampel air baku yang telah melewati proses filtrasi konvensional depot; yang juga dilengkapi dengan sterilisasi sinar UV, serta proses biofiltrasi. Hasil dari masing-masing pengujian akan dibandingkan berdasarkan jumlah bakteri patogen yang terdapat pada air baku setelah melalui proses penyaringan. Total sampel yang diuji sebanyak 16 sampel, di mana sampel diambil dalam 2 hari yang berbeda, yaitu Kamis dan Jumat. Perbedaan hari ini dipilih agar terdapat variasi dalam data sehingga dapat mengurangi risiko ketidakvalidan data. Selain itu, dalam 1 hari, sampel diambil sebanyak 2 kali, yaitu saat pagi dan sore. Pemilihan waktu ini dipilih untuk melihat keefektifan setiap proses pengolahan air saat masih baru digunakan dan ketika sudah berjam-jam digunakan. Sehingga, dengan jumlah 2 hari dalam pengambilan sampel dan intensitas pengambilan 2 kali dalam sehari, dibutuhkan 8 sampel untuk setiap proses penyaringan air.

4.3.1 Waktu Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan dari penelitian ini dilaksanakan selama 3 minggu, yaitu dari 2 minggu di pertengahan bulan Desember sampai 1 minggu di awal bulan Januari. Pelaksanaan penelitian terdiri dari dua tahap, yaitu:

Tahap pertama adalah pengambilan sampel air minum isi ulang (air baku) dari salah satu depot yang berada di wilayah kerja Puskesmas Pancoran Mas yang direkomendasikan oleh puskesmas tersebut. Setelah pengambilan sampel air baku dan air hasil proses penyaringan (air suling), dilanjutkan dengan pemeriksaan lab untuk sampel air yang sudah diambil. Pemeriksaan ini membutuhkan waktu 1x24 jam untuk setiap sampel. Untuk melihat keefektifan daya kerja proses biofiltrasi terhadap filtrasi konvensional, kedua proses tersebut harus melalui 2 macam pemeriksaan, yaitu pemeriksaan keberadaan bakteri patogen untuk air sebelum diproses (air baku) dan pemeriksaan bakteri patogen untuk air baku yang telah diproses dengan masing-masing penyaringan.

Pengambilan sampel dilakukan dalam hari yang berbeda, yaitu Kamis dan

Jumat. Dalam 1 hari, pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pagi dan sore. Jika tiap proses penyaringan membutuhkan pemeriksaan sebanyak 8 kali, yaitu 4 kali pemeriksaan air baku (pagi dan sore) dan 4 kali pemeriksaan air sulingan (pagi dan sore), maka dibutuhkan 16 pemeriksaan untuk 2 proses penyaringan tersebut. Dibutuhkan waktu 2x24 jam untuk pemeriksaan seluruh sampel air depot di laboratorium. Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya dilakukan analisis data yang dilakukan selama dua minggu. Data yang sudah dianalisis kemudian dimasukkan ke dalam bagian laporan. Pembuatan laporan dikerjakan sampai di minggu ke 4 untuk mendapatkan hasil dan pembahasan dari penelitian tersebut.

4.4 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan dengan membandingkan hasil dari setiap proses penyaringan air baku DAMIU yang diuji. Rumus yang digunakan, yaitu:

$$n = \frac{(\text{bakteri patogen air baku} - \text{bakteri patogen air suling})}{\text{bakteri patogen air baku}} \times 100 \%$$

Angka yang nanti akan dihasilkan merupakan angka yang akan dibandingkan dengan setiap proses penyaringan yang diuji. Makin tinggi angka yang dihasilkan, menunjukkan semakin efektif proses tersebut mengurangi kandungan bakteri patogen pada DAMIU. Sebagai contoh jika pada sampel air baku ditemukan 10 koloni/ 100 ml dan pada sampel air suling hasil biofiltrasi 0 koloni/ 100 ml, maka:

$$n = \frac{(10 \frac{\text{koloni}}{100\text{ml}} - 0 \frac{\text{koloni}}{100\text{ml}})}{10 \text{ koloni}/100\text{ml}} \times 100 \%$$

$$n = \frac{10 \text{ koloni}/100\text{ml}}{10 \text{ koloni}/100\text{ml}} \times 100 \%$$

$$n = 100 \%$$

Jadi, keefektifan dari proses biofiltrasi adalah 100% efektif dalam mengurangi kandungan bakteri patogen pada DAMIU.

BAB 5 HASIL PENELITIAN

5.1 Hasil Uji Sampel

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil dari seluruh sampel yang diuji. Terdapat 16 sampel yang diperiksa kandungan bakteri patogen di dalamnya menggunakan metode *Membrane Filter*. Berikut adalah hasil yang diamati selama 1x24 jam setelah diuji.

Tabel 4. Hasil sampel air menggunakan *membrane filter* dalam 1x24 jam

Proses	Waktu Pengambilan	Air baku	Air suling	Waktu Pengambilan	Air baku	Air suling
Filtrasi Konvensional	5 Januari 2012 Pagi	(++) Nomor sampel 2	(++) Nomor sampel 3	6 Januari 2012 Pagi	(+++) Nomor sampel 4	(+++) Nomor sampel 8
	Sore	(+++) Nomor sampel 7	(+++) Nomor sampel 9	Sore	(+) Nomor sampel 14	(+) Nomor sampel 15
Biofiltrasi	5 Januari 2012 Pagi	(++) Nomor sampel 1	(-) Nomor sampel 11	6 Januari 2012 Pagi	(+++) Nomor sampel 5	(-) Nomor sampel 12
	Sore	(+++) Nomor sampel 6	(-) Nomor sampel 10	Sore	(+) Nomor sampel 13	(-) Nomor sampel 16

*Interval yang digunakan untuk mengklasifikasikan jumlah mikroba lainnya dibagi menjadi 3 interval, yaitu $\leq 30 = (+)$, $31 - 90 = (++)$, dan $> 90 = (+++)$. Untuk sampel yang sama sekali tidak terdapat mikroba dinyatakan dengan (-).

Tabel 5. Hasil sampel air berdasarkan waktu pengambilan*

Waktu Pengambilan	Proses	Air baku	Air suling	Proses	Air baku	Air suling
5 Januari 2012 Pagi	Filtrasi Konvensional	(++) Nomor sampel 2	(++) Nomor sampel 3	Biofiltrasi	(++) Nomor sampel 1	(-) Nomor sampel 11
Sore		(+++) Nomor sampel 7	(+++) Nomor sampel 9		(+++) Nomor sampel 6	(-) Nomor sampel 10
6 Januari 2012 Pagi		(+++) Nomor sampel 4	(+++) Nomor sampel 8		(+++) Nomor sampel 5	(-) Nomor sampel 12
Sore		(+) Nomor sampel 14	(+) Nomor sampel 15		(+) Nomor sampel 13	(-) Nomor sampel 16

*Tabel ini digunakan untuk menunjukkan perbedaan hasil sampel untuk setiap waktu pengambilan.

Tabel 6. Hasil sampel air berdasarkan kadar mikroba*

Nomor Sampel	Proses	Air Baku	Air Suling
1	Biofiltrasi	++	
2	Filtrasi Konvensional	++	
3	Filtrasi Konvensional		++
4	Filtrasi Konvensional	+++	
5	Biofiltrasi	+++	
6	Biofiltrasi	+++	
7	Filtrasi Konvensional	+++	
8	Filtrasi Konvensional		+++
9	Filtrasi Konvensional		+++
10	Biofiltrasi		-
11	Biofiltrasi		-
12	Biofiltrasi		-
13	Biofiltrasi	+	
14	Filtrasi Konvensional	+	
15	Filtrasi Konvensional		+
16	Biofiltrasi		-

*Tabel ini digunakan untuk membandingkan hasil sampel dari tiap proses penyaringan.

5.2 Keberadaan mikroba pada sampel

Dari sampel-sampel yang diamati, terlihat mikroba yang tumbuh banyak berwarna kuning pucat (gambar terlampir). Khusus untuk *Escherichia coli* warna yang akan muncul pada media *Membrane Filter* adalah warna biru terang. Tetapi, pada sampel tidak ditemukan koloni berwarna biru. Jadi, mikroba yang tumbuh merupakan bakteri selain *Escherichia coli*. Ketidakberadaan *Escherichia coli* tersebut dinyatakan dengan < 1 coliform /100 mL.

5.3 Jumlah mikroba di pagi dan sore hari

Bagan di atas memaparkan hasil pengamatan mulai dari tahap pertama pengambilan sampel, yaitu 5 Januari 2012 saat pagi hari sampai hari terakhir, yaitu 6 Januari 2012 saat sore hari. Setiap sampel dibedakan dengan menggunakan urutan angka dari 1 – 16 pada masing-masing cawan petri. Terlihat ada perbedaan hasil dari sampel saat sebelum dan sesudah diproses. Untuk sampel depot tanggal 5 Januari 2012, jumlah mikroba di pagi hari lebih

sedikit jumlahnya daripada jumlah di sore hari. Sedangkan, sampel tanggal 6 Januari 2012 memiliki kandungan mikroba lebih banyak di pagi hari dari pada sore hari.

5.4 Bentuk koloni sampel

Setiap sampel yang diinkubasi selama 1x24 jam menghasilkan bentuk koloni yang berbeda-beda (kecuali sampel 10, 11, 12, dan 16). Ada yang berkoloni secara besar sehingga membentuk titik-titik besar pada media, ada yang berkoloni sedikit namun jumlahnya banyak dan menyebar, dan ada yang berkoloni secara besar maupun sedikit. Selain itu, ditemukan warna mikroba yang berbeda dari seluruh sampel yang ada, yaitu warna ungu. Mikroba ini tumbuh pada sampel nomor 15, yaitu air hasil penyulingan di depot. Sampel ini akhirnya diteliti lebih lanjut oleh pembimbing laboratorium untuk mengetahui jenis mikroba yang tumbuh di sana.

5.5 Tingkat kadar mikroba

Kadar mikroba terbanyak ada pada sampel nomor 4, 5, 6, 7, 8, dan 9 dengan nilai positif 3 (+++), yang berarti kadar mikroba lebih dari 90 koloni bakteri. Sedangkan pada sampel 1, 2, dan 3 merupakan sampel dengan kadar mikroba sedang, yaitu bernilai positif 2 (++) . Hal ini menunjukkan bahwa terdapat sekitar lebih dari 30 koloni bakteri namun kurang dari 90 koloni bakteri ada di dalamnya. Nilai mikroba terendah adalah nilai positif 1 (+) yang terdapat pada sampel nomor 13, 14, dan 15 yang memiliki koloni bakteri kurang dari 30. Dan negatif (-) untuk sampel yang tidak terdapat mikroba, yaitu sampel nomor 10, 11, 12, dan 16.

5.6 Kadar mikroba pada air baku

Pada sampel air baku, baik air baku untuk penyulingan depot maupun biofiltrasi memiliki kadar mikroba lainnya dalam jumlah yang sama di setiap sampel berdasarkan waktu pengambilan. Pada sampel air baku depot dan biofiltrasi yang diambil pada tanggal 5 Januari 2012 di pagi hari memiliki kadar mikroba yang sama. Begitu pula sampel air baku yang diambil pada

tanggal 5 Januari 2012 di sore hari serta sampel tanggal 6 Januari 2012 di pagi dan sore hari.

5.7 Kadar mikroba pada air suling

Berdasarkan hasil pengamatan diatas, ditemukan bahwa tidak terdapat perubahan kadar mikroba yang ada pada sampel air baku untuk depot dengan air baku yang sudah melalui proses filtrasi pada depot. Seluruh sampel air untuk filtrasi konvensional, yaitu sampel nomor 2 dengan 3, 7 dengan 9, 4 dengan 8, dan 14 dengan 15 memiliki kadar mikroba yang tetap walaupun sudah melalui penyaringan. Berbeda dengan sampel air untuk biofiltrasi. Terdapat perubahan kadar mikroba pada sampel air baku sebelum melalui proses dengan sesudah melalui proses biofiltrasi. Seluruh sampel tersebut, yaitu sampel nomor 1 dengan 11, 6 dengan 10, 5 dengan 12, dan 13 dengan 16 mengalami pengurangan kadar mikroba, dari positif mengandung mikroba menjadi negatif atau tidak mengandung sama sekali mikroba.

5.8 Hasil suling biofiltrasi

Dari 16 sampel yang diamati, hanya sampel nomor 10, 11, 12, dan 16 yang tidak menunjukkan adanya perkembangan mikroba apapun. Keempat sampel tersebut berasal dari air baku yang telah disuling dengan proses biofiltrasi.

5.9 Kekeliruan hasil

Pada seluruh sampel, hanya pada sampel nomor 7 yang menghasilkan koloni berwarna biru. Akan tetapi, tumbuhnya bakteri tersebut ada di pinggir dari pusat membrane filter, bukan di posisi pusat yang merupakan bagian yang terlewati oleh sampel. Oleh karena itu, keberadaan *Escherichia coli* tersebut tidak dianggap sebagai *Escherichia coli* pada sampel air. Dapat dikatakan bahwa pada penelitian ini tidak terdapat mikroba berwarna biru terang yang tumbuh. Sehingga, disimpulkan bahwa seluruh sampel air tidak mengandung *Escherichia coli*.

BAB 6

PEMBAHASAN

6.1. Penerapan Biofiltrasi

Konsep biofiltrasi yang terdiri dari 5 tahap proses penyaringan yang menggunakan materi dari alam ini sudah digunakan dalam sebuah mesin pompa air berkapasitas besar yang dibuat oleh salah satu perusahaan konsultan pengolahan air dan limbah untuk penjernihan air sungai yang keruh dan bau dan sudah melalui penelitian selama 1,5 tahun. Dengan penerapan lebih sederhana dan air baku yang lebih aman daripada air sungai yang terkontaminasi, peneliti mencoba untuk menerapkannya sebagai alat penyaringan untuk pengolahan air yang dapat menghilangkan *Escherichia coli* dan mikroba lainnya sehingga air dapat langsung diminum.

Jika konsep ini diterapkan menjadi pompa pengolah air dalam rumah tangga, dapat dikatakan cukup efektif dan ekonomis karena masyarakat tidak perlu membeli air bersih ataupun memasak air terlebih dulu yang menghabiskan dana dalam pembelian bahan bakar untuk memasak. Sayangnya, penggunaan pompa tersebut tidak dapat dikatakan “ekonomis” untuk keluarga yang tinggal di tempat kumuh dan masyarakat yang masih menggunakan sumur sebagai sumber pengambilan air untuk kehidupan sehari-hari. Sehingga, menyebabkan masyarakat tersebut lebih baik memilih untuk memasak air sumur tersebut.

Air sumur ini akan menjadi masalah jika masyarakat sudah tidak dapat menggunakan air di dalamnya karena faktor cuaca (musim kering) ataupun kontaminasi air tanah. Karena itu, DAMIU dapat menjadi solusi masyarakat tersebut dalam mendapatkan air minum yang murah. Tidak hanya masyarakat menengah ke bawah yang memanfaatkan kemudahan dan keekonomisan DAMIU, tetapi juga masyarakat dari menengah ke atas juga mengonsumsinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sri Malem dan Satmoko bahwa DAMIU merupakan pilihan yang tepat untuk menyediakan kebutuhan air minum karena cukup praktis dan harganya murah.

Seperti yang telah dibuktikan oleh penelitian Tri Yudianto, Sandi Sadiwi, Yudi Syuhada, dan Sri Malem pada penelitiannya tentang kualitas air minum isi

ulang bahwa terdapat kekurangan pada proses filtrasi konvensional pada DAMIU. Di sinilah konsep biofiltrasi dapat diterapkan sebagai salah satu solusi untuk mengisi kekurangan tersebut. Akan tetapi, konsep ini belum pernah dipakai pada proses penyaringan DAMIU. Sehingga, dibutuhkan percobaan untuk mengetahui efektivitas dari biofiltrasi yang akan dibandingkan dengan efektivitas filtrasi konvensional. Efektivitas ini diuji dengan menggunakan *Escherichia coli* sebagai indikator air terkontaminasi feces.

6.2. Keunggulan Biofiltrasi

Bakteri patogen pada air minum dapat membawa berbagai penyakit yang sangat mengganggu kesehatan dan dapat mengancam kehidupan manusia bila tidak terobati dengan baik. Apabila dengan konsep biofiltrasi menunjukkan tidak ditemukannya bakteri patogen dan mampu menghilangkan lebih banyak bakteri-bakteri setelah melalui pemrosesan daripada filtrasi konvensional, maka tahap ini dapat dikatakan cukup efektif untuk mencegah penyebaran bakteri patogen pada air minum isi ulang dan tentunya dapat menjaga masyarakat agar tetap sehat, begitu pula sebaliknya.

Konsep biofiltrasi sangat cocok jika ditujukan untuk masyarakat luas karena konsepnya nanti akan diterapkan oleh depot, bukan masyarakat per individu. Konsep ini nantinya dapat dikembangkan menjadi sebuah alat oleh perusahaan pengolahan air/ *water treatment industry* yang kemudian diaplikasikan oleh DAMIU, khususnya DAMIU yang baru berdiri. Depot Air Minum Isi Ulang yang sudah menggunakan filtrasi konvensional sebaiknya dapat segera mengganti filter yang digunakan dengan konsep biofiltrasi jika alatnya sudah dikembangkan oleh perusahaan terkait.

Perangkat yang lebih sederhana dibandingkan filtrasi konvensional depot membuat biaya pembelian dan perawatan untuk biofiltrasi menjadi lebih ekonomis. Jika filtrasi membutuhkan sebanyak 10 tahap atau lebih dalam mengolah air baku menjadi air siap minum, dengan biofiltrasi tahap-tahap tersebut dapat dikurangi menjadi 3 tahap penting, yaitu pengaliran air baku ke biofilter, desinfeksi (jika diperlukan), dan penyaluran air ke galon.

Hal tersebut dapat menguntungkan para pemilik depot karena pengeluaran yang harus ditanggung lebih murah sehingga pemasukan akan lebih banyak terkumpul. Jika depot harus mengeluarkan biaya sebesar 10 – 18 juta untuk mendapatkan seperangkat alat depot, dapat diperkirakan dengan menggunakan konsep biofiltrasi dapat menghemat pengeluaran hampir setengahnya karena beberapa perlengkapan seperti tangki penampung sudah tidak dibutuhkan dan air dapat langsung diambil dari air tanah artesis tanpa harus berlangganan dengan air baku kiriman. Bahan-bahan penyusun biofiltrasi pun berasal dari lokal dengan harga yang terjangkau. Selain itu, dengan sifat dari bahan-bahan penyusun biofiltrasi yang tahan lama, mendukung keekonomisan dalam perawatan. Jika efektivitas dapat dibuktikan berhasil, menunjukkan bahwa biofiltrasi dapat menghilangkan bakteri patogen dengan harga yang lebih terjangkau tanpa harus membeli perangkat lainnya yang menambah anggaran pengeluaran.

6.3. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah diuraikan sebelumnya, secara terlihat dapat dibuktikan bahwa proses biofiltrasi lebih efektif dalam menghilangkan mikroba yang terkandung dalam air baku yang digunakan. Akan tetapi, terdapat penjelasan yang akan dibahas dari hasil penelitian yang didapatkan. Diantaranya sebagai berikut:

1. Air baku mengandung mikroba yang diperlihatkan dengan koloni mikroba berwarna kuning pucat di medium. Koloni tersebut bisa merupakan bakteri *Vibrio cholera*, *Salmonella typhi*, *Shigella*, atau bakteri patogen lainnya yang jika dikonsumsi oleh manusia, tentunya akan menyebabkan gangguan kesehatan.
2. Sampel diambil dengan jadwal yang berbeda, yaitu 5 Januari 2012 serta 6 Januari 2012 yang keduanya dilakukan intensitas pengambilan sampel sebanyak 2 kali dalam sehari, yaitu saat pagi hari dan sore hari. Pengambilan saat pagi dan sore hari bertujuan untuk mengetahui perbandingan daya kerja ketika perangkat penyaringan masih baru digunakan di pagi hari dengan daya kerja perangkat ketika sudah lama digunakan sampai sore hari. Terlihat ada

perbedaan hasil dari sampel saat sebelum dan sesudah diproses. Untuk sampel depot tanggal 5 Januari 2012, kandungan mikroba di pagi hari lebih sedikit jumlahnya daripada kandungan di sore hari. Akan tetapi itu dikarenakan kandungan dalam air baku memiliki jumlah yang sama dengan air hasil sulingan. Ketika pagi harinya, ditemukan kadar mikroba dengan nilai positif 3 (+++) dalam sampel air baku. Setelah melalui proses penyaringan, kadar mikroba tetap sama. Kemudian di sore hari, kadar mikroba pada air baku bernilai positif 2 (++)). Setelah melalui proses penyaringan, kadar mikroba bernilai sama. Hal ini menyebabkan seakan-akan ada penurunan kadar mikroba dari pagi ke sore hari. Dalam kenyataannya adalah kadar mikroba pada sampel air suling tidak mengalami perubahan atau penurunan dengan sampel air baku sebelum diproses. Begitu pula yang terjadi dengan sampel tanggal 6 Januari 2012. Akan tetapi, ada sedikit perbedaan di mana sampel pada sore hari mengandung mikroba berwarna ungu, yaitu sampel 15 yang sebelumnya mikroba ini tidak tumbuh dalam air bakunya. Dengan hasil penemuan ini, dapat mendukung dugaan bahwa terjadi kontaminasi di dalam proses penyaringan yang digunakan depot tersebut atau telah terjadi penurunan kualitas daya kerja di sore hari dari proses filtrasi yang digunakan depot yang akhirnya membuat mikroba lainnya berkembang.

3. Setiap sampel diinkubasi selama 1x24 jam untuk mengetahui perkembangan mikroba yang tumbuh. Koloni yang terbentuk berbeda-beda jumlah, pola penyebaran, dan diameter koloninya. Salah satu temuan sampel yang paling berbeda adalah ditemukannya mikroba berwarna ungu. Mikroba ini tumbuh pada sampel nomor 15, yaitu air hasil penyulingan di depot. Sampel ini belum diketahui termasuk bakteri apa. Oleh karena itu, koloni tersebut diteliti lebih lanjut oleh pembimbing laboratorium untuk mengetahui jenis mikroba yang tumbuh di sana. Akan tetapi, yang lebih menjadi perhatian sampel tersebut adalah mikroba tersebut tumbuh di sampel air hasil sulingan depot. Hal ini membuktikan bahwa filtrasi dan sterilisasi yang digunakan tidak mampu menghilangkan atau mengurangi kandungan mikroba dalam air baku yang telah disuling. Dalam kenyataannya adalah air hasil sulingan justru

menghasilkan mikroba baru yang awalnya tidak tumbuh di sampel air baku yang digunakan sebelumnya.

4. Kategori yang dibuat untuk menentukan tinggi kadar mikroba pada sampel menggunakan 3 bagian kategori, yaitu positif 3 (+++) untuk kadar tinggi, positif 2 (++) untuk kadar sedang, dan positif 1 (+) untuk kadar rendah. Interval yang digunakan berdasarkan pembagian 3 kelompok, yaitu ≤ 30 , 31 – 90 , dan > 90 . Pembagian ini bertujuan untuk memudahkan dalam mengelompokkan kadar mikroba yang jumlahnya sangat banyak. Nilai negatif (-) untuk sampel yang tidak terdapat mikroba apapun.
5. Hal berbeda terjadi pada sampel air biofiltrasi. Sampel nomor 1 dengan 11, 6 dengan 10, 5 dengan 12, dan 13 dengan 16 mengalami penurunan kadar mikroba, dari positif mengandung mikroba menjadi negatif atau tidak mengandung sama sekali mikroba. Dapat dikatakan bahwa proses biofiltrasi cukup efektif dalam menghilangkan mikroba pada DAMIU.
6. Sampel air baku untuk kedua proses penyaringan memiliki kadar mikroba yang sama di setiap sampel yang memiliki waktu pengambilan yang sama. Ini mendukung penelitian dari efektifitas kedua filtrasi di mana tidak ada perbedaan kadar mikroba air baku. Sehingga, dapat dikatakan penelitian dilakukan secara seimbang untuk kedua proses.
7. Berdasarkan hasil pengamatan dari sampel nomor 2 dengan 3, 7 dengan 9, 4 dengan 8, dan 14 dengan 15 terbukti bahwa kadar mikroba pada sampel tidak mengalami perubahan walaupun sudah melalui penyaringan. Hal ini menunjukkan bahwa kerja dari proses filtrasi konvensional depot tersebut tidak cukup efektif dalam menghilangkan mikroba yang terkandung di dalam DAMIU. Kelemahan filtrasi dalam menghilangkan mikroba ini didukung oleh penelitian Tri Yudianto yang menyatakan bahwa masih terdapat kandungan MPN coliform setelah perlakuan dengan ultraviolet sebesar 15 coloni/100 ml sampel air dan 9 coloni/ml sampel setelah perlakuan ozonisasi. Begitu pula dengan penelitian Yudi Syuhada yang menjelaskan bahwa air hasil olahan

pada beberapa DAMIU yang melalui desinfeksi ozon, ultraviolet serta kombinasi ultraviolet dan ozon masih ditemukan Bakteri Coliform. Dapat disimpulkan bahwa desinfeksi tersebut tidak cukup efektif dalam menghilangkan mikroba. Selain itu, ketika ke lokasi pengambilan sampel, yaitu depot, ditemukan perilaku operator yang tidak sesuai dengan prosedur pengoperasian DAMIU. Perilaku tersebut adalah operator tidak menyalakan lampu UV secara terus menerus atau dalam waktu lama, melainkan menyalakannya ketika gallon akan diisi. Ini tidak sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa keunggulan sinar UV tergantung pada waktu lamanya radiasi dan intensitas sinar UV. Seharusnya, operator tetap menyalakan lampu UV agar fungsi dari UV tersebut efektif sehingga dapat mengurangi kadar mikroba dalam air.

8. Hanya pada sampel nomor 7 yang menghasilkan koloni berwarna biru dapat disebabkan karena alat praktikum terkontaminasi *Escherichia coli* ketika sedang meletakkan *membrane filter* di atas medium agar. Untuk merekatkan lembaran *membrane filter* di medium, peneliti menggunakan pinset yang digunakan untuk memindahkan *membrane filter* ke dalam cawan petri beragar. Sehingga, dapat diduga bahwa *Escherichia coli* tersebut berasal dari pinset yang digunakan saat merekatkan pinggiran *membrane filter* dengan agar di cawan petri. Hal ini didukung dengan posisi koloni berwarna biru tersebut berada di pinggir dari pusat *membrane filter*, bukan di posisi pusat yang merupakan bagian yang terlewati oleh sampel. Posisi ditemukannya *Escherichia coli* merupakan bagian bebas sampel karena tidak dilewati sampel saat dihisap ke bawah. Oleh karena itu, keberadaan *Escherichia coli* tersebut tidak dianggap sebagai *Escherichia coli* pada sampel air.

6.4. Efektivitas biofiltrasi

Hilangnya mikroba pada sampel air baku yang sudah melalui proses biofiltrasi dikarenakan perangkat yang menyusun biofiltrasi cukup efektif berperan sebagaimana mestinya. Pada dasarnya, pasir silika merupakan pasir yang cukup efektif untuk menyaring lumpur, tanah dan partikel besar/kecil

dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal. Sehingga, sudah tepat jika bahan ini dimasukkan sebagai penyusun pada filtrasi konvensional.

Akan tetapi, dalam proses filtrasi penyaringan yang digunakan berupa *sand filter* dengan pasir silika, karbon aktif, dan 2 macam cartridge. Penyaringan-penyaringan tersebut memiliki fungsi yang hampir sama, yaitu menyaring partikel atau koagulan yang terbentuk hingga air yang dihasilkan nanti jernih tanpa endapan atau dapat dikatakan penyaringan secara kimia. Kemudian dilakukan desinfeksi menggunakan sinar UV, ozon, atau keduanya yang bertujuan menghilangkan segala mikroba agar air minum aman secara biologis. Sayangnya, dengan banyak kecerobohan para operator yang tidak sesuai dengan prosedur pengoperasian, membuat keunggulan bahan-bahan tersebut justru menjadi kelemahan.

Karbon aktif juga merupakan bahan penyusun yang digunakan baik dalam filtrasi konvensional maupun biofiltrasi. Tujuan digunakannya karbon aktif pada kedua proses tersebut sama, yaitu sebagai media filter yang bekerja dengan menyerap/ absorpsi material organik yang larut dalam air. Karbon ini merupakan suatu unit penyaring air yang sederhana namun memiliki efektifitas yang tinggi. Dengan penyaringan ini, kadar organik, warna, bau, dan turbidity dapat dikurangi sehingga air yang dihasilkan akan jernih. Akan tetapi, karbon aktif yang didapat dari arang ini merupakan bahan yang memiliki risiko mudah larut. Sehingga dibutuhkan bahan tambahan lainnya yang sulit larut seperti batuan.

Dibutuhkan bahan tambahan untuk mendukung optimalisasi pasir silika dan karbon aktif dalam proses penyaringan. Dalam biofiltrasi, tidak hanya pasir silika dan karbon aktif yang digunakan sebagai bahan penyaring, tetapi juga dengan bantuan biofilter lainnya, seperti batuan alam terpilih untuk menghasilkan air terbebas dari kandungan mikroba. Bahan pertama penyusun biofilter yang tidak ada dalam filtrasi konvensional adalah Zeolite. Zeolite merupakan batuan alam yang dimanfaatkan sebagai penyaring dan pengadsorpsi (adsorben) yang baik karena struktur berongga dan pori-pori yang bentuknya beragam serta luas permukaan zeolit yang besar. Fungsi itulah yang menghilangkan kandungan mikroba dalam air, karena sesuai dengan

hasil penelitian yang dilakukan Ririh Yudhastuti bahwa zeolite alam dapat menurunkan jumlah kuman-kuman dalam air sungai Ciliwung dengan cara mengadsorpsi kuman tersebut.

Adsorpsi kuman yang terjadi didukung oleh beberapa variabel, seperti dosis zeolit yang digunakan dan kecepatan aliran air. Berdasarkan penelitian tersebut, dibutuhkan sejumlah 0,11 gram dosis zeolit untuk menurunkan 1 koloni coli tinja dengan peningkatan kecepatan 0,42 menit/ml aliran air untuk menurunkan 1 koloni kuman coli tinja. Pemberian dosis zeolit yang meningkat dengan kecepatan alir air yang makin lambat akan menghasilkan jumlah penurunan kuman yang semakin banyak. Hal ini dikarenakan adsorpsi zeolit terhadap kuman-kuman dalam air membutuhkan waktu dan kontak lebih lama.

Bahan kedua yang terdapat pada biofiltrasi namun tidak ada pada filtrasi konvensional adalah Gravel (kasar dan halus). Gravel digunakan untuk menurunkan kekeruhan influen dan suspended solid sehingga memadai sebagai input bagi *sand filter*. Selain itu, gravel dapat melindungi *sand filter* dari penumpukan partikulat sehingga membantu *sand filter* bekerja lebih baik dan lebih lama. Oleh karena itu, fungsi yang dilakukan gravel membantu kinerja *sand filter* (pasir silika) dalam menyaring. Ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan pakar air minum dari Belanda, Wegelin tahun 1998 bahwa dengan gravel, *sand filter* dapat beroperasi lima kali lebih lama daripada tanpa gravel. Gravel juga dapat mereduksi penyumbatan oleh algae sehingga biofilter aman dari tumbuhnya lumut tanpa penggunaan ozon, di mana fungsi ozonisasi pada filtrasi konvensional ialah untuk menghambat pertumbuhan lumut. Hal ini membuat teknis pemakaian biofiltrasi menjadi lebih sederhana daripada filtrasi konvensional dan biaya pemakaian akan lebih ekonomis karena gravel jauh lebih murah daripada penggunaan ozonisasi. Gravel juga mampu mereduksi suspensi dan koloid tanpa penambahan koagulan, sehingga air akan aman dari bahan-bahan kimia.

Bahan ketiga yaitu Anthracite/ Antrasit yang memiliki fungsi sebagai penyaring kekeruhan berupa material yang tidak larut pada rongga-rongga luar lebih banyak daripada pasir silika. Pasir silika mempunyai bentuk butiran seragam dan lebih berat, sehingga lapisan filter menjadi padat dan ukuran

persentase rongga-rongga menjadi kurang. Hal ini menyebabkan jumlah kekeruhan yang tersaring menjadi berkurang. Sedangkan butiran-butiran antrasit masing-masing mempunyai bentuk yang berbeda, persentase rongga menjadi besar, sehingga dapat menyaring kekeruhan lebih besar. Antrasit juga melengkapi kekurangan karbon aktif yang mudah larut karena batuan ini mempunyai kadar carbon tinggi tetapi hanya sedikit pengotornya, sehingga menyebabkan antrasit tidak larut pada larutan asam ataupun basa (alkaline). Oleh karena itu, antrasit sangat cocok digunakan sebagai filter media. Fungsi dari bahan ini melengkapi seluruh fungsi penyaringan dari bahan-bahan penyusun biofiltrasi sehingga air yang keluar dari proses penyaringan merupakan air yang jernih, aman dari bahan kimia, dan bebas dari kandungan mikroba.

Walaupun pada penelitian ini tidak ditemukan *Escherichia coli* pada air baku, namun konsep biofiltrasi secara teori juga mampu mencegah penyebaran *Escherichia coli* pada DAMIU karena tahap-tahap pada prosesnya sudah terbukti dalam penelitian-penelitian lain dapat menghilangkan *Escherichia coli* sebagai bakteri indikator kontaminasi feces.

Selain kontaminan biologis dan fisik, biofiltrasi juga mampu menghilangkan kontaminan kimia. Penelitian telah membuktikan biofilter dapat menyisihkan H₂S dan NH₃ mencapai efisiensi lebih dari 99%. Hal ini menunjukkan bahwa biofiltrasi efektif digunakan untuk semua jenis kontaminasi.

Seperti yang sudah dipaparkan sebelumnya, dapat dikatakan bahwa konsep biofiltrasi dilihat dari bahan penyusunnya cukup efektif dalam menghasilkan air minum yang aman dan higienis. Segala macam fungsi dari bahan penyusun cukup lengkap dan sesuai dalam menghilangkan kandungan fisik, bahan kimia, dan kontaminasi mikroba dalam air. Setiap bahan memiliki fungsi khusus yang saling mendukung satu dengan lainnya dan membentuk kesinergisan dalam pengolahannya.

Dengan bahan-bahan yang digunakan, dapat memudahkan operator depot dalam mengoperasikan alat yang menggunakan konsep biofilter. Hal ini dikarenakan pada konsep ini tidak menggunakan tahap serumit dan sebanyak

filtrasi konvensional yang pada praktiknya banyak menimbulkan masalah. Diantaranya seperti perilaku operator yang tidak menyalakan lampu UV dan adanya risiko kontaminasi mikroba ketika di air berada di bak penampung.

Kecerobohan perilaku operator yang tidak menyalakan lampu UV sesuai prosedur sering terjadi. Ini dapat diakibatkan oleh ketidaktahuan ataupun ketidakpedulian operator dan pengelola DAMIU. Buruknya kualitas DAMIU bukan saja tanggung jawab operator, namun juga pengelola DAMIU. Pengelola yang baik akan mengawasi dan memelihara alat-alat DAMIU, memeriksakan kualitas air DAMIUnya secara rutin, serta menjaga kebersihan sanitasi lingkungan sekitar DAMIU agar dapat mengurangi risiko tercemarnya air minum oleh bakteri patogen. Dalam hal ini, dibutuhkan kerjasama antara pengelola dengan operator agar terwujud kesinergisan dalam bertugas serta kesadaran diri dalam mematuhi prosedur.

Kontaminasi-kontaminasi yang diakibatkan peralatan DAMIU dapat terjadi sesuai dengan penelitian Sri Malem yang menyatakan bahwa untuk parameter mikrobiologi ditemukan cemaran pada air dari sumber air baku, dan air dari mobil tanki di sampel yang ditelitinya. Sehingga, dengan kata lain bak penampung/tangki merupakan faktor yang meningkatkan penyebaran mikroba dalam DAMIU. Jika sebelumnya DAMIU lebih banyak menggunakan air yang dikirim menggunakan mobil tangki, dengan konsep biofiltrasi, air baku dapat langsung diambil dari air artesis atau air tanah tanpa merasa khawatir akan tercemar mikroba. Sehingga, dengan menggunakan biofiltrasi dapat mengurangi faktor risiko penyebaran mikroba karena tidak memerlukan bak penampung/tangki.

Berdasarkan fakta yang berasal dari berbagai macam penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya, kelemahan filtrasi konvensional depot adalah banyaknya tahap yang harus dilewati. Mulai dari air yang dikirim menggunakan tangki sampai proses pengaliran air yang harus disinari radiasi UV secara tepat. Sayangnya, banyak operator yang tidak melakukan tahap-tahapnya sesuai prosedur. Sehingga sering ditemukan adanya hubungan antara mikroba pada air minum isi ulang dengan proses pengolahan dan perilaku operator dalam mengolah air minum tersebut. Dengan biofiltrasi, tahap

penyaringan menjadi lebih mudah dan efisien karena air dapat diambil langsung dari air tanah, sehingga mengurangi risiko terkontaminasi dari tangki penampung.

Walaupun konsep biofiltrasi sebagai alternatif pengolahan air pada DAMIU dapat dikatakan efektif dalam menghilangkan mikroba pada air, namun tetap dibutuhkan pengawasan dan kebijakan dari pemerintah. Hal ini dibutuhkan untuk mengendalikan DAMIU agar selalu memberikan kualitas terbaik untuk para konsumen. Untuk mewujudkannya, pemerintah dapat bekerja sama dengan masyarakat, pengelola depot, dan instansi terkait untuk menerapkan proses pengolahan air yang lebih efektif pada DAMIU.

Kaum intelektual sebaiknya juga turut membantu dalam meneliti kemampuan dan kinerja konsep biofiltrasi sebagai secara lebih dalam untuk penerapan yang lebih luas. Sehingga, penelitian tersebut nantinya dapat melihat berbagai efektifitas tidak hanya biofiltrasi dengan filtrasi konvensional beserta desinfeksi berupa sinar UV dan ozon, tapi juga *reverse osmosis* dan desinfeksi lainnya maupun tentang kegunaan konsep biofiltrasi untuk diterapkan dalam pengolahan lainnya.

Sebagai konsumen dan produsen air minum, masyarakat terkait tidak hanya cukup mengandalkan peran pemerintah dalam mengawasi dan mencegah penyebaran bakteri patogen pada air minum. Masyarakat juga harus berusaha untuk lebih kritis dan turut berperan aktif dalam mewujudkan masyarakat yang lebih sehat karena kerja sama seluruh aspek dan lapisan masyarakat sangat dibutuhkan dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah iuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Air baku yang dijadikan sampel penelitian seluruhnya mengandung mikroba yang jika terkonsumsi dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan pada manusia.
2. Tidak terdapat mikroba pada sampel air baku yang telah melalui proses biofiltrasi.
3. Terdapat mikroba pada sampel air baku yang telah melalui proses filtrasi konvensional.
4. Biofiltrasi efektif menghilangkan mikroba lain yang tidak hilang jika menggunakan filtrasi konvensional.

7.2. Saran Penelitian

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini diantaranya:

7.2.1. Bagi pemerintah

Dalam rangka menjaga keamanan kualitas DAMIU, maka perlu dilakukan pengawasan secara rutin oleh pemerintah melalui Dinas Kesehatan setempat. Selain itu, pemerintah juga turut bekerjasama dengan masyarakat, pengelola depot, dan instansi terkait untuk menerapkan proses pengolahan air yang lebih efektif pada DAMIU agar masyarakat dapat secara aman mengonsumsi air depot dan juga dapat meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

7.2.2. Bagi pengelola DAMIU

Disarankan kepada DAMIU agar dapat menggunakan konsep biofiltrasi setelah alat sudah dikembangkan. Selain itu, pengelolanya dapat menerapkan higiene sanitasi sesuai dengan pedoman penyelenggaran depot serta memeriksakan kualitas air secara rutin.

Selain itu, pengelola depot harus melakukan pengawasan dan pemeliharaan alat-alat untuk proses pengolahan air minum tersebut dan juga saling mengingatkan antar pemilik dan operator agar terwujud kesinergisan dalam bertugas. Pengelola depot dan operator wajib meningkatkan kesadaran diri untuk taat terhadap prosedur yang sudah ditentukan dalam pengoperasian pengolahan air depot agar air hasil sulingannya terhindar dari kontaminasi dan aman dikonsumsi.

7.2.3. Bagi masyarakat

Masyarakat sudah seharusnya peduli dengan keamanan air yang dikonsumsi. Oleh karena itu, masyarakat harus secara bijak memilih DAMIU yang aman untuk kesehatan mereka dan keluarga. Masyarakat juga berperan aktif dan kritis demi mewujudkan masyarakat yang lebih sehat.

7.2.4. Bagi kaum intelektual

Adanya penelitian lebih lanjut yang dilakukan oleh mahasiswa atau kaum intelektual lainnya dalam meneliti kemampuan dan kinerja konsep biofiltrasi sebagai penyaring dalam pengolahan DAMIU secara lebih dalam untuk penerapan yang lebih luas. Sehingga, penelitian tersebut nantinya dapat melihat berbagai efektifitas tidak hanya biofiltrasi dengan filtrasi konvensional beserta desinfeksi berupa sinar UV dan ozon, tapi juga reverse osmosis dan desinfeksi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- .1992. *Unit operation and processes in environmental engineering edisi kedua*. Boston: Pws Publishing Company.
- Anggun, A.M., & Benedictus, S.A. 2009. *Pengolahan Limbah Dengan Media Biofilter Pasir*. Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia. Semarang: Fakultas Teknik UNDIP
- Artikel kimia. 2011. “Cara Menghilangkan Zat Berbahaya Dalam Air”, <http://www.artikelkimia.info/cara-menghilangkan-zat-berbahaya-dalam-air-34070628122011> (10 Januari 2012 pukul 23.05)
- Bataviase. 2011. “Air PDAM Keruh dan Berbau”. www.Bataviase.co.id (12 Oktober 2011 pukul 20.45)
- Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology*. Wiley-liss, New York.
- Brooks, B., & Moorse. 2002. *Jawetz, Melnick, and Adelberg’s Medical Microbiology*. India: Appleton and Lange.
- Capucino, J.G dan Natalie Sherman,. 2006. *Microbiology a Laboratory Manual Edisi 6*. San Fransisco: Pearson Education.
- Cipta Karya. 2010. ”Kerugian Akibat Pencemaran Air di Indonesia Mencapai Rp 45 Triliun”, ciptakarya.pu.go.id (7 Maret 2010 pukul 21.56)
- Degremont. 1979. *Water Treatment Handbook, 5th edition*. New York: John Wiley & Sons
- Departemen Kesehatan RI. 1994. *Kumpulan Peraturan Perundang-undangan di Bidang Makanan*, Jakarta: Bhakti Husada.
- Departemen Kesehatan. 2010. “Database Kesehatan Per Kabupaten Tahun 2010”, <http://www.bankdata.depkes.go.id/propinsi/public/report/createtablepti> (22 Januari pukul 06.10)
- Dinas Kesehatan Depok. 2010. *Profil Kesehatan Kota Depok Tahun 2010*, Depok: Dinas Kesehatan Kota Depok
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. New York: John Wiley & Sons

- Edahwati, Luluk & Suprihatin. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.1 No. 2. (hal 79-83). Universitas Pembangunan Nasional.
- Emedicine. 2010. "Escherichia Coli Infection", emedicine.medscape.com (7 Maret 2010 pukul 22.03)
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Gostomski, P.A., Sisson, J.B., & Cherry R.S. 1997. Water Content Dynamics In Biofiltration : The Role Of Humidity And Microbial Heat Generation. Vol. 47, No.16. (hal 936-944). Pittsburgh: Air & Waste Management Association
- Grady, C.P.L & Lim, H.C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Hozalski, R.M., Edward J.B., & Sudha G. 1999. Removal of natural organic matter (NOM) from drinking water supplies by ozone-biofiltration. *Water Science and Technology*. Volume 40. Issue 9. (hal 157-163).
- Jabarprov. 2011. "Kualitas Air Tanah Semakin Menurun". <http://www.jabarprov.go.id/index.php/subMenu/informasi/berita/detailberita/1610> (12 Oktober 2011 pukul 20.45)
- Khumyahd, L. 1991. *Iron and Manganese Removal in Water Supplies*. Report. Wisconsin: University of Wisconsin-Madison
- Krenkel, P.A., & Vladimir N. 1980. *Water quality management*. London: Academic Press
- Kuan-Mu Yao, Mohammad T., & Habibian, Charles R. 1971. *Environ. Sci. Technol.* Vol 5, No.11. (hal 1105–1112). ACS publications
- Leson, G., & Winer AM. 1991, Agustus. Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions. Volume 41, No 8. (hal 1045-1054) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1958341> (5 Januari 2012 pukul 20.05)
- Lubis, R.F. Krisis Air di Kota: Masalah dan upaya pemecahannya (Perbandingan dengan upaya pemecahannya di Jepang), pusat penelitian eotenoloi lipi. *Jurnal air Indonesia*. <http://www.geotek.lipi.go.id/?p=652> (23 Desember 2011 pukul 23.04)

- Lyus, D. 2005. Tinjauan Terhadap Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Terjadinya Kontaminasi Bakteriologi *Eschericia Coli* Dan Coliform Pada Edepot-Depot Air Minum Isi Ulang (AMIU) Di Wilayah Jakarta Pusat Yang Menjadi Industri Binaan Suku Dinas Kesehatan masyarakat Jakarta Pusat Rahun 2004. [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.
- Malem, S., & Indirawati. 2010. Analisis Higiene Sanitasi Dan Kualitas Air Minum Isi Ulang (Amiu) Berdasarkan Sumber Air Baku Pada Depot Air Minum Di Kota Medan Authors. [Tesis]. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara
- Masschelein, W.J. 2002. *Ultraviolet light in water and wastewater sanitation*. Florida: Lewis Publisher
- Montgomery, J.M. 1985. *Water Treatment Principles and Design*. New York: John Wiley & Sons
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta
- O'melia, CR., & Stumm W. 1967. Theory of Water Filtration. *Jurnal of The American Water Works Association*. Vol 59, No 11. (hal 1393-1412).
- Purba, I.O. 2001. *Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum Di Kecamatan Medan Johor Tahun 2011*. Skripsi. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara
- Rahman, A., & Budi Hartono. 2004. Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Jurnal Makara*. Vol. 8, No. 1. (hal 1-6). Depok: DRPM
- Reynolds, R. 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Boston: PWS publishing
- Sadtiwi, S. 2004. *Kajian Tentang Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Di Kota Kudus*. [Skripsi]. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro
- Said, N.I. "Buku Air Minum BAB 1 PENCEMARAN", <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirMinum/BAB1PENCEMARAN.pdf> (20 Januari 2012 pukul 15.30)

- Saputra, A.I., & Santosa I. 2008. Penggunaan Alat Sterilisasi Air Minum dengan Menggunakan Lampu Ultra Violet dalam Skala Rumah Tangga. *Jurnal Ruwa Jurai*. Volume 2, nomor 2. (hal 18-26)
- Saragi, S. R. 2003. Efektifitas Proses Pengolahan Air Minum Di Depot Air Minum Ditinjau Dari Kualitas Bakteriologi Studi Kasus Pada 20 Depot Air Minum (DAM) Di Kotamadya Pusat Tahun 2003, [Skripsi], Depok: Universitas Indonesia.
- Satmoko, Y. 2005. Evaluasi teknologi air minum isi ulang di DKI Jakarta. *Jurnal air Indonesia*. Vol 1, No 3. <http://ejurnal.bppt.go.id/ejurnal/index.php/JAI/article/view/48> (2 januari 16.20)
- Sembiring, F.Y. 2008. Manajemen Pengawasan Sanitasi Lingkungan Dan Kualitas Bakteriologis Pada Depot Air Minum Isi Ulang kota Batam. [Tesis]. Medan: Fakultas Kesehatan Lingkungan Industri Universitas Sumatera Utara
- Setyowati, E. 2008. Meningkatkan Kualitas Air Sungai dengan Katalisator Batuan dan Arang Kasus Pemukiman Pinggir Kota di Dusun Grobogan. *Jurnal Forum Teknik*. Vol 32, no 3. (hal 167-173) Yogyakarta: Universitas Widya Mataram
- Slamet. 2007. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sobsey, M.D., & Olson B. 1983. *Microbial agents of waterborne disease, in: Assesment on Microbiology and Turbidity Standards to Drinking Water, P.S. Berger and Argaman, Eds. EPA Report # EPA 570-9-83-001. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. (1969). New York: American Public Health Association
- Sutrisman. 2003. *Standar Filterisasi-Purifikasi dan Sterilisasi dalam Proses Air Baku menjadi Air Minum pada Depot Air Minum sebagai Pedoman Higienis dan Sanitasi yang Baku*. Surabaya
- Suwardin, D., Tjandra S., & Enri D. (2007). *Biofiltrasi dalam Penyisihan Limbah Gas H₂S dan NH₃ Aplikasi Teknik*. Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2007, Surabaya

- Swanson, W.J., & Loehr R.C. 1997. Biofiltration: Fundamentals, Design and Operations Principles, and Applications. *Journal of Environmental Engineering*. Volume 123. US National Library of Medicine National Institutes of Health. http://ascelibrary.org/eeo/resource/1/joeedu/v123/i6/p538_s1?isAuthorized=no (8 Janu ari 2012 pukul 21.50)
- Syuhada, Y. 2005. *Perbedaan Kandungan Bakteri Coliform Setelah Berbagai Proses Pengolahan Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Kabupaten Pekalongan*. [Skripsi]. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro
- Urfer, D., d.k.k. 1997. Biological filtration for BOM and particle removal: a critical review. *Journal American Water Works Association*. Vol 89, No.12 (hal 83–98). Waterloo: Department of Civil Engineering University of Waterloo.
- Venter, G. 2010. *Succesfull Hydroponics*. United States: Xlibris Publishing
- Wahidiyah, D.R.N., Bambang S., & Iqmal B.T. 2004. Utilization of Activated Zeolite as Molecular Sieve in Chromatographic Column for Separation of Coal Tar Compounds. *Jurnal Indonesian Journal of Chemistry* . Edisi IV
- Wahyu, A. 2000. *Penggunaan Filter Pasir – Arang Tempurung Kelapa serta Pasir Zeolit sebagai Proses Lanjutan Pengolahan Air yang Mengandung Besi (Pengolahan Awal Menggunakan Tray Aerator)*. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Waite, T.D. 1984. *Principle of Water Quality*. London: Academic Press
- Widiasmoro. 2000. *Batu Zeolit dan Tufa Zeolitik Merupakan Tipe Bahan galian Industri Masa Depan*. Pidato Pengukuhan pada Jabatan Lektor Kepala Madya dalam Ilmu Petrologi di Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Yudhastuti, R. 1993. *Studi Kemampuan Zeolit untuk Menurunkan Jumlah Kuman-Kuman Coliform Air Sungai Ciliwung di Jakarta*. [Tesis]. Fakultas Kesehatan Masyarakat UI
- Yudianto, T. 2006. *Perbedaan Pengolahan Sistem Ultraviolet (UV) Desinfection Dan Ozonisasi Terhadap Angka Mpn Coliform Air Minum Isi Ulang Hastako Klaten Tahun 2006*. [Skripsi]. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Peralatan Uji Laboratorium



Perlengkapan *Membrane Filter*



Kertas *Membrane Filter*



Pompa vakum beserta tabung vakumnya



Air sampel dimasukkan sebanyak 100 ml untuk setiap pengujiannya



Air sampel yang dimasukkan ke dalam plastik khusus sebelum dilakukan pengujian laboratorium

Lampiran 2. Dokumentasi Depot Pengambilan Sampel



Kran yang menjadi penyalur sumber air baku depot

Tempat tidak menunjukkan kebersihan sanitasi yang diharapkan dari sebuah depot air minum.



Tabung filtrasi pada depot air minum



Lemari untuk pengisian galon



Pipa penyalur air ke dalam galon dan lampu UV

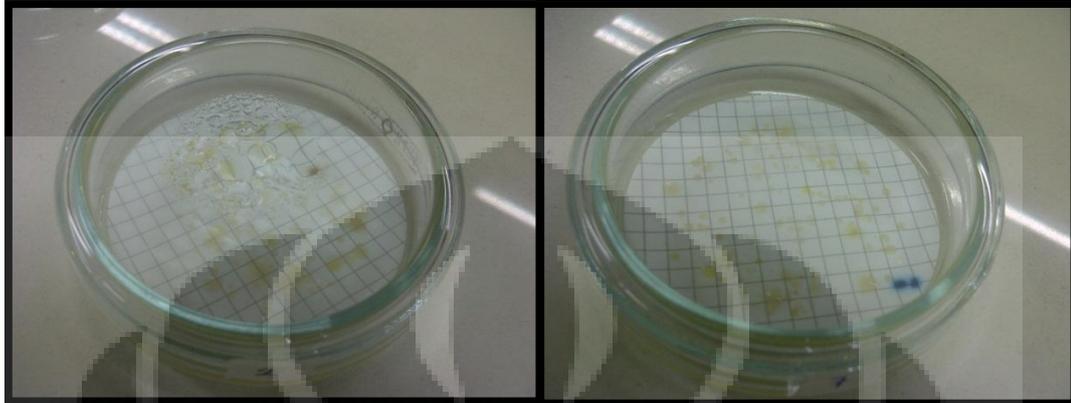
Lampu tidak dinyalakan



Tangki penampung air baku sebelum melalui proses filtrasi

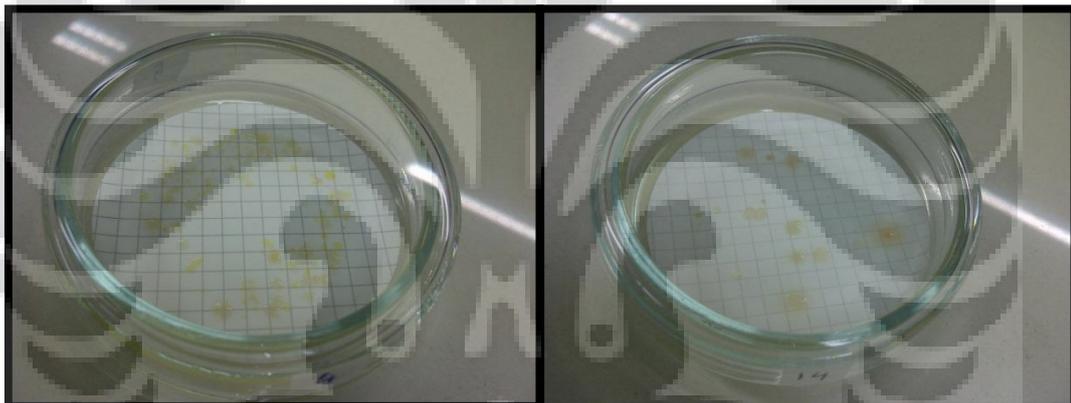
Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Sampel Air

Sampel Air Baku untuk Filtrasi Konvensional



Sampel nomor 2
5 Januari 2012 Pagi

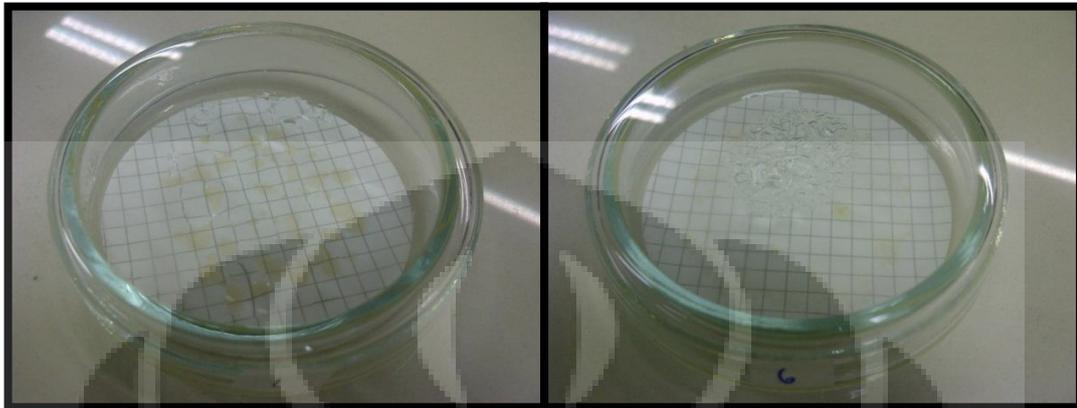
Sampel nomor 7
5 Januari 2012 Sore



Sampel nomor 4
6 Januari 2012 Pagi

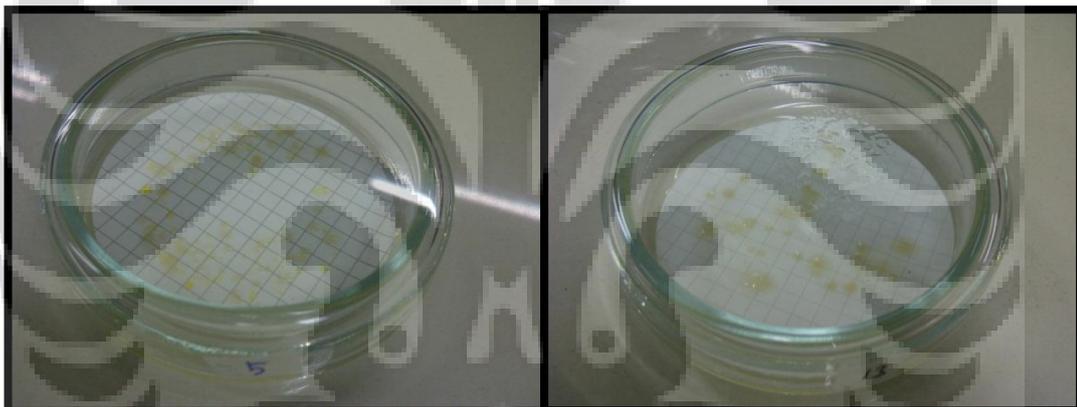
Sampel nomor 14
6 Januari 2012 Sore

Sampel Air Baku untuk Biofiltrasi



Sampel nomor 1
5 Januari 2012 Pagi

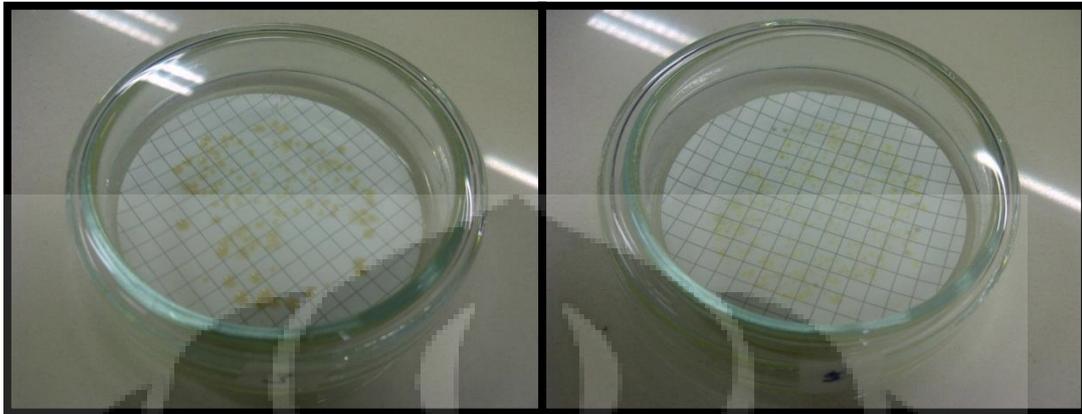
Sampel nomor 6
5 Januari 2012 Sore



Sampel nomor 5
6 Januari 2012 Pagi

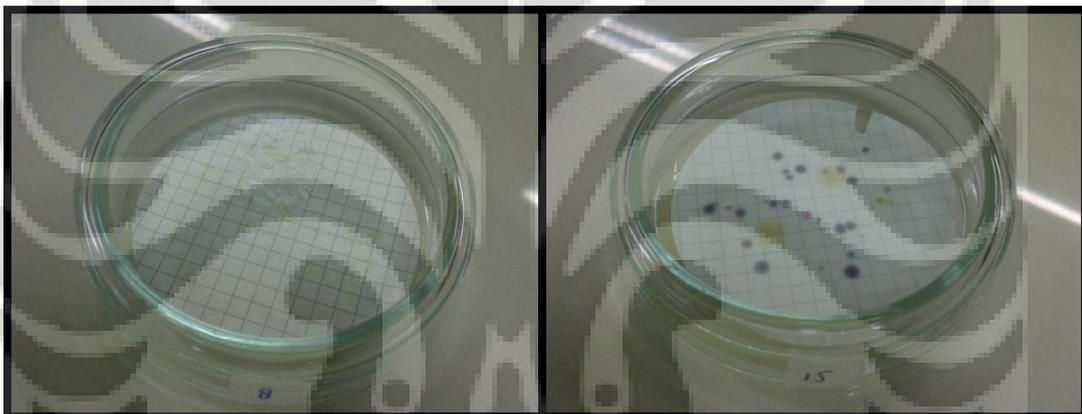
Sampel nomor 13
6 Januari 2012 Sore

Sampel Air Suling untuk Filtrasi Konvensional



Sampel nomor 3
5 Januari 2012 Pagi

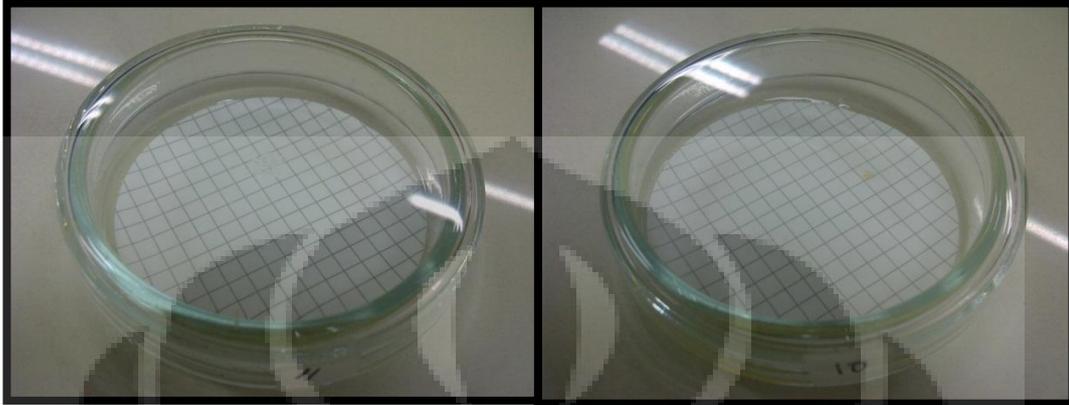
Sampel nomor 9
5 Januari 2012 Sore



Sampel nomor 8
6 Januari 2012 Pagi

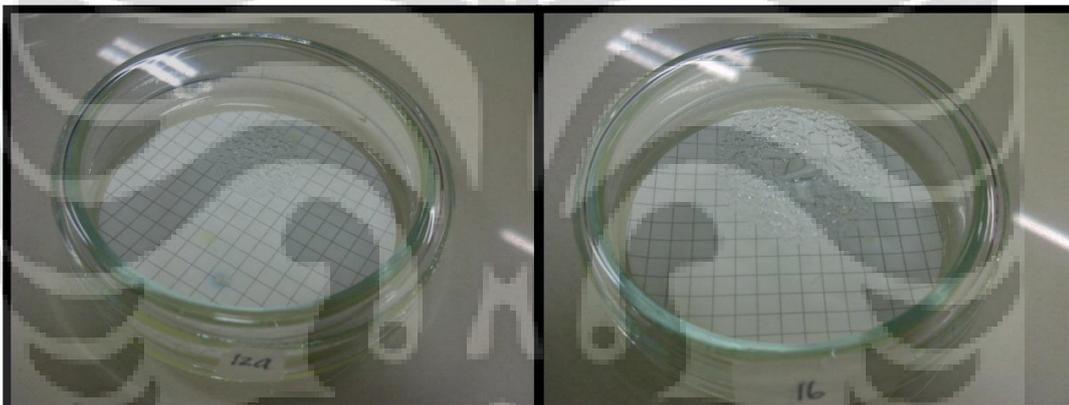
Sampel nomor 15
6 Januari 2012 Sore

Sampel Air Suling untuk Biofiltrasi



Sampel nomor 11
5 Januari 2012 Pagi

Sampel nomor 10
5 Januari 2012 Sore

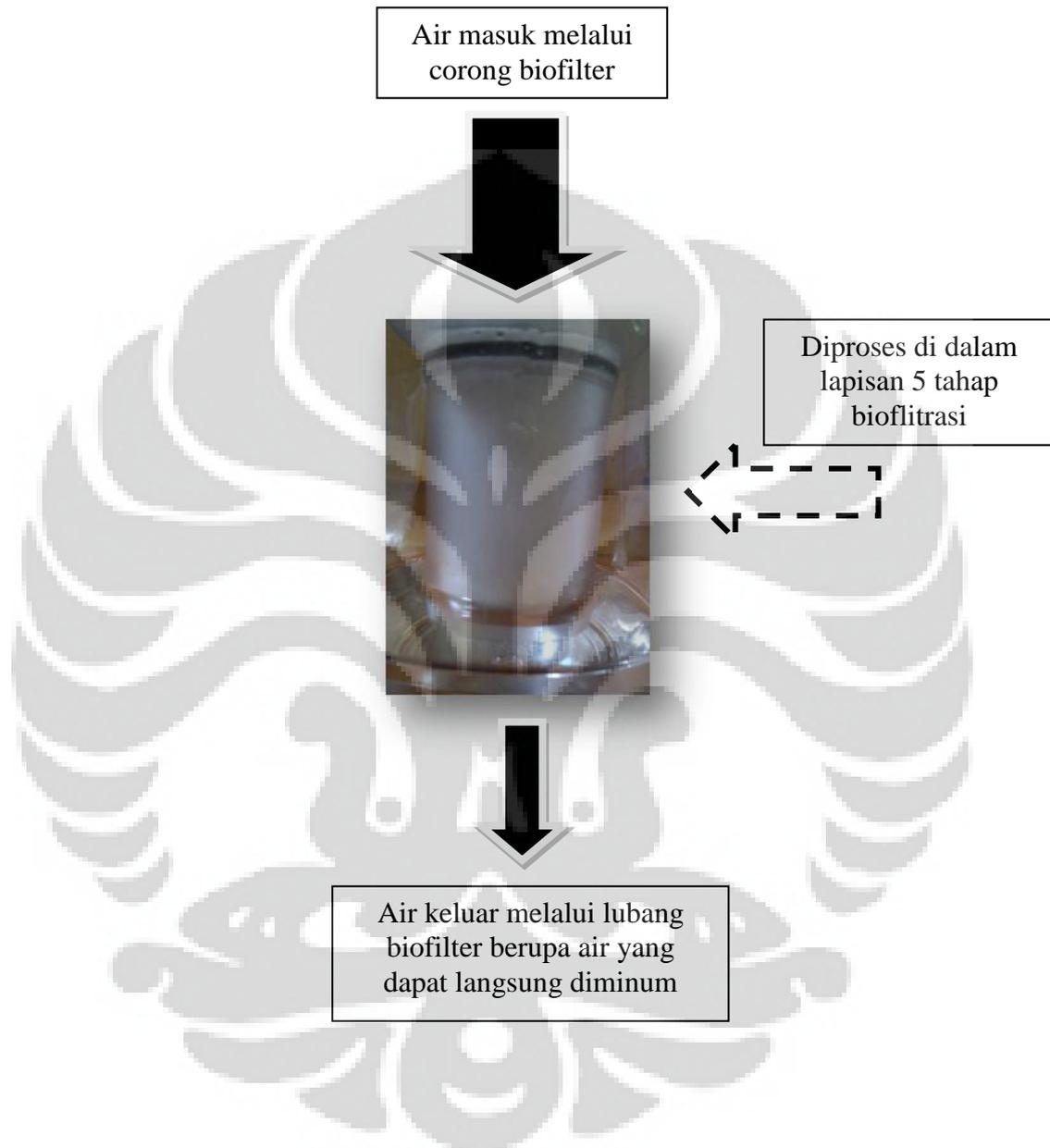


Sampel nomor 12
6 Januari 2012 Pagi

Sampel nomor 16
6 Januari 2012 Sore

Lampiran 4. Dokumentasi Rancangan Biofiltrasi

Contoh Alat Biofiltrasi dalam Ukuran Kecil



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
LABORATORIUM KESEHATAN LINGKUNGAN
 Gedung C. Lantai 3 Telp/ Fax: (021) 786 3489

BAB 4				
BAB 5 HASIL PEMERIKSAAN LABORATORIUM				
Pemilik : Yovita		Jenis sampel : Air baku isi ulang dan Air suling		
Tgl diterima : 5 Januari 2012		Jumlah sampel : 16 (enam belas)		
No : 005 H2 F10/DPD.02000/12				
Jenis pemeriksaan : Membran filter				
Legalitas	1. Peraturan Pemerintah No. 416 Tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan pengawasan kualitas air 2. Keputusan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan kualitas air minum			
SAMPEL	Perkiraan Jumlah Terdekat E.coli (koloni/ 100 ml)	Jumlah E.coli yang diijinkan (koloni/100 ml)		<i>keterangan</i>
		PP no 416	Kep MenKes no 492	
Air baku untuk biofiltrasi 5 januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 5 Januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air Suling untuk depot 5 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air suling untuk biofiltrasi 5 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 5 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air suling untuk depot 5 januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk biofiltrasi 5 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air suling untuk biofiltrasi 5 januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat
Air suling untuk depot 6 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 6 Januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air baku untuk biofiltrasi 6 Januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air suling untuk biofiltrasi 6 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk biofiltrasi 6 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 6 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air Suling untuk depot 6 Januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat
Air Suling untuk biofiltrasi 6 Januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat

Depok, 13 Januari 2012
 Mengetahui
 Kepala Lab Kesling FKM UI

Laila Fitria, SKM, M.Kes

DAFTAR PUSTAKA

- .1992. *Unit operation and processes in environmental engineering edisi kedua*. Boston: Pws Publishing Company.
- Anggun, A.M., & Benedictus, S.A. 2009. *Pengolahan Limbah Dengan Media Biofilter Pasir*. Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia. Semarang: Fakultas Teknik UNDIP
- Artikel kimia. 2011. “Cara Menghilangkan Zat Berbahaya Dalam Air”, <http://www.artikelkimia.info/cara-menghilangkan-zat-berbahaya-dalam-air-34070628122011> (10 Januari 2012 pukul 23.05)
- Bataviase. 2011. “Air PDAM Keruh dan Berbau”. www.Bataviase.co.id (12 Oktober 2011 pukul 20.45)
- Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology*. Wiley-liss, New York.
- Brooks, B., & Moorse. 2002. *Jawetz, Melnick, and Adelberg’s Medical Microbiology*. India: Appleton and Lange.
- Capucino, J.G dan Natalie Sherman,. 2006. *Microbiology a Laboratory Manual Edisi 6*. San Fransisco: Pearson Education.
- Cipta Karya. 2010. ”Kerugian Akibat Pencemaran Air di Indonesia Mencapai Rp 45 Triliun”, ciptakarya.pu.go.id (7 Maret 2010 pukul 21.56)
- Degremont. 1979. *Water Treatment Handbook, 5th edition*. New York: John Wiley & Sons
- Departemen Kesehatan RI. 1994. *Kumpulan Peraturan Perundang-undangan di Bidang Makanan*, Jakarta: Bhakti Husada.
- Departemen Kesehatan. 2010. “Database Kesehatan Per Kabupaten Tahun 2010”, <http://www.bankdata.depkes.go.id/propinsi/public/report/createtablepti> (22 Januari pukul 06.10)
- Dinas Kesehatan Depok. 2010. *Profil Kesehatan Kota Depok Tahun 2010*, Depok: Dinas Kesehatan Kota Depok
- Droste, R.L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. New York: John Wiley & Sons

- Edahwati, Luluk & Suprihatin. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.1 No. 2. (hal 79-83). Universitas Pembangunan Nasional.
- Emedicine. 2010. "Escherichia Coli Infection", emedicine.medscape.com (7 Maret 2010 pukul 22.03)
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius
- Gostomski, P.A., Sisson, J.B., & Cherry R.S. 1997. Water Content Dynamics In Biofiltration : The Role Of Humidity And Microbial Heat Generation. Vol. 47, No.16. (hal 936-944). Pittsburgh: Air & Waste Management Association
- Grady, C.P.L & Lim, H.C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Hozalski, R.M., Edward J.B., & Sudha G. 1999. Removal of natural organic matter (NOM) from drinking water supplies by ozone-biofiltration. *Water Science and Technology*. Volume 40. Issue 9. (hal 157-163).
- Jabarprov. 2011. "Kualitas Air Tanah Semakin Menurun". <http://www.jabarprov.go.id/index.php/subMenu/informasi/berita/detailberita/1610> (12 Oktober 2011 pukul 20.45)
- Khumyahd, L. 1991. *Iron and Manganese Removal in Water Supplies*. Report. Wisconsin: University of Wisconsin-Madison
- Krenkel, P.A., & Vladimir N. 1980. *Water quality management*. London: Academic Press
- Kuan-Mu Yao, Mohammad T., & Habibian, Charles R. 1971. *Environ. Sci. Technol.* Vol 5, No.11. (hal 1105–1112). ACS publications
- Leson, G., & Winer AM. 1991, Agustus. Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions. Volume 41, No 8. (hal 1045-1054) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1958341> (5 Januari 2012 pukul 20.05)
- Lubis, R.F. Krisis Air di Kota: Masalah dan upaya pemecahannya (Perbandingan dengan upaya pemecahannya di Jepang), pusat penelitian eotnologi lipi. *Jurnal air Indonesia*. <http://www.geotek.lipi.go.id/?p=652> (23 Desember 2011 pukul 23.04)

- Lyus, D. 2005. Tinjauan Terhadap Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Terjadinya Kontaminasi Bakteriologi *Eschericia Coli* Dan Coliform Pada Edepot-Depot Air Minum Isi Ulang (AMIU) Di Wilayah Jakarta Pusat Yang Menjadi Industri Binaan Suku Dinas Kesehatan masyarakat Jakarta Pusat Rahun 2004. [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia.
- Malem, S., & Indirawati. 2010. Analisis Higiene Sanitasi Dan Kualitas Air Minum Isi Ulang (Amiu) Berdasarkan Sumber Air Baku Pada Depot Air Minum Di Kota Medan Authors. [Tesis]. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara
- Masschelein, W.J. 2002. *Ultraviolet light in water and wastewater sanitation*. Florida: Lewis Publisher
- Montgomery, J.M. 1985. *Water Treatment Principles and Design*. New York: John Wiley & Sons
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta
- O'melia, CR., & Stumm W. 1967. Theory of Water Filtration. *Jurnal of The American Water Works Association*. Vol 59, No 11. (hal 1393-1412).
- Purba, I.O. 2001. *Pelaksanaan Penyelenggaraan Hygiene Sanitasi Depot Air Minum Di Kecamatan Medan Johor Tahun 2011*. Skripsi. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatra Utara
- Rahman, A., & Budi Hartono. 2004. Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Jurnal Makara*. Vol. 8, No. 1. (hal 1-6). Depok: DRPM
- Reynolds, R. 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Boston: PWS publishing
- Sadtiwi, S. 2004. *Kajian Tentang Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Pada Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) Di Kota Kudus*. [Skripsi]. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro
- Said, N.I. "Buku Air Minum BAB 1 PENCEMARAN", <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirMinum/BAB1PENCEMARAN.pdf> (20 Januari 2012 pukul 15.30)

- Saputra, A.I., & Santosa I. 2008. Penggunaan Alat Sterilisasi Air Minum dengan Menggunakan Lampu Ultra Violet dalam Skala Rumah Tangga. *Jurnal Ruwa Jurai*. Volume 2, nomor 2. (hal 18-26)
- Saragi, S. R. 2003. Efektifitas Proses Pengolahan Air Minum Di Depot Air Minum Ditinjau Dari Kualitas Bakteriologi Studi Kasus Pada 20 Depot Air Minum (DAM) Di Kotamadya Pusat Tahun 2003, [Skripsi], Depok: Universitas Indonesia.
- Satmoko, Y. 2005. Evaluasi teknologi air minum isi ulang di DKI Jakarta. *Jurnal air Indonesia*. Vol 1, No 3. <http://ejurnal.bppt.go.id/ejurnal/index.php/JAI/article/view/48> (2 januari 16.20)
- Sembiring, F.Y. 2008. Manajemen Pengawasan Sanitasi Lingkungan Dan Kualitas Bakteriologis Pada Depot Air Minum Isi Ulang kota Batam. [Tesis]. Medan: Fakultas Kesehatan Lingkungan Industri Universitas Sumatera Utara
- Setyowati, E. 2008. Meningkatkan Kualitas Air Sungai dengan Katalisator Batuan dan Arang Kasus Pemukiman Pinggir Kota di Dusun Grobogan. *Jurnal Forum Teknik*. Vol 32, no 3. (hal 167-173) Yogyakarta: Universitas Widya Mataram
- Slamet. 2007. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sobsey, M.D., & Olson B. 1983. *Microbial agents of waterborne disease, in: Assesment on Microbiology and Turbidity Standards to Drinking Water, P.S. Berger and Argaman, Eds. EPA Report # EPA 570-9-83-001. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. (1969). New York: American Public Health Association
- Sutrisman. 2003. *Standar Filterisasi-Purifikasi dan Sterilisasi dalam Proses Air Baku menjadi Air Minum pada Depot Air Minum sebagai Pedoman Higienis dan Sanitasi yang Baku*. Surabaya
- Suwardin, D., Tjandra S., & Enri D. (2007). *Biofiltrasi dalam Penyisihan Limbah Gas H₂S dan NH₃ Aplikasi Teknik*. Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2007, Surabaya

- Swanson, W.J., & Loehr R.C. 1997. Biofiltration: Fundamentals, Design and Operations Principles, and Applications. *Journal of Environmental Engineering*. Volume 123. US National Library of Medicine National Institutes of Health. http://ascelibrary.org/eeo/resource/1/joeedu/v123/i6/p538_s1?isAuthorized=no (8 Janu ari 2012 pukul 21.50)
- Syuhada, Y. 2005. *Perbedaan Kandungan Bakteri Coliform Setelah Berbagai Proses Pengolahan Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Kabupaten Pekalongan*. [Skripsi]. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro
- Urfer, D., d.k.k. 1997. Biological filtration for BOM and particle removal: a critical review. *Journal American Water Works Association*. Vol 89, No.12 (hal 83–98). Waterloo: Department of Civil Engineering University of Waterloo.
- Venter, G. 2010. *Succesfull Hydroponics*. United States: Xlibris Publishing
- Wahidiyah, D.R.N., Bambang S., & Iqmal B.T. 2004. Utilization of Activated Zeolite as Molecular Sieve in Chromatographic Column for Separation of Coal Tar Compounds. *Jurnal Indonesian Journal of Chemistry* . Edisi IV
- Wahyu, A. 2000. *Penggunaan Filter Pasir – Arang Tempurung Kelapa serta Pasir Zeolit sebagai Proses Lanjutan Pengolahan Air yang Mengandung Besi (Pengolahan Awal Menggunakan Tray Aerator)*. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Waite, T.D. 1984. *Principle of Water Quality*. London: Academic Press
- Widiasmoro. 2000. *Batu Zeolit dan Tufa Zeolitik Merupakan Tipe Bahan galian Industri Masa Depan*. Pidato Pengukuhan pada Jabatan Lektor Kepala Madya dalam Ilmu Petrologi di Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Yudhastuti, R. 1993. *Studi Kemampuan Zeolit untuk Menurunkan Jumlah Kuman-Kuman Coliform Air Sungai Ciliwung di Jakarta*. [Tesis]. Fakultas Kesehatan Masyarakat UI
- Yudianto, T. 2006. *Perbedaan Pengolahan Sistem Ultraviolet (UV) Desinfection Dan Ozonisasi Terhadap Angka Mpn Coliform Air Minum Isi Ulang Hastako Klaten Tahun 2006*. [Skripsi]. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Peralatan Uji Laboratorium



Perlengkapan *Membrane Filter*



Kertas *Membrane Filter*



Pompa vakum beserta tabung vakumnya



Air sampel dimasukkan sebanyak 100 ml untuk setiap pengujiannya



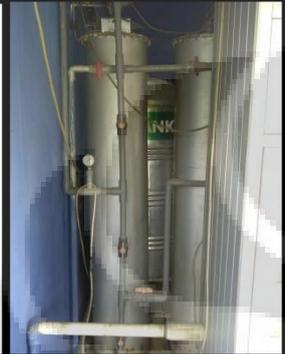
Air sampel yang dimasukkan ke dalam plastik khusus sebelum dilakukan pengujian laboratorium

Lampiran 2. Dokumentasi Depot Pengambilan Sampel



Kran yang menjadi penyalur sumber air baku depot

Tempat tidak menunjukkan kebersihan sanitasi yang diharapkan dari sebuah depot air minum.



Tabung filtrasi pada depot air minum



Lemari untuk pengisian galon



Pipa penyalur air ke dalam galon dan lampu UV

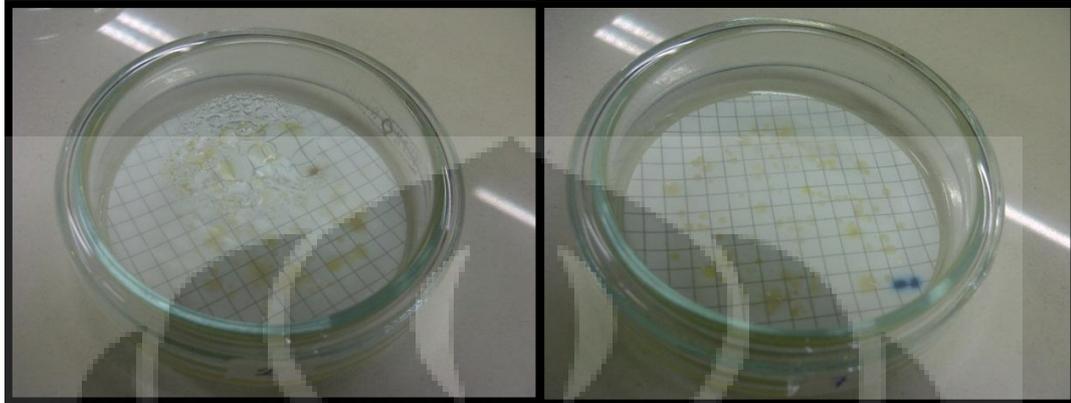
Lampu tidak dinyalakan



Tangki penampung air baku sebelum melalui proses filtrasi

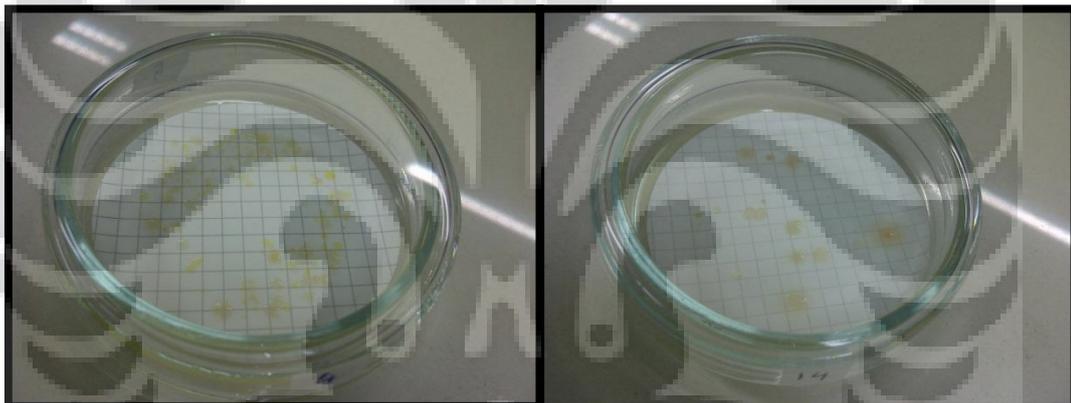
Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Sampel Air

Sampel Air Baku untuk Filtrasi Konvensional



Sampel nomor 2
5 Januari 2012 Pagi

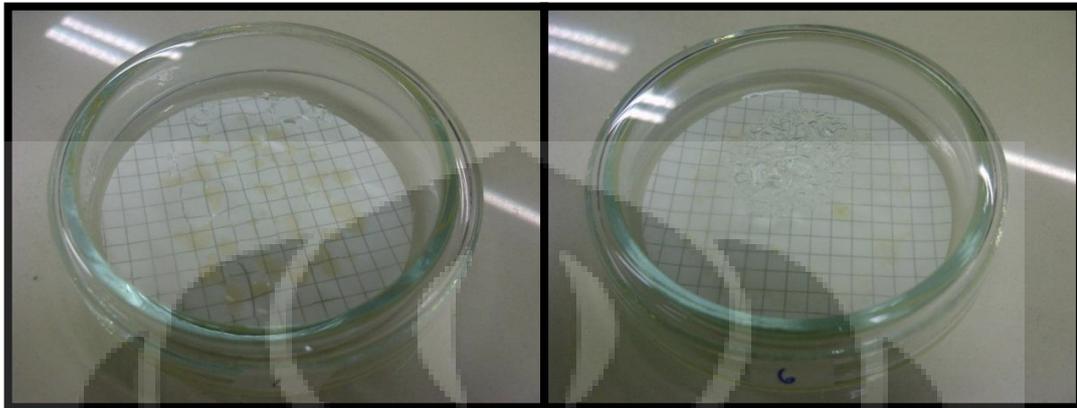
Sampel nomor 7
5 Januari 2012 Sore



Sampel nomor 4
6 Januari 2012 Pagi

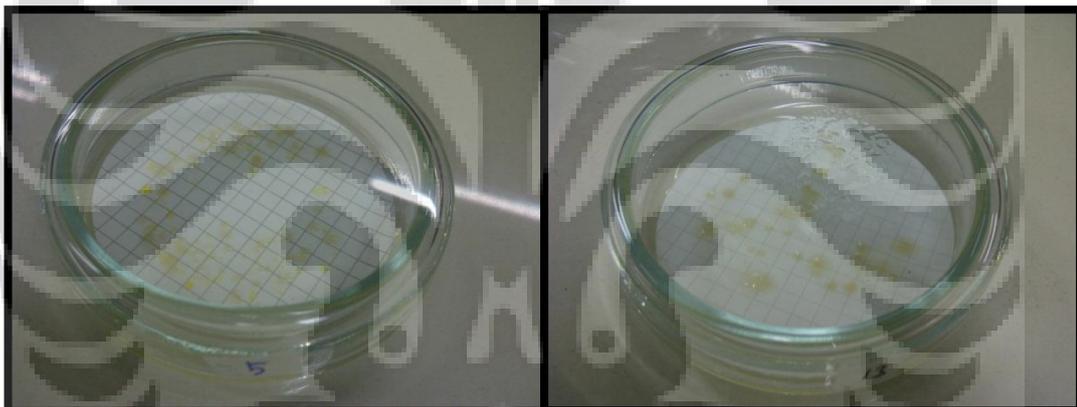
Sampel nomor 14
6 Januari 2012 Sore

Sampel Air Baku untuk Biofiltrasi



Sampel nomor 1
5 Januari 2012 Pagi

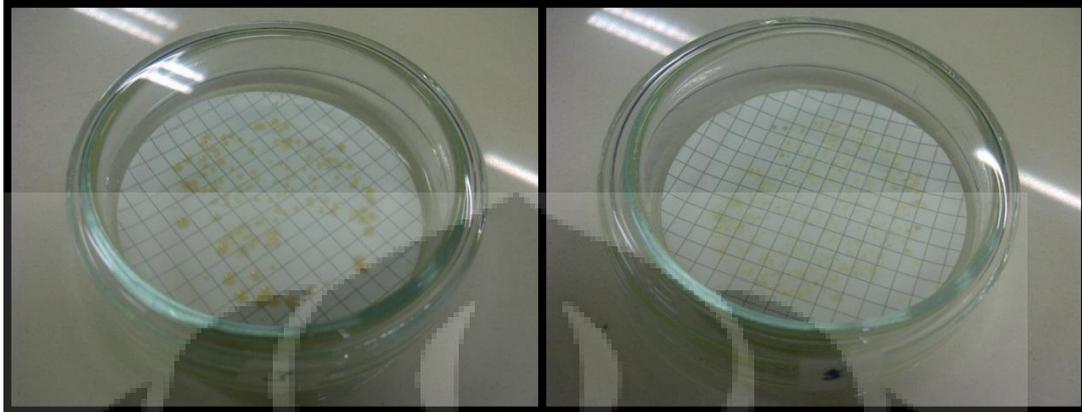
Sampel nomor 6
5 Januari 2012 Sore



Sampel nomor 5
6 Januari 2012 Pagi

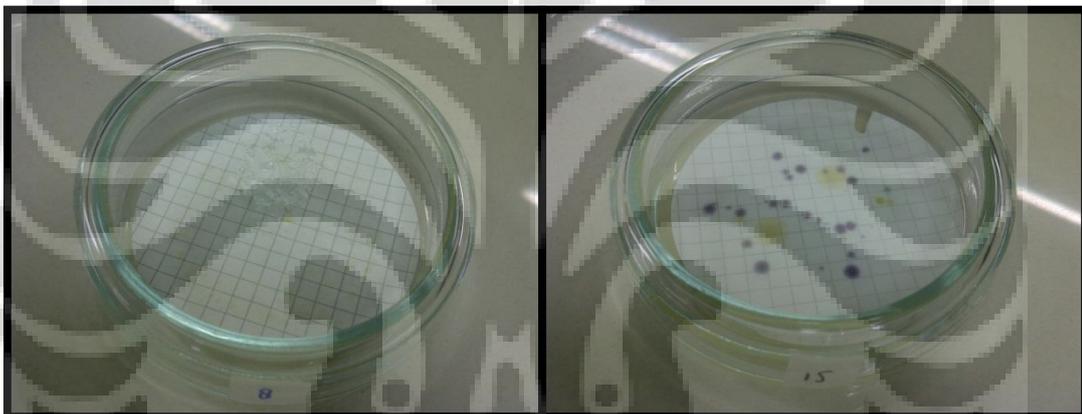
Sampel nomor 13
6 Januari 2012 Sore

Sampel Air Suling untuk Filtrasi Konvensional



Sampel nomor 3
5 Januari 2012 Pagi

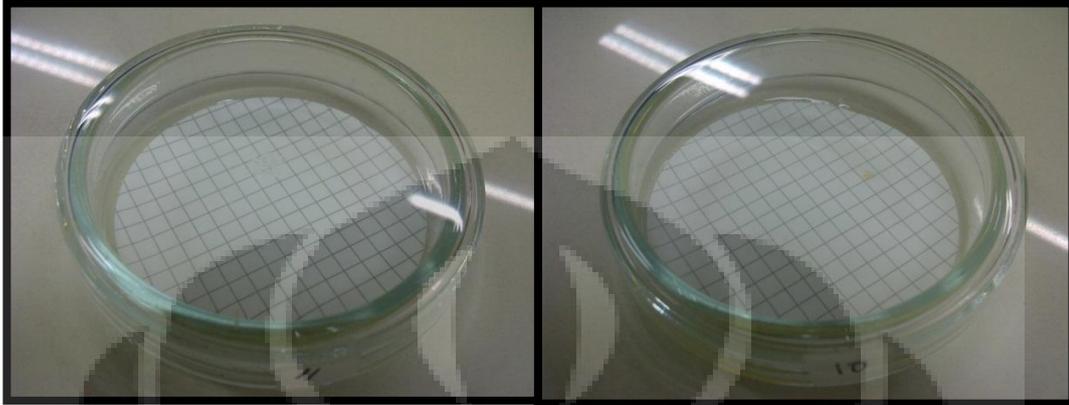
Sampel nomor 9
5 Januari 2012 Sore



Sampel nomor 8
6 Januari 2012 Pagi

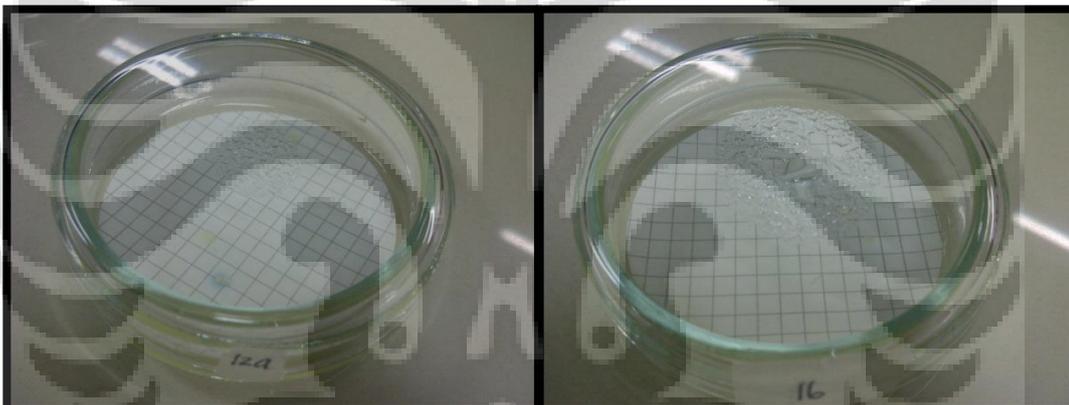
Sampel nomor 15
6 Januari 2012 Sore

Sampel Air Suling untuk Biofiltrasi



Sampel nomor 11
5 Januari 2012 Pagi

Sampel nomor 10
5 Januari 2012 Sore

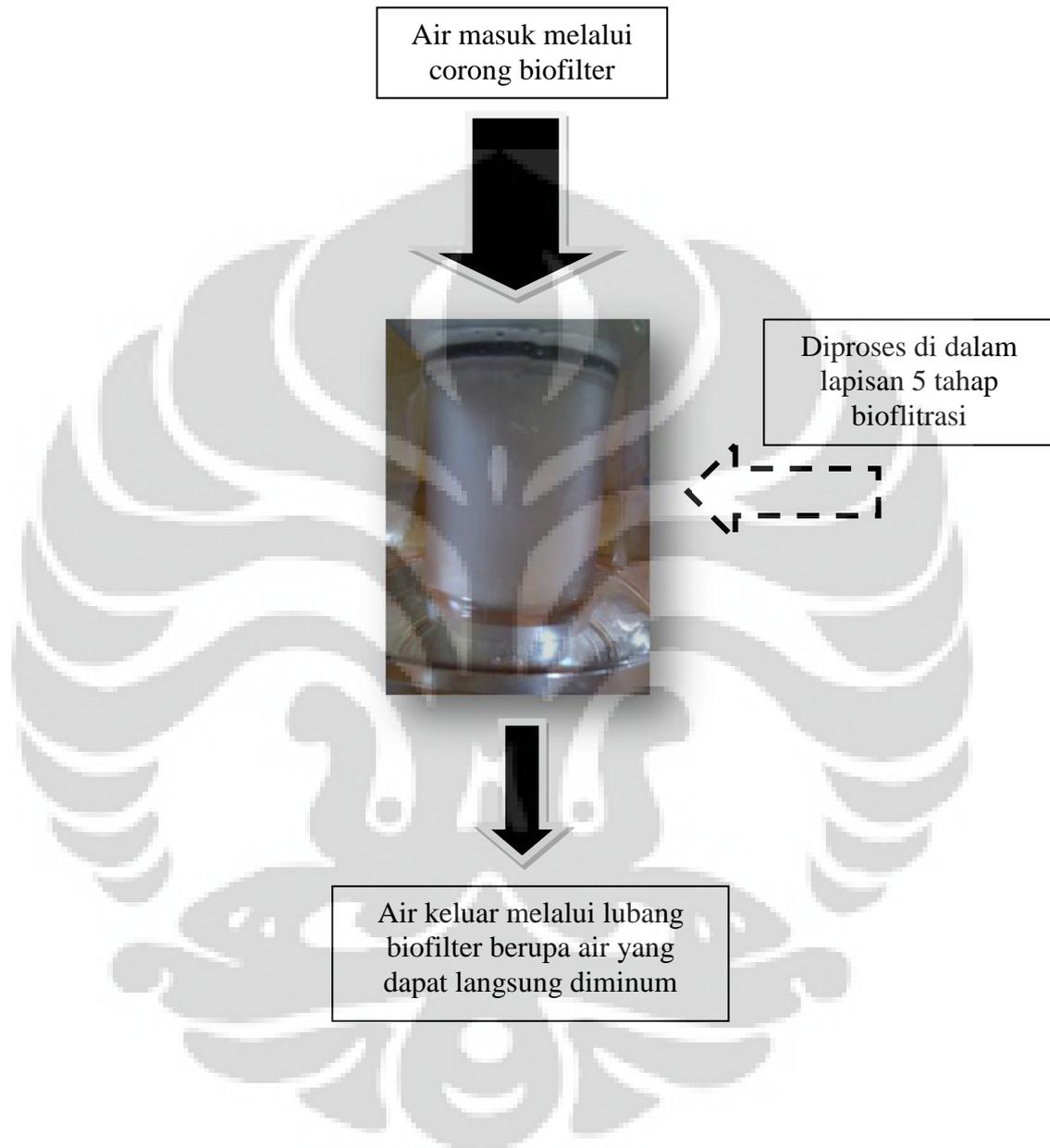


Sampel nomor 12
6 Januari 2012 Pagi

Sampel nomor 16
6 Januari 2012 Sore

Lampiran 4. Dokumentasi Rancangan Biofiltrasi

Contoh Alat Biofiltrasi dalam Ukuran Kecil



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
LABORATORIUM KESEHATAN LINGKUNGAN
 Gedung C. Lantai 3 Telp/ Fax: (021) 786 3489

BAB 4				
BAB 5 HASIL PEMERIKSAAN LABORATORIUM				
Pemilik : Yovita		Jenis sampel : Air baku isi ulang dan Air suling		
Tgl diterima : 5 Januari 2012		Jumlah sampel : 16 (enam belas)		
No : 005 H2 F10/DPD.02000/12				
Jenis pemeriksaan : Membran filter				
Legalitas	1. Peraturan Pemerintah No. 416 Tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan pengawasan kualitas air 2. Keputusan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan kualitas air minum			
SAMPEL	Perkiraan Jumlah Terdekat E.coli (koloni/ 100 ml)	Jumlah E.coli yang diijinkan (koloni/100 ml)		<i>keterangan</i>
		PP no 416	Kep MenKes no 492	
Air baku untuk biofiltrasi 5 januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 5 Januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air Suling untuk depot 5 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air suling untuk biofiltrasi 5 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 5 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air suling untuk depot 5 januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk biofiltrasi 5 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air suling untuk biofiltrasi 5 januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat
Air suling untuk depot 6 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 6 Januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air baku untuk biofiltrasi 6 Januari pagi	0	100	-	Memenuhi syarat
Air suling untuk biofiltrasi 6 Januari pagi	0	-	0	Memenuhi syarat
Air baku untuk biofiltrasi 6 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air baku untuk depot 6 Januari sore	0	100	-	Memenuhi syarat
Air Suling untuk depot 6 Januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat
Air Suling untuk biofiltrasi 6 Januari sore	0	-	0	Memenuhi syarat

Depok, 13 Januari 2012
 Mengetahui
 Kepala Lab Kesling FKM UI

Laila Fitria, SKM, M.Kes



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

**PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 492/MENKES/PER/IV/2010
TENTANG
PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM**

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang :
- a. bahwa agar air minum yang di konsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan perlu ditetapkan persyaratan kesehatan kualitas air minum;
 - b. bahwa Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Air Minum dipandang tidak memadai lagi dalam rangka pelaksanaan pengawasan air minum yang memenuhi persyaratan kesehatan;
 - c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Persyaratan Kualitas Air Minum dengan Peraturan Menteri Kesehatan;
- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1984 Nomor 20, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3273);
 2. Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 42, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3821);
 3. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004, Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);
 4. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 125, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4437), sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2008 tentang perubahan kedua atas Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4844);



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

5. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 144, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5063);
6. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
7. Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 33, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
8. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
9. Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4858);
10. Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara;
11. Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 705/MPP/Kep/11/2003 tentang Persyaratan Teknis Industri Air Minum Dalam Kemasan dan Perdagangannya;
12. Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum;
13. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1575/Menkes/Per/XI/2005 tentang Susunan Organisasi dan Tata Kerja Departemen Kesehatan sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 439/Menkes/Per/VI/2009;
14. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum;
15. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 922/Menkes/SK/VIII/2008 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Provinsi dan Pemerintah Kabupaten/Kota bidang Kesehatan;
16. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 852/Menkes/SK/IX/2008 tentang Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat;



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

17. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 01/PRT/M/2009 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Bukan Jaringan Perpipaan;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : **PERATURAN MENTERI KESEHATAN TENTANG PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM.**

Pasal 1

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan:

1. Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.
2. Penyelenggara air minum adalah badan usaha milik negara/badan usaha milik daerah, koperasi, badan usaha swasta, usaha perorangan, kelompok masyarakat dan/atau individual yang melakukan penyelenggaraan penyediaan air minum.
3. Pemerintah daerah adalah gubernur, bupati, atau walikota dan perangkat daerah sebagai unsur penyelenggara pemerintahan daerah.
4. Kantor Kesehatan Pelabuhan yang selanjutnya disingkat KKP adalah unit pelaksana teknis Kementerian Kesehatan di wilayah pelabuhan, bandara dan pos lintas batas darat.
5. Menteri adalah menteri yang tugas dan tanggung jawabnya di bidang kesehatan.
6. Badan Pengawasan Obat dan Makanan yang selanjutnya disingkat BPOM adalah badan yang bertugas di bidang pengawasan obat dan makanan sesuai peraturan perundang-undangan.

Pasal 2

Setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan.

Pasal 3

- (1) Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.
- (2) Parameter wajib sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum.
- (3) Pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada parameter tambahan sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- (4) Parameter wajib dan parameter tambahan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) sebagaimana tercantum dalam Lampiran Peraturan ini.

Pasal 4

- (1) Untuk menjaga kualitas air minum yang dikonsumsi masyarakat dilakukan pengawasan kualitas air minum secara eksternal dan secara internal.
- (2) Pengawasan kualitas air minum secara eksternal merupakan pengawasan yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota atau oleh KKP khusus untuk wilayah kerja KKP.
- (3) Pengawasan kualitas air minum secara internal merupakan pengawasan yang dilaksanakan oleh penyelenggara air minum untuk menjamin kualitas air minum yang diproduksi memenuhi syarat sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.
- (4) Kegiatan pengawasan kualitas air minum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi inspeksi sanitasi, pengambilan sampel air, pengujian kualitas air, analisis hasil pemeriksaan laboratorium, rekomendasi dan tindak lanjut.
- (5) Ketentuan lebih lanjut mengenai tatalaksana pengawasan kualitas air minum ditetapkan oleh Menteri.

Pasal 5

Menteri, Kepala BPOM, Kepala Dinas Kesehatan Propinsi dan Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan Peraturan ini sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing.

Pasal 6

Dalam rangka pembinaan dan pengawasan, Menteri dan Kepala BPOM dapat memerintahkan produsen untuk menarik produk air minum dari peredaran atau melarang pendistribusian air minum di wilayah tertentu yang tidak memenuhi persyaratan sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.

Pasal 7

Pemerintah atau pemerintah daerah sesuai kewenangannya memberikan sanksi administratif kepada penyelenggara air minum yang tidak memenuhi persyaratan kualitas air minum sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.

Pasal 8

Pada saat ditetapkannya Peraturan ini, maka Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum sepanjang mengenai persyaratan kualitas air minum dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.



**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Pasal 9

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan peraturan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 19 April 2010

MENTERI KESEHATAN,

tttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Lampiran
Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010
Tanggal : 19 April 2010

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b.Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a.Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3)Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b.Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIC INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

II. PARAMETER TAMBAHAN

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	KIMIAWI		
a.	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethenes		
	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/l	0,0006



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6 -Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitriles		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
2.	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross beta activity	Bq/l	1

MENTERI KESEHATAN,

ttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH