



# Teknologi Pengolahan Air Kotor dan Payau

Menjadi Air Bersih  
dan Layak Minum

---

Perdamean Sebayang dkk.

Teknologi Pengolahan  
**Air Kotor  
dan Payau**

Menjadi Air Bersih  
dan Layak Minum

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

*All Rights Reserved*

# Teknologi Pengolahan Air Kotor dan Payau

Menjadi Air Bersih  
dan Layak Minum

Perdamean Sebayang  
Muljadi  
Anggito P. Tetuko  
Candra Kurniawan  
Ayu Yuswita Sari  
Lukman F. Nurdiansah

LIPi Press

© 2015 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)  
Pusat Penelitian Fisika

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Teknologi Pengolahan Air Kotor dan Payau Menjadi Air Bersih dan Layak Minum/Perdamean Sebayang, Muljadi, Anggito P. Tetuko, Candra Kurniawan, Ayu Yuswita Sari, Lukman F. N. – Jakarta: LIPI Press, 2015.

xvi hlm. + 88 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-979-799-814-1

1. Teknologi

2. Air

628.164

*Copy editor* : Kamariah Tambunan

*Proofreader* : Prapti Sasiwi

Penata isi : Rahma Hilma Taslima

Desainer Sampul : Rusli Fazi

Cetakan Pertama : Maret 2015



Diterbitkan oleh:

LIPI Press, anggota Ikapi

Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350

Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591

*E-mail*: [press@mail.lipi.go.id](mailto:press@mail.lipi.go.id)

# DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
PENGANTAR PENERBIT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
PRAKATA.....	xv
BAB 1 MANFAAT DAN KUALITAS AIR SEBAGAI SUMBER KEHIDUPAN MANUSIA .....	1
A. Kebutuhan dan Kualitas Air Sebagai Sumber Hidup Manusia.....	1
B. Sumber Air Minum.....	5
C. Baku Mutu Air Bersih dan Air Minum .....	11
D. Uraian Proses Pengolahan Air.....	12
E. Implementasi Pengolahan Air Kotor, Asin, dan Payau Menjadi Air Bersih/Minum.....	15
F. Unjuk Kerja Filter RO untuk Air Kotor, Asin, dan Payau .....	16
BAB 2 KONSEP DINAMIKA FLUIDA DAN PROSES FILTRASI PENGOLAHAN AIR BERSIH DAN MINUM .....	17
A. Dinamika Fluida.....	17
B. Metode Filtrasi .....	26
BAB 3 KONSEP SISTEM PENGOLAHAN AIR BAKU MENJADI AIR BERSIH/MINUM.....	37
BAB 4 TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR BERSIH DAN LAYAK MINUM RANCANGAN PUSAT PENELITIAN FISIKA LIPI .....	43

BAB 5 PETUNJUK OPERASI SISTEM PENGOLAHAN AIR KOTOR, ASIN, DAN PAYAU MENJADI AIR BERSIH/MINUM....	47
A. Filtrasi Air Kotor Menjadi Air Bersih.....	47
B. Filtrasi Air Bersih Menjadi Air Minum.....	50
C. Mematikan Sistem Pengolahan Air Bersih dan Air Minum .....	51
D. Instalasi pada Unit Pengolahan Air Bersih dan Air Minum.....	52
BAB 6 PERAWATAN SISTEM PENGOLAHAN AIR BERSIH/ MINUM .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	63
LAMPIRAN .....	69
DAFTAR INDEKS .....	81
TENTANG PENULIS .....	85

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Persentase kebutuhan air layak minum untuk rumah tangga .....	3
Gambar 1.2	Persentase provinsi yang mengakses air layak minum.....	3
Gambar 2.1	Aliran laminar dan turbulen pada fluida.....	17
Gambar 2.2	Diagram <i>Moody</i> .....	20
Gambar 2.3	Aliran yang melalui media, a) partikel dan b) pori .....	22
Gambar 2.4	<i>Cyclone separator</i> pada filter air.....	23
Gambar 2.5	Pengaturan pH.....	26
Gambar 2.6	Koagulasi dan flokulasi .....	28
Gambar 2.8	<i>Slow sand filtration</i> .....	29
Gambar 2.7	<i>Rapid sand filtration</i> .....	29
Gambar 2.9	Membran <i>hollow fibre</i> pada ultrafiltrasi .....	30
Gambar 2.10	Mekanisme pertukaran ion .....	31
Gambar 2.11	Disinfeksi dengan sistem ozon.....	33
Gambar 2.12	Disinfeksi dengan sistem UV .....	33
Gambar 2.13	Membran semipermeabel pada <i>reverse osmosis</i> .....	34
Gambar 2.14	Membran <i>reverse osmosis</i> di dalam bejana tekan.....	35
Gambar 3.1	Tahapan jenis teknologi yang akan digunakan ditentukan oleh kadar salinitas.....	37
Gambar 3.2	Tata laksana perancangan dan konstruksi unit pengolahan air.....	39
Gambar 3.3	Diagram alir proses pengolahan air bersih/minum dari sumber air kotor, asin, dan payau.....	41

Gambar 5.1	Kran pembuangan kondisi tertutup dan terbuka .....	49
Gambar 5.2	<i>Pressure gauge</i> pada unit pengolahan air .....	49
Gambar 5.3	<i>Pressure gauge</i> pada RO .....	50
Gambar 5.4	Posisi kran pada media filter, a) Pasir dan <i>manganese green sand</i> dan b) Karbon aktif .....	52
Gambar 5.5	Skema instalasi perpipaan pada unit pengolahan air.....	53
Gambar 5.6	Instalasi listrik pada unit pengolahan air.....	54
Gambar 6.2	Filter dan <i>housing cartridge</i> pada unit pengolahan air .....	56
Gambar 6.1	Media filter pada unit pengolahan air.....	56
Gambar 6.3	Filter dan <i>housing</i> RO pada unit pengolahan air .....	57
Gambar 6.4	<i>Panel box</i> pada unit pengolahan air.....	58
Gambar 6.5	Pompa air pada unit pengolahan air .....	59
Gambar 6.6	Pompa transfer pada unit pengolahan air.....	59
Gambar 6.7	Pompa RO pada unit pengolahan air .....	59
Gambar 6.8	Ultraviolet pada unit pengolahan air.....	60
Gambar 6.9	Pompa transfer UV filter pada unit pengolahan air.....	60
Gambar 6.11	<i>Water tank</i> pada unit pengolahan air .....	61
Gambar 6.10	Generator listrik pada unit pengolahan air.....	61
Gambar L.1	Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak depan) .....	69
Gambar L.2	Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak belakang).....	70
Gambar L.3	Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak samping kanan).....	70
Gambar L.4	Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak samping kiri).....	71
Gambar L.5	Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak atas) .....	71
Gambar L.6	Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak bawah).....	72
Gambar L.7	Pandangan depan (RO dan UF Filter) .....	72
Gambar L.8	Media filter (tampak belakang).....	73
Gambar L.9	<i>Cartridge</i> , RO, UF, dan media Filter (tampak samping kanan).....	73

Gambar L.10	<i>Cartridge</i> , RO, UF, dan media Filter (tampak samping kiri) .....	74
Gambar L.11	<i>Cartridge</i> , RO, UF, dan media Filter (tampak atas).....	74
Gambar L.12	Pondasi (tampak atas).....	75
Gambar L.13	Bangunan (tampak depan).....	75
Gambar L.14	Bangunan (tampak samping kanan).....	76
Gambar L.15	Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di Gang Salon RT/RW: 03/09, Jalan Tipar, Kecamatan Sukapura, Cakung, Jakarta Utara .....	76
Gambar L.16	Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di daerah Sunter, Jakarta Utara .....	77
Gambar L.17	Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di UPT Balai Konservasi Biota Laut LIPI, Ambon.....	77
Gambar L.18	Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di daerah Palangkaraya, Kalimantan Tengah.....	78



# PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press memiliki tanggung jawab untuk mencerdaskan kehidupan bangsa melalui penyediaan terbitan ilmiah yang berkualitas. Buku ini merupakan diseminasi atas penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan judul *Teknologi Pengolahan Air Kotor dan Payau Menjadi Air Bersih dan Layak Minum* ini telah melewati mekanisme penjaminan mutu, termasuk proses penelaahan dan penyuntingan oleh Dewan Editor LIPI Press.

Buku ini hadir untuk memperkenalkan teknologi pengolahan air khususnya dalam pemanfaatan air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dan layak minum. Teknologi yang digunakan pada pengolahan air ini berbasis pada pengolahan air menggunakan sistem filtrasi dengan media filter granular, dilengkapi dengan penyaringan secara ultrafiltrasi (UF), *reverse osmosis* (RO), dan ultra violet (UV) *sterilizer*.

Harapan kami, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan perkembangan teknologi pengolahan air di Indonesia.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press



# KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah, buku teknologi pengolahan air kotor dan payau menjadi air bersih dan layak minum telah selesai dibuat. Buku ini memuat cara-cara praktis dalam pengolahan air kotor, asin, dan payau sehingga diharapkan dapat menjadi pegangan masyarakat yang akan menerapkan teknologi ini.

Teknologi yang dipaparkan dalam buku ini merupakan rangkuman dari hasil penelitian, pembuatan, dan edukasi yang dilakukan di Pusat Penelitian Fisika LIPI dengan menerapkan prinsip-prinsip dasar fisika untuk mengolah air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dan layak minum. Hal ini merupakan salah satu tanggung jawab Pusat Penelitian Fisika LIPI untuk lebih memasyarakatkan hasil penelitian ke masyarakat pengguna.

Kami berharap buku ini dapat bermanfaat untuk mendorong inovasi-inovasi baru sehingga dapat menciptakan budaya penghasil teknologi dan menghilangkan ketergantungan terhadap teknologi dari luar.

Akhirnya kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak atas terbitnya buku ini.

Kepala Pusat Penelitian Fisika  
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Dr. Bambang Widiyatmoko, M.Eng.

# PRAKATA

Air merupakan senyawa yang paling penting dalam kehidupan manusia. Hampir 85% tubuh kita mengandung air, semakin tinggi tingkat aktivitas kita maka semakin banyak air yang dibutuhkan. Menurut Peraturan Kementerian Kesehatan (2002), rata-rata kebutuhan air per kapita adalah 60 liter, yang meliputi 30 liter untuk mandi, 15 liter untuk minum, dan sisanya untuk keperluan lainnya. Air minum yang murni dan sehat bukan saja air yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, tetapi air tersebut juga harus bebas kontaminan kimiawi maupun mikrobiologi.

Manusia sering dihadapkan pada situasi yang sulit, di satu sisi sumber air tawar sangat terbatas, namun di sisi lain terjadi peningkatan kebutuhan. Bagi masyarakat yang tinggal di sepanjang pesisir pantai merasa kesulitan untuk mendapatkan air tawar yang bersih dan higienis. Air hujan dapat digunakan sebagai sumber air tambahan, namun sering tidak mencukupi pada musim kemarau.

Sebenarnya sumber air asin begitu melimpah. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya daerah pemukiman yang justru berkembang sepanjang pesisir pantai. Melihat kenyataan semacam itu, manusia berupaya mengolah air kotor, asin, dan payau menjadi air tawar mulai dari yang menggunakan teknologi sederhana, seperti menyuling, filtrasi, dan ionisasi (pertukaran ion). Sumber air kotor, asin, dan

payau yang sifatnya sangat melimpah telah membuat manusia berfikir untuk mengolahnya menjadi air tawar.

Untuk memenuhi kebutuhan air tawar, manusia telah mengembangkan sistem pengolahan air kotor, asin, dan payau dengan teknologi membran semipermeabel. Membran (selaput) semipermeabel adalah suatu selaput penyaring skala molekul yang dapat ditembus oleh molekul air dengan mudah, tetapi tidak dapat atau sulit sekali dilalui oleh molekul lain yang lebih besar dari molekul air.

Buku ini ditulis dengan maksud untuk memperkenalkan teknologi pengolahan air khususnya dalam pemanfaatan air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dan layak minum. Teknologi yang digunakan pada pengolahan air ini berbasis pada pengolahan air dengan menggunakan sistem filtrasi dengan media filter granular, dilengkapi dengan penyaringan secara ultrafiltrasi (UF), *reverse osmosis* (RO), dan ultraviolet (UV) *sterilizer*.

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa-masa mendatang karena penulis meyakini buku ini masih belum sempurna. Terlebihnya, penulis mengharapkan semoga apa yang dituliskan dalam buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan perkembangan teknologi pengolahan air di Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang membantu terselesaikannya buku ini dan tidak lupa peran Kapuslit Fisika LIPI atas bantuan dana penelitian selama ini.

Penulis

# **Bab 1**

## **Manfaat dan Kualitas Air Sebagai Sumber Kehidupan Manusia**

Air yang merupakan senyawa  $H_2O$  adalah bagian paling penting dalam kehidupan dan manusia tidak dapat dipisahkan dengan air. Hampir 85% tubuh manusia mengandung air dan semakin tinggi tingkat aktivitas maka semakin tinggi pula air yang dibutuhkan. Menurut Peraturan Kementerian Kesehatan (2002), rata-rata kebutuhan air per kapita adalah sekitar 60 liter/hari, meliputi 30 liter untuk mandi, 8 liter untuk minum, dan sisanya untuk keperluan lain (memasak dan mencuci). Manfaat dan fungsi dari air dalam tubuh manusia adalah sebagai media penghantar nutrisi, vitamin, mineral, oksigen ke organ dan sel-sel tubuh.

---

### **A. Kebutuhan dan Kualitas Air Sebagai Sumber Hidup Manusia**

---

Air bersih dan sehat tidak hanya memiliki karakteristik air yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, tetapi juga bebas kontaminan kimiawi atau mikrobiologi (Dewi *et al.* 2011). Air bersih memiliki standar persyaratan tertentu, yaitu persyaratan fisika, kimia, dan biologi. Syarat tersebut merupakan satu kesatuan. Jika ada salah satu parameter yang tidak memenuhi syarat maka air tersebut tidak layak untuk digunakan atau dikonsumsi (Suriawiria, C.T. 1991). Air bersih yang tidak memenuhi standar kualitas dapat menimbulkan

beragam gangguan kesehatan, baik secara langsung maupun tidak langsung (secara perlahan-lahan) (Diarex Water Filtration System, 2009). Menurut Permenkes Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, air bersih adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum setelah dimasak.

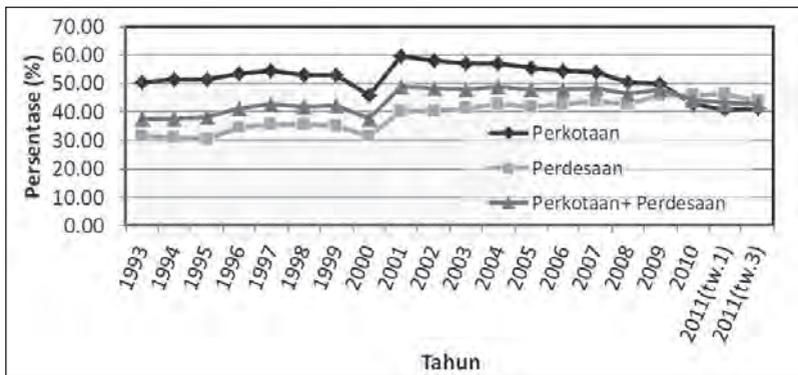
Konsumsi air dengan kualitas yang tidak memenuhi standar air minum dapat mengganggu kesehatan masyarakat karena air yang tidak sehat dapat berperan sebagai *water borne disease*, yaitu penyebaran penyakit-penyakit yang ditularkan melalui air yang tidak sehat. Beberapa penyakit yang ditularkan melalui media air yang kurang sehat di antaranya yang disebabkan oleh parasit seperti cacingan, penyakit yang disebabkan oleh bakteri seperti tipus, kolera (muntaber), disentri (berak darah), dan beberapa penyakit yang ditularkan oleh virus seperti diare, hepatitis, dan polio.

Masyarakat selama ini sering mengonsumsi air yang diambil dari beberapa sumber, antara lain dari sumur dan juga dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Semakin majunya teknologi dan diiringi dengan semakin sibuknya aktivitas manusia maka masyarakat cenderung memilih cara yang lebih praktis dan biaya yang relatif lebih murah dalam memenuhi kebutuhan air minum. Salah satu pemenuhan kebutuhan air minum yang menjadi alternatif adalah air minum isi ulang.

Sebenarnya sumber air cukup melimpah, terutama dari sumber air asin atau payau, dan di satu sisi menunjukkan bahwa banyak daerah pemukiman justru berkembang pada daerah pantai. Berdasarkan realita yang ada ini maka manusia berupaya untuk mengolah air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dan layak minum.

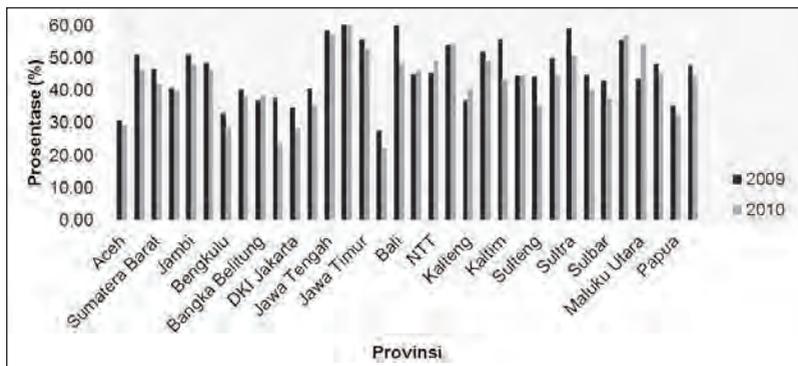
Berdasarkan data kebutuhan air minum dari Direktorat Perumahan dan Permukiman Bappenas tahun 2011, penduduk yang

memiliki akses terhadap air minum berkualitas pada tahun 2011 adalah 62,5% dan tahun 2012 adalah 63%. Adapun target yang ingin dicapai di tahun 2014 sebesar 67% sesuai dengan Indikator Prioritas Nasional RPJMN 2010–2014 serta target di tahun 2015 adalah sebesar 68,87%. Hal tersebut dapat terlihat bahwa dengan meningkatnya jumlah penduduk dan taraf kehidupan, khususnya di perkotaan, jumlah kebutuhan air juga akan selalu meningkat, namun akses untuk mendapatkan air yang bersih semakin terbatas dan mahal. Persentase rumah tangga dan provinsi yang mengakses air



Sumber: Direktorat Perumahan dan pemukiman, Bappenas, 2011.

**Gambar 1.1** Persentase kebutuhan air layak minum untuk rumah tangga



Sumber: Direktorat Perumahan dan pemukiman, Bappenas, 2011.

**Gambar 1.2** Persentase provinsi yang mengakses air layak minum

**Tabel 1.1** Persentase Rumah Tangga yang Menggunakan Air Minum Layak Menurut Provinsi dan Tipe Daerah

No.	Provinsi	Perkotaan		Pedesaan		Perkotaan+Pedesaan	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Aceh	34,19	24,74	29,20	30,68	30,60	29,02
2	Sumatra Utara	62,45	52,11	41,33	40,34	51,04	46,06
3	Sumatra Barat	58,14	47,94	40,53	38,17	46,62	41,92
4	Riau	35,83	29,05	46,08	46,96	40,96	40,01
5	Jambi	63,59	54,14	45,44	45,80	51,19	48,28
6	Sumatera Selatan	59,66	50,65	41,91	43,55	48,53	45,99
7	Bengkulu	43,15	37,02	27,60	24,37	33,02	28,23
8	Lampung	37,71	34,02	41,20	39,36	40,29	38,07
9	Bangka Belitung	34,31	36,13	39,18	40,22	36,84	38,17
10	Kepulauan Riau	36,22	21,69	39,46	34,72	37,74	23,82
11	DKI Jakarta	34,81	28,41	-	-	34,81	28,33
12	Jawa Barat	41,04	34,35	39,77	37,04	40,51	35,32
13	Jawa Tengah	61,54	58,63	55,28	56,49	58,30	57,44
14	D.I. Yogyakarta	57,61	54,50	65,85	73,12	60,38	60,41
15	Jawa Timur	54,06	47,95	57,25	57,26	55,70	52,94
16	Banten	27,54	22,19	27,35	22,61	27,47	22,32
17	Bali	51,63	37,77	71,42	65,47	59,99	48,44
18	Nusa Tenggara Barat	49,76	50,44	41,51	43,15	44,96	46,20
19	Nusa Tenggara Timur	76,97	69,43	39,00	44,43	45,45	49,29
20	Kalimantan Barat	76,28	67,54	45,71	48,98	54,02	54,47
21	Kalimantan Tengah	53,03	48,71	28,56	36,40	36,89	40,55
22	Kalimantan Selatan	76,64	67,18	34,79	35,94	51,97	48,97
23	Kalimantan Timur	65,10	45,35	40,54	39,83	55,71	43,27
24	Sulawesi Utara	43,79	44,74	45,03	44,13	44,49	44,51

No.	Provinsi	Perkotaan		Pedesaan		Perkotaan+Pedesaan	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
25	Sulawesi Tengah	49,01	38,30	43,13	34,07	44,36	35,10
26	Sulawesi Selatan	63,38	49,04	43,74	42,92	50,13	45,12
27	Sulawesi Tenggara	71,13	51,34	55,50	50,50	59,12	50,74
28	Gorontalo	61,47	47,10	37,18	36,40	44,85	40,09
29	Sulawesi Barat	65,01	55,96	32,28	32,12	42,92	37,44
30	Maluku	74,72	65,56	48,59	51,47	55,50	56,95
31	Maluku Utara	66,56	68,75	34,16	48,57	43,75	54,18
32	Papua Barat	55,20	38,49	45,12	48,24	48,08	45,26
33	Papua	53,56	43,63	30,29	28,59	35,44	32,42

Sumber: Direktorat Perumahan dan pemukiman, Bappenas, 2011.

layak minum di Indonesia diperlihatkan pada Gambar 1.1, Gambar 1.2, dan Tabel 1.1.

Berdasarkan data kebutuhan air bersih di atas maka diperlukan teknologi pengolahan air kotor menjadi air bersih dan layak minum agar penduduk yang belum memiliki akses terhadap air bersih dan minum bisa teratasi. Untuk menyelesaikan masalah tersebut maka dalam buku ini akan dibahas teknologi praktis pengolahan air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dan layak minum.

## B. Sumber Air Minum

Sumber air minum dapat berasal dari air sumur, sungai, danau, payau, dan laut. Untuk mengolah air-air tersebut agar dapat dikonsumsi perlu teknologi pengolahan air, seperti filtrasi dan evaporasi/desalinasi.

### 1. Air Sumur

Pemerintah belum mampu memenuhi kebutuhan sarana sanitasi secara layak dan sehat. Sebanyak 70% sumur dangkal yang digu-

nakan masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air bersih tercemar bakteri *Escherichia coli* (*E-coli*). Bahkan sebagian besar sungai-sungai di Indonesia juga tercemar bakteri penyebab penyakit diare. Data Bappenas menyebutkan sekitar 60–70% sumur milik warga tercemar *E-coli*. Bakteri tersebut berasal dari jamban yang berdekatan dengan sumur. Tidak hanya itu, sebagian besar sungai-sungai di Indonesia juga airnya sudah tercemar *E-coli* sehingga air tersebut tidak layak minum berdasarkan informasi dari Direktorat Perumahan dan Pemukiman (Bappenas 2011).

## 2. Air Sungai

Kualitas sumber air dari sungai-sungai penting di Indonesia umumnya tercemar sangat berat oleh limbah organik yang berasal dari limbah penduduk atau industri lainnya. Sungai mempunyai fungsi yang strategis dalam menunjang pengembangan suatu daerah, yaitu seringnya mempunyai fungsi yang sangat vital di antaranya sebagai sumber air minum, industri, dan pertanian atau juga pusat listrik tenaga air serta mungkin juga sebagai sarana rekreasi air. Berbagai permasalahan sumber daya air, selain pencemaran air juga sering terjadi banjir dengan luas rawan genangan banjir di daerah, baik bagian hulu maupun hilirnya. Hal ini disebabkan bagian hulu sungai-sungai tersebut merupakan daerah kritis tanpa penutupan vegetasi sehingga frekuensi kejadian banjir tahunan di musim hujan dan pencemaran yang diiringi dengan kasus konflik air terjadi sepanjang tahun. Walaupun berbagai upaya untuk mengatasi hal ini telah dilakukan, tetapi tetap tidak dapat mengimbangi turunnya kualitas lingkungan atau dengan kata lain pendayagunaan wilayah daerah aliran sungai (DAS) telah melampaui upaya pelestariannya (Balai Lingkungan Keairan 2011).

## 3. Air Danau/Situ

Indonesia memiliki danau dengan area kategori > 50 ha sebanyak 500 buah. Danau tersebut tersebar merata di setiap pulau besar

(Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua) kecuali Pulau Bali. Sebaliknya, waduk besar sebagian besar berlokasi di Pulau Jawa. Selain kategori danau besar terdapat juga danau kecil dan waduk kecil yang jumlahnya ribuan. Danau kecil sering dikenal sebagai situ berukuran besar. Di Provinsi Jawa Barat terdapat 354 buah situ, di Provinsi Jawa Timur 438 buah situ. Pada umumnya kedalaman danau bervariasi antara 50–200 m, tetapi banyak juga yang mempunyai kedalaman lebih rendah dari 50 m. Sampai saat ini sebagian besar dari danau belum diketahui volumenya dengan pasti, demikian juga halnya presipitasi, evaporasinya serta debit *inflow* dan *outflow*-nya. Dengan demikian, waktu tinggal air danau tidak diketahui sehingga daya tampung beban pencemaran tidak diketahui dan sekaligus pemanfaatan bagi berbagai keperluan sulit untuk diprogramkan (Balai Lingkungan Keairan 2011).

#### 4. Air Kotor, Asin, dan Payau

Sumber air kotor, asin, dan payau yang biasa digunakan berasal dari air tanah. Air tanah ini menjadi salin atau asin karena intrusi air laut atau merupakan akuifer air kotor, asin, dan payau alami. Air permukaan yang payau jarang dipergunakan, tetapi mungkin dapat terjadi secara alami. Air kotor, asin, dan payau dapat memiliki *range* kadar TDS sebesar 1.000–10.000 mg/l dan secara tipikal terkarakterisasi oleh kandungan karbon organik rendah dan partikulat rendah ataupun kontaminan koloid (Dewi *et al.* 2011). Beberapa komponen yang terdapat dalam air kotor, asin, dan payau seperti boron dan silika memiliki konsentrasi yang bervariasi dan dapat memiliki nilai yang beragam dari satu sumber dengan sumber lainnya. Faktor penting dalam optimasi sistem *reverse osmosis* (RO) air kotor, asin, dan payau adalah karakterisasi akurat dari air umpan yang spesifik (Greenlee *et al.* 2009).

Proses *reverse osmosis* untuk desalinasi air kotor, asin, dan payau memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dengan desalinasi air laut, di antaranya:

- 1) Rancang bangun modul membran *reverse osmosis* untuk desalinasi air kotor, asin, dan payau pada umumnya hanya terdiri atas satu tahap saja mengingat kadar garam umpan yang tidak terlalu tinggi.
- 2) *Recovery* air lebih tinggi bila dibandingkan dengan desalinasi air laut.
- 3) Suhu umpan kadang-kadang sangat tinggi sehingga harus diturunkan terlebih dahulu agar tidak merusak modul (Wenten 1999).
- 4) Air kotor, asin, dan payau memiliki tingkat salinitas tinggi, yang berarti mengandung kadar *chlorida* yang tinggi pula. Air kotor, asin, dan payau mengandung kadar *chlorida* sebesar 500–5.000 mg/l dan memberikan rasa asin pada air. Baku mutu untuk air bersih, kadar klorida maksimum yang diperbolehkan adalah 600 mg/l (Kusumahati 1998).

Proses desalinasi yang selama ini sudah dilakukan adalah dengan cara penguapan (*evaporasi*) dan proses *reverse osmosis*, namun kedua cara tersebut memerlukan biaya cukup mahal dan perawatan cukup rumit (Hapsari 1998). Alternatif proses yang mungkin bisa lebih sederhana adalah dengan resin penukar ion. Dengan resin ini maka garam-garam yang terkandung dalam air kotor, asin, dan payau akan bisa diturunkan kandungannya. Resin yang digunakan sebagai penukar ion-ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  menggunakan resin yang ada di pasaran (Apriani dan Wesen 2009).

Air kotor, asin, dan payau mempunyai karakteristik atau sifat-sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu

- 1) Karakteristik fisik
  - Merupakan cairan tak bewarna
  - Mempunyai densitas = 1,02 g/cm<sup>3</sup> dengan pH 7,8–8,2
  - Mempunyai titik beku = -2,78°C dan titik didih = 101,1°C

- Suhu rata-rata =  $\pm 25^{\circ}\text{C}$
  - Rasanya pahit dan aromanya tergantung pada kemurniannya.
- 2) Karakteristik kimia
- Karakteristik kimia yang ada dalam air dapat merugikan lingkungan. Berikut ini beberapa karakteristik kimia dari air bersih:
- Derajat keasaman (pH) antara 6–8,5
  - Jumlah kesadahan (*total hardness*)
  - Zat organik
  - $\text{CO}_2$  agresif tinggi
  - Kandungan unsur kimiawi seperti yang banyak terkandung dalam air sumur payau adalah  $\text{Fe}^{++}\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^=$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Zn}^{++}$  (Apriani dan Wesen 2009).
- 3) Karakteristik biologi
- Termasuk karakteristik biologi adalah kadar keberadaan ganggang, lumut, dan mikroorganisme lainnya yang dapat mengganggu kesehatan, walaupun terdapat dalam jumlah kecil (Apriani dan Wesen 2009).

## 5. Air Laut

Air laut memiliki warna bening, mengandung garam yang cukup tinggi, dan dinyatakan dalam persentase salinitas. Air laut secara alami merupakan air *saline* dengan kandungan garam sekitar 3,5%wt. Beberapa danau garam di daratan dan beberapa lautan memiliki kadar garam lebih tinggi dari air laut umumnya. Sebagai contoh, Laut Mati memiliki kadar garam sekitar 30% (Goetz 1986). Salinitas dari air laut yang luas tergantung pada perbedaan antara evaporasi dan presipitasi, panjang dari aliran *runoff*, pembekuan, dan es yang mencair. Pada umumnya salinitas yang tersebar berada pada zona daerah kering. Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran sungai. Perairan

dengan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan yang memiliki penguapan yang tinggi, salinitas perairannya tinggi. Selain itu, pola sirkulasi berperan dalam penyebaran salinitas di suatu perairan.

Sumber-sumber air tersebut dapat diolah menjadi air bersih dan layak minum dengan menggunakan teknologi tertentu. Air yang telah diolah tersebut biasanya dikenal dengan nama air olahan, dan populer di masyarakat umum dengan nama air minum isi ulang. Menurut Kementerian Kesehatan RI, untuk meningkatkan kualitas air minum isi ulang di Indonesia dibuat surat edaran ke semua Kepala Dinas Kesehatan Provinsi tentang pelaksanaan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) serta menyempurnakan pedoman penyelenggaraan Higiene Sanitasi yang sudah ada sejak 2006. Upaya lainnya adalah dengan terus menjaga mutu Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), yang kini sudah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) (Departemen Kesehatan Republik Indonesia 2013).

Beberapa aturan yang sudah ada mengenai depot air minum isi ulang adalah mengenai persyaratan kualitas air minum yang sudah diatur di Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 tentang Ambang Batas Parameter Wajib, seperti mikrobiologi (bakteri *E-coli*), kimia (unsur-unsur kimia argon, fluor, dan krom), dan yang tidak berhubungan langsung seperti bau dan suhu) serta parameter tambahan yang jarang ditemukan. Selanjutnya, persyaratan kualitas air bersih sudah diatur di Permenkes Nomor 416 Tahun 1990 tentang Ambang Batas yang Dibolehkan. Tata laksana pengawasan kualitas air minum diatur oleh Permenkes Nomor 736 Tahun 2010, secara internal pengawasan kualitas air minum isi ulang dilakukan oleh pengusaha. Secara eksternal pengawasan dilakukan oleh Dinas Kesehatan, dengan melakukan pemeriksaan laboratorium (Balai POM, BTKL, dan lain-lain). Dalam Permenkes ini diatur tentang sanksi oleh Pemda, berupa peringatan sampai dengan pelarangan distribusi.

---

## C. Baku Mutu Air Bersih dan Air Minum

---

Fisik air minum yang berkualitas baik harus memenuhi persyaratan antara lain meliputi warna, rasa, bau, suhu, dan kekeruhan. Persyaratan bakteriologis air minum yang berkualitas baik harus memenuhi antara lain meliputi *Eschericia coli* atau *fecal coli* dan total bakteri *Coliform*. Persyaratan bakteriologis berdasarkan kandungan jumlah total *Coliform* dalam setiap 100 ml adalah kadar maksimum yang diperbolehkan dalam 100 ml air minum adalah 0 (nol) bakteri *coliform*, dengan air yang masuk sistem distribusi.

Persyaratan kimia air minum yang berkualitas baik adalah sebagai berikut.

- 1) Bahan anorganik yang bersifat *toxic* dan memiliki pengaruh langsung pada kesehatan, di antaranya: arsen, flourida, kromium, kadmium, nitrit, nitrat, sianida, dan selenium.
- 2) Bahan anorganik yang bersifat *non-toxic* dan dapat menimbulkan keluhan pada konsumen, di antaranya ammonia, aluminium, klorida, tembaga, kesadahan, *hydrogen sulfide*, besi, mangan, timbal, sodium, sulfat, total zat padat terlarut, dan seng.
- 3) Bahan organik yang memiliki dampak pada kesehatan manusia, di antaranya:
  - *Chlorinated alkanes*: Carbon tetrashlorid, dichlorometane, 1,2-dichloroethane, 1,1,1-trichloroethane.
  - *Chlorinated ethanese*: vinyl chloride, 1,1-dichloromethane, 1,2 dichloroethene, trichloroethene.
  - *Aromatic hydrocarbons*: benzene, toluene, xylenes, benzoapyrne.
  - *Chlorinated benzenes*: monochlorobenzene, 1,2-dichlorobenzene, 1,4-dichlorobenzene, dan lainnya.
  - Pestisida dan hasil sampingnya, di antaranya: *alachlor*, *aldicard*, *aldin*, *atrazine*, *bentazone*, dan *carbouran*.

Persyaratan radioaktivitas air minum yang berkualitas baik harus memenuhi nilai aktivitas alpha (*gross alpha activity*) maksimal 0,1 Bq/l dan aktivitas beta (*gross beta activity*) maksimal 1 Bq/l.

Tujuan pembangunan kesehatan adalah sebagai modal dasar bagi pembangunan nasional yang dirumuskan dalam program Indonesia Sehat tahun 2010. Dalam meningkatkan kesehatan, masyarakat perlu mengutamakan usaha promotif dan preventif tanpa mengabaikan upaya kuratif dan rehabilitatif. Dengan adanya kebijakan tersebut diharapkan masyarakat Indonesia akan mempunyai kesadaran, kemampuan, dan kemauan untuk hidup sehat sehingga akan terwujud derajat kesehatan yang optimal. Untuk mewujudkan derajat kesehatan yang optimal salah satu upaya yang perlu dilakukan adalah pemenuhan kebutuhan air minum yang sehat. Kualitas standar air biasa dituangkan dalam bentuk pernyataan atau angka yang menunjukkan persyaratan yang harus dipenuhi agar air tersebut tidak menimbulkan gangguan kesehatan, penyakit, teknis, dan estetika. Data standar baku mutu air bersih diperlihatkan pada Tabel 1.2.

---

## D. Uraian Proses Pengolahan Air

---

Banyak teknologi pengolahan air yang ditawarkan mulai dari yang paling sederhana hingga tercanggih, seperti menyuling, filtrasi, dan ionisasi/pertukaran ion (Goosen *et al.* 2004).

Untuk memenuhi kebutuhan akan air tawar, manusia telah mengembangkan sistem pengolahan air kotor, asin, dan payau dengan teknologi membran semipermeabel. Membran (selaput) semipermeabel adalah suatu selaput penyaring skala molekul yang dapat ditembus oleh molekul air dengan mudah, tetapi tidak dapat atau sulit sekali dilalui oleh molekul lain yang lebih besar dari molekul air (Reed dan Shaw 1996).

**Tabel 1.2** Data Standar Baku Mutu Air Bersih

PEMERIKSAAN	STANDAR MAKSIMAL	SATUAN
<b>A. FISIKA</b>		
1. Bau	Tidak berbau	-
2. Jumlah zat padat terlarut	1500	mg/l
3. Kekeruhan	25	Skala NTU
4. Rasa	Tidak terasa	-
5. Suhu udara	+ 3° C	° C
6. Warna	50	Skala TCU
<b>B. KIMIA (Kimia Anorganik)</b>		
1. Alumunium	0,2	mg/l
2. Arsen	0,05	mg/l
3. Besi	1,0	mg/l
4. Flourida	1,5	mg/l
5. Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	500	mg/l
6. Khlorida	600	mg/l
7. Kromium, Valensi 6	0,05	mg/l
8. Mangan	0,5	mg/l
9. Nitrat, sebagai N	10	mg/l
10. Nitrit, sebagai N	1,0	mg/l
11. pH	6,5-9,0	(min-max)
12. Seng	15	mg/l
13. Sianida	0,1	mg/l
14. Sulfat	400	mg/l
15. Sulfida	0,05	mg/l
16. Tembaga	1,0	mg/l
17. Zat organik (KMnO <sub>4</sub> )	10	mg/l
<b>C. MIKROBIOLOGI</b>		
Angka lempeng total (TPC)	10 <sup>2</sup>	Koloni/l

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan, Nomor: 416/Men.Kes/Per/IX/1990

Teknologi pengolahan air kotor, asin, dan payau yang telah dibuat adalah dengan menggunakan teknologi filtrasi membran semipermeabel. Teknologi pengolahan air kotor, asin, dan payau ini lebih dikenal dengan sistem osmosis balik (*reverse osmosis* disingkat RO). Teknologi ini menerapkan sistem osmosis yang dibalik, yaitu dengan memberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosis air kotor, asin, dan payau. Air kotor, asin, dan payau tersebut ditekan supaya melewati membran yang bersifat semipermeabel sehingga molekul-molekul yang mempunyai diameter lebih besar dari air akan tersaring.

Perubahan pasang surut akan berpengaruh secara langsung pada kapasitas dan kualitas air, terutama di daerah sepanjang pesisir pantai. Pada daerah pesisir pantai kapasitas air sangat berlimpah, tetapi mengandung kadar garam yang tinggi sehingga tidak dapat langsung dimanfaatkan untuk keperluan hidup sehari-hari. Untuk itu, perlu dilakukan suatu proses pengolahan air baku tersebut agar layak untuk dikonsumsi.

Prosedur kerja proses sistem filtrasi adalah melalui media filter (pasir, karbon aktif, dan *manganese green sand*) serta sedimen filter (mikron filter). Pada tahap ini sistem filtrasi air hanya mampu menghilangkan kotoran berupa partikulat (fisik) sampai dengan ukuran mikron. Pada proses sedimen filter tersebut digunakan *cartridge filter* (CF) dengan ukuran pori 0,1 mikron sehingga mampu menghilangkan padatan *suspended solid* (5–30 mikron), koloid berukuran 1 mikron (besi, mangan, silika, dan debu), dan mampu menghilangkan mikrobiologi seperti bakteri dan virus.

Untuk menjamin tingkat kemurnian air yang lebih baik maka dilanjutkan dengan filtrasi *reverse osmosis* (RO), yaitu proses pemurnian dengan menggunakan membran semipermeabel dengan ukuran pori lebih kecil lagi yaitu hingga 0,0001 mikron (0,1 nm). Sistem RO selain mampu menghilangkan kontaminan padatan mikro (*suspended*

*solid*), mikrobiologi (bakteri, virus), juga mampu menyaring ion-ion logam berat yang terdapat di dalam air hingga 99,99%.

Setelah melalui tahapan RO, air ditampung pada *product tank* atau *storage tank* dan dapat disalurkan pada masyarakat yang membutuhkan. Air hasil olahan sudah bebas dari semua jenis polutan (organik dan non-organik) sampai menjadi air minum yang memenuhi persyaratan uji fisika, kimia, radioaktif, dan biologi (memenuhi persyaratan sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002). Air minum yang dimaksud adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

---

## E. Implementasi Pengolahan Air Kotor, Asin, dan Payau Menjadi Air Bersih/Minum

---

Kerawanan dalam penyediaan air bersih berdampak pada kesehatan dan sosial termasuk di daerah padat penduduk. Penyediaan air bersih merupakan permasalahan klasik, khususnya di kota-kota besar di Indonesia, terutama di daerah sepanjang pesisir pantai. Unit pengolahan air menggunakan sistem ini telah diinstalasikan pada beberapa wilayah, misalnya di Gang Salon RT/RW: 03/09, Jalan Tipar, Kecamatan Sukapura, Cakung-Jakarta Utara, lalu di Kecamatan Waringin, di wilayah Sunter Agung dan wilayah Jakarta Barat. Alat yang dikonstruksi mampu menyediakan air bersih dengan kapasitas 20 liter/menit dan air minum dengan kapasitas 10 liter/menit. Alat ini bekerja dengan cara filtrasi atau tapisan sehingga ukuran partikel lebih kecil yang hanya mampu menembus rongga-rongga membran tersebut.

## F. Unjuk Kerja Filter RO untuk Air Kotor, Asin, dan Payau

Alat pengolah air sistem RO berfungsi sebagai unit untuk mengolah air kotor, asin, dan payau menjadi air tawar dengan cara filtrasi tingkat molekul. Dengan demikian, alat ini memberikan manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia. Pemanfaatan teknologi ini akan memberi kemudahan bagi manusia untuk mendapatkan air bersih/minum yang diperoleh dari pengolahan air kotor, asin, dan payau.

Manfaat lainnya yang dapat dinikmati oleh masyarakat yang mengalami kesulitan pengadaan air bersih dan air minum di lokasi. Panduan kualitas air hasil olahan dengan sistem RO, seperti terlihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Panduan Kualitas Air Hasil Olahan Sistem *Reverse Osmosis*

<i>Recovery</i>		Air Perkotaan		Air Kotor, Asin, dan Payau	
		75%		50 %	
Tekanan		40 Bar		40–50 Bar	
Parameter	Satuan	Air Baku	Air Hasil	Air Baku	Air Hasil
<i>Conduct</i>	μS/cm	753,00	13,00	14.190,00	193,00
TDS	ppm	665,00	6,00	8.898,00	104,00
Na	ppm	49,00	1,30	2.368,00	39,00
K	ppm	5,80	0,10	80,00	2,00
Ca	ppm	113,00	0,40	107,00	0,24
Mg	ppm	10,60	0,04	294,00	0,48
SO <sub>4</sub>	ppm	142,00	3,30	4.320,00	61,00
Ca	ppm	106,00	-	607,00	-
Si	ppm	25,00	0,30	0,30	-

Sumber: Rochem, 1999. Water Desalination Reverse Osmosis System

## Bab 2

# Konsep Dinamika Fluida dan Proses Filtrasi Pengolahan Air Bersih dan Minum

---

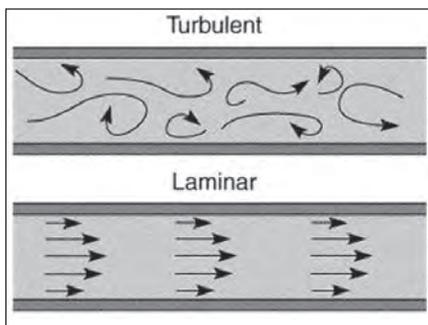
### A. Dinamika Fluida

---

Aliran fluida yang mengalir melalui suatu media dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari, misalnya pada aliran air dan minyak di dalam perpipaan. Dalam merancang sistem filter air, khususnya perpipaan perlu memperhatikan beberapa faktor, seperti material pipa yang akan digunakan, kekasaran permukaan, debit aliran, viskositas cairan, dan debit aliran.

#### 1. Tipe Aliran

Tipe aliran fluida dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu laminar dan turbulen. Untuk aliran laminar di dalam pipa memiliki nilai Reynolds  $< 2300$ , sedangkan untuk aliran turbulen nilai Reynolds  $> 4000$ <sup>[19]</sup>. Aliran laminar dan turbulen diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Sumber: Britannica Online Encyclopedia, Hydrodinamica, pp. 10–30, 2008

**Gambar 2.1** Aliran laminar dan turbulen pada fluida

#### 2. Prinsip Bernoulli

Pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan

penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli (Mulley, R. 2004).

Dalam bentuk yang sudah disederhanakan, secara umum terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli. Pertama berlaku untuk aliran tak-termampatkan (*incompressible flow*), dan yang lain adalah untuk fluida termampatkan (*compressible flow*).

#### a. Aliran tak-termampatkan

Aliran tak-termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan tidak berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida tak-termampatkan adalah air, berbagai jenis minyak, dan emulsi. Bentuk Persamaan Bernoulli untuk aliran tak-termampatkan berdasarkan Britannica Online Encyclopedia, Hydrodinamica, pp. 10–30, 2008 adalah sebagai berikut.

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{Konstan 1)}$$

di mana:

$v$  = kecepatan fluida

$g$  = percepatan gravitasi bumi

$h$  = ketinggian relatif terhadap suatu referensi

$p$  = tekanan fluida

$\rho$  = densitas fluida

Persamaan tersebut berlaku untuk aliran tak-termampatkan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut.

- Aliran bersifat tunak (*steady state*)
- Tidak terdapat gesekan (*inviscid*)

### b. Aliran termampatkan

Aliran termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida termampatkan adalah udara, dan gas alam. Persamaan Bernoulli untuk aliran termampatkan berdasarkan Britannica Online Encyclopedia, Hydrodinamica, pp. 10–30, 2008 adalah sebagai berikut.

$$\frac{v^2}{2} + \phi + \omega \quad \text{Konstan 2)}$$

di mana:

$\phi$  = energi potensial gravitasi per satuan massa; jika gravitasi konstan maka  $\phi = gh$

$\omega$  = entalpi fluida per satuan massa

$$\omega = \varepsilon + \frac{p}{\rho} \quad \text{Konstan 3)}$$

Catatan:  $\varepsilon$  adalah energi termodinamika per satuan massa, juga disebut sebagai energi internal spesifik.

### 3. Head Loss dan Pressure Drop

*Head loss* di dalam permukaan pipa dapat dihitung menggunakan formula Darcy–Weisbach yang diperlihatkan pada persamaan 4 sehingga berdasarkan Britannica Online Encyclopedia, Hydrodinamica, pp. 10–30, 2008 *pressure drop* dapat dihitung menggunakan persamaan 5.

$$h = f \frac{lv^2}{2dg} \quad \text{Konstan 4)}$$

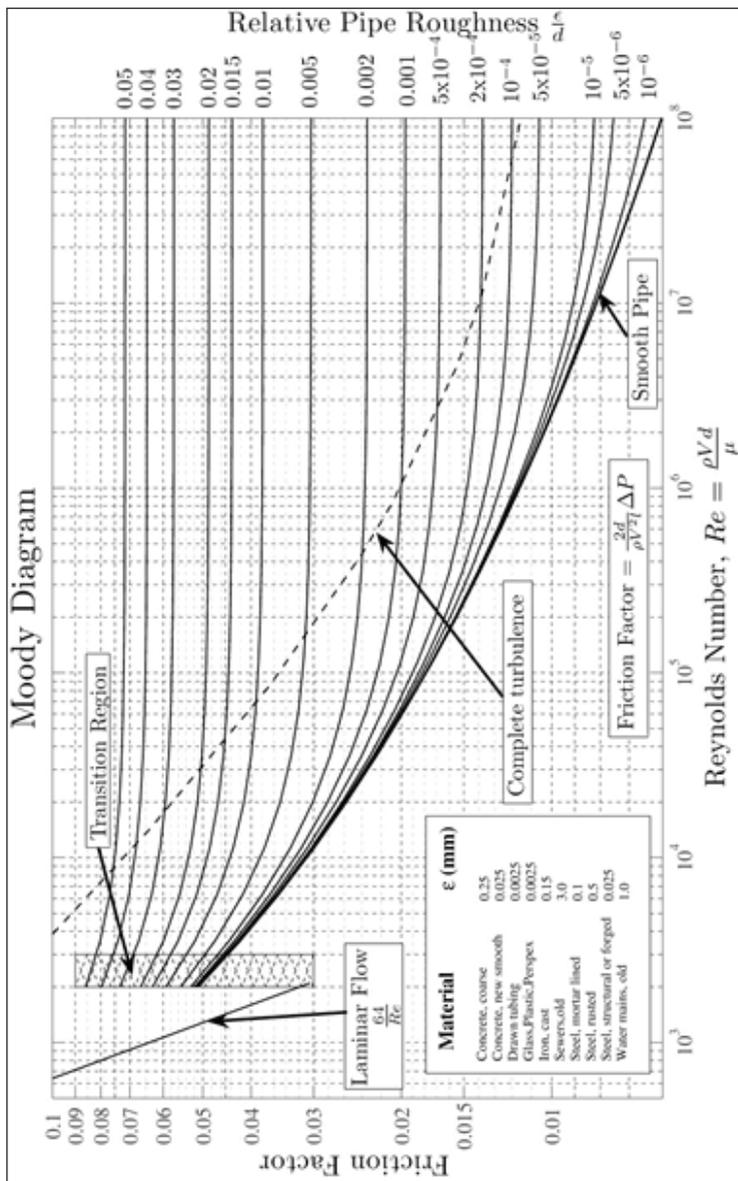
$$\Delta P = \rho gh \quad \text{Konstan 5)}$$

di mana:

$f$  = koefisien gesek yang didapat dari *Moody chart* (Gambar 2.2),

$l$  = panjang pipa

$d$  = diameter pipa.



Sumber: Murson et al. 2002

**Gambar 2.2** Diagram Moody

#### 4. Sistem Filtrasi

Rancangan unit pengolahan air baku dihitung berdasarkan debit air baku, laju aliran air, dan kemampuan membran serta media filter sebagai alat penyaring air kotor. Perhitungan sistem unit pengolahan air ini menggunakan hukum Darcy untuk menghitung aliran air di dalam media berpori, seperti ultra filtrasi dan *reverse osmosis*. Adapun hukum Stoke digunakan untuk menghitung aliran air di dalam media filter, seperti pasir silika, *manganese greensand*, dan karbon aktif. Hukum kontinuitas dan Reynold akan digunakan untuk menghitung kecepatan dan tipe aliran pada sistem pengolahan air kotor menjadi air bersih dan air minum.

##### a. Aliran di dalam pipa

Kecepatan aliran dalam pipa dapat dihitung menggunakan persamaan 6 sesuai dengan hukum kontinuitas (Murson *et al.* 2002). Sementara itu, persamaan 7 akan digunakan untuk menghitung angka Reynold dengan terlebih dahulu mensubstitusikan nilai densitas ( $\rho$ ), viskositas dinamis ( $\mu$ ), dan kecepatan ( $v$ ) (Murson *et al.* 2002).

$$Q = A \times v \quad 6)$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu} \quad 7)$$

##### b. Aliran di dalam media filter

Kecepatan aliran air ( $v$ ) di dalam media filter, seperti pasir silika, *manganese greensand*, dan karbon aktif akan dihitung menggunakan hukum Stoke sesuai menggunakan persamaan 8 (Pal *et al.* 2006) dengan terlebih dahulu mensubstitusi gravitasi ( $g$ ), densitas serbuk ( $\rho_s$ ), densitas air ( $\rho$ ), diameter partikel ( $d_p$ ), dan viskositas dinamis air ( $\mu$ ). Selanjutnya, debit air dan angka Reynolds pada media filter

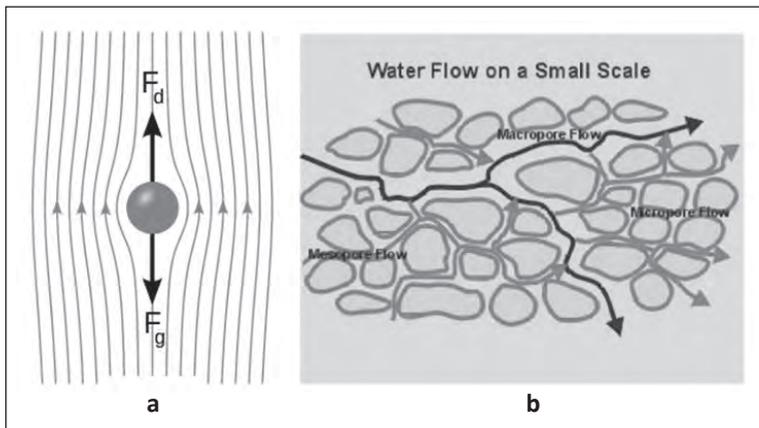
tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6 dan 7 (Murson *et al.* 2002).

$$v = \frac{g \times (\rho_s - \rho) \times d_p^2}{18 \times \mu} \quad 8)$$

Kecepatan aliran air ( $v$ ) di dalam ultra filtrasi dan *reverse osmosis* dapat dihitung menggunakan persamaan 9 (Hellstrom & Lundstrom 2006; Pal *et al.* 2006) dengan terlebih dahulu mensubstitusi permeabilitas ( $K$ ), tekanan ( $P$ ), densitas ( $\rho$ ), gravitasi ( $g$ ), dan panjang media filter ( $L$ ). Selanjutnya, debit air dan angka Reynolds pada media berpori tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6 dan 7 (Pal *et al.* 2006).

$$v = \frac{K \times P}{\rho \times g \times L} \quad 9)$$

Persamaan Darcy yang digunakan untuk menghitung aliran air di dalam media pori dipengaruhi oleh permeabilitas, kecepatan, dan tipe aliran di dalam sistem. Adapun perhitungan filtrasi menggunakan hukum Stoke pada media filter dipengaruhi oleh densitas



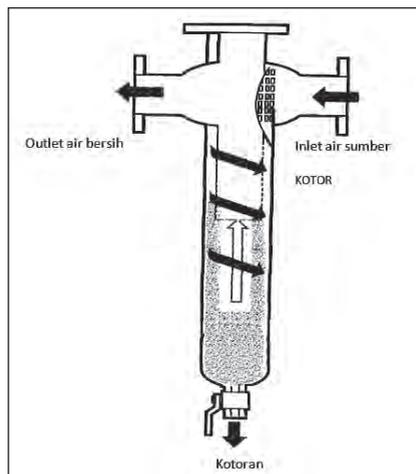
Sumber: Dusenberry 2009 dan Pant *et al.* 2012

**Gambar 2.3** Aliran yang melalui media, a) partikel dan b) pori

dan ukuran partikel. Kecepatan di dalam sistem juga dipengaruhi oleh luas permukaan dan desain dari media filter. Selain itu, kecepatan juga dipengaruhi oleh sifat fisik air, seperti densitas dan viskositas. Peningkatan kecepatan dapat menyebabkan peningkatan *pressure drop* di dalam sistem. Pada unit pengolahan air, kecepatan yang digunakan rendah (*slow filtration*) untuk memastikan media filter dapat menyaring air kotor dengan baik.

### c. Aliran di dalam cyclone

*Cyclone* separator digunakan pada air yang mengandung *sludge* (lumpur). *Cyclone* ini didesain untuk memisahkan atau menyaring *suspended solids* di dalam air. Penyaringan tersebut bergantung terhadap debit, kecepatan, dan densitas partikel. Air akan masuk ke *upper chamber* dan akan terpisah akibat perbedaan densitas antara air yang lebih kecil dari densitas *sludge* yang lebih besar (Tetuko *et al.* 2010). *Cyclone separator* diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Sumber: Tetuko *et al.* 2010; Tetuko *et al.* 2009

**Gambar 2.4** *Cyclone separator* pada filter air

## 5. Laju Produksi pada Sistem Filtrasi Air

Dasar teori untuk menghitung laju produksi (*Recovery Rate* = RR) pada unit air baku menjadi air bersih dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Said 2002).

$$RR = (Q_p / Q_f) \times 100\% \quad (10)$$

di mana

$Q_p$  adalah debit air olahan (liter/jam) dan

$Q_f$  adalah debit air baku (liter/jam)

Adapun Fluks *permeate* dapat ditentukan dengan mengukur volume *permeate* yang dihasilkan dalam jangka waktu tertentu. Fluks *permeate* ( $J$ ) dapat dihitung dengan rumus berikut (Edward *et al.* 2009).

$$J = V / (A \times t) \quad (11)$$

di mana

$V$  = Volume *permeate*,

$A$  = Luas membran, dan

$t$  = waktu

Rejeksi adalah ukuran kemampuan membran untuk menahan atau melewatkan padatan terlarut. Secara matematis rejeksi ( $R$ ) memenuhi persamaan (Edward *et al.* 2009).

$$R = [1 - (C_p / C_f)] \times 100\% \quad (12)$$

di mana

$R$  adalah koefisien rejeksi (%) dan

$C_p$  dan  $C_f$  adalah konsentrasi zat terlarut dalam *permeat* dan umpan.

Mekanisme filtrasi yang bekerja pada membran *reverse osmosis* ( $RO$ ) sangat terbatas sehingga berpengaruh saat mendesain debit

aliran. Menurut Sari *et al.* (2010), pengaruh debit air masuk ( $Q_f$ ) terhadap *Effluent* adalah

$$Q_f = (Q_p \cdot C_p + Q_c \cdot C_c) / C_f \quad 13)$$

Debit air baku dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu debit air hasil penyerapan dan debit air buangan. Debit air masuk ( $Q_f$ ) berbanding lurus dengan konsentrasi zat terlarut pada aliran masuk ( $C_f$ ). Apabila debit pada aliran masuk besar maka konsentrasi zat terlarut pada aliran masuk akan besar pula. Debit air pada aliran masuk merupakan penjumlahan dari debit konsentrasi aliran hasil penyerapan ditambah debit dan konsentrasi aliran pembuangan. Bila konsentrasi ditetapkan maka debit aliran pembuangan ( $Q_c$ ) lebih besar dibandingkan debit air hasil penyerapan ( $Q_p$ ). Hal ini disebabkan oleh banyaknya padatan tersuspensi yang menempel pada daya serap atau permukaan membran.

Pengaruh tekanan operasi terhadap penyerapan aliran, jika ditinjau dari tekanan operasi pada membran maka berlaku persamaan berikut (Sari *et al.* 2010).

$$\Delta \bar{P} = [(P_f + P_c) / 2] - P_p \quad 14)$$

Tekanan operasi pada membran  $\Delta \bar{P}$  dipengaruhi oleh tekanan penyerapan aliran ( $P_p$ ). Untuk mendapatkan tekanan hidrostatik yang besar maka tekanan aliran masuk ( $P_f$ ) dan tekanan aliran pada aliran pada zat terlarut ( $P_c$ ) harus besar, sedangkan tekanan penyerapan aliran ( $P_p$ ) harus kecil karena tekanan operasi  $\Delta \bar{P}$  berbanding lurus dengan tekanan penyerapan ( $P_p$ ). Tekanan aliran masuk ( $P_f$ ) dan tekanan zat terlarut ( $P_c$ ) berbanding terbalik dengan tekanan hidrostatik  $\Delta \bar{P}$ .

Persentase penyisihan untuk menentukan mutu produk, jika didasarkan pada persentase penyisihan dapat digunakan dengan persamaan berikut (Sari *et al.* 2010).

$$\% \text{ Penyisihan} = [(C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}) / C_{\text{awal}}] \times 100\% \quad 15)$$

Persentase penyisihan berpengaruh terhadap konsentrasi zat terlarut pada aliran masuk. Persentase penyisihan berbanding terbalik dengan konsentrasi akhir ( $C$  akhir) sehingga bila persentase penyisihan besar maka konsentrasi awal ( $C$  awal) akan besar. Begitu juga sebaliknya, bila persentase penyisihan kecil maka konsentrasi awal ( $C$  awal) akan kecil.

---

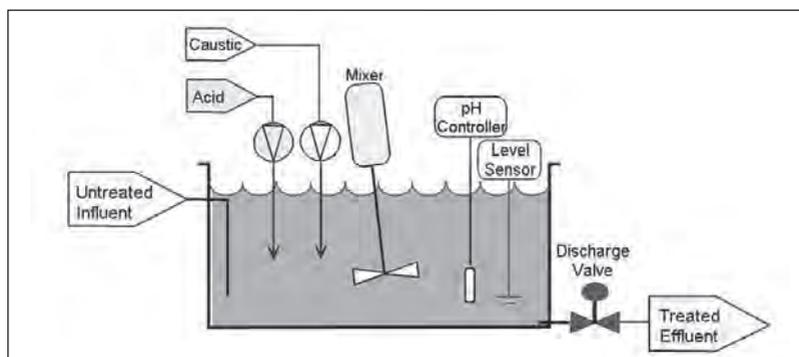
## B. Metode Filtrasi

---

Beberapa metode pemurnian air dapat digunakan untuk menghilangkan padatan, mikroorganisme serta material organik dan inorganik. Pemilihan metode bergantung dari kualitas sumber air, biaya proses, dan standar kualitas air yang dihasilkan.

### 1. Pengaturan Derajat Keasaman/Kebasaaan (pH)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Didefinisikan juga sebagai logaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan



Sumber: pH adjustment system

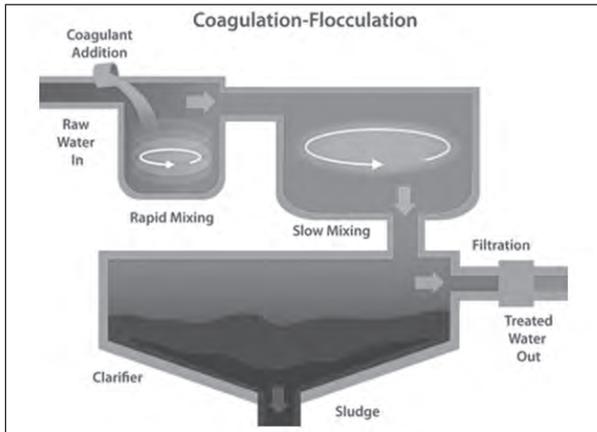
**Gambar 2.5** Pengaturan pH

teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut dan bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional (The Measurement of pH Definition, Standards and Procedures 2001).

Air murni memiliki pH mendekati 7, sementara itu air laut dapat memiliki nilai pH dengan kisaran 7,5 sampai 8,4. Perbedaan nilai tersebut bergantung dari kondisi geologi dan pengaruh kontaminan. Jika air tersebut mengandung asam ( $< 7$ ); *lime*, *soda ash* atau sodium hidroksida dapat ditambahkan selama proses purifikasi berlangsung. Penambahan *lime* akan meningkatkan konsentrasi ion kalsium dan akan meningkatkan kesadahan air. Untuk air yang mengandung asam dengan konsentrasi tinggi, penggunaan *degasifiers* merupakan metoda yang efektif. Asam seperti *carbonic acid*, *hydrochloric acid* dapat ditambahkan pada air yang memiliki nilai pH yang rendah (American Water Works Association RTW Corrosivity Index Calculator, n.d).

## 2. Koagulasi dan Flokulasi

Salah satu metode konvensional dalam proses pemurnian air adalah penambahan bahan kimia untuk membuang partikel yang tidak diinginkan di dalam air. Partikel yang tidak diinginkan tersebut dapat berupa *clay*, *silt* atau bahan organik seperti alga, virus, protozoa, dan bahan natural organik lainnya. Partikel organik dan anorganik dapat berpengaruh pada turbiditas dan warna air. Penambahan koagulan seperti aluminium sulfat atau *iron salts (iron chloride)* dapat menyebabkan interaksi fisika dan kimia di antara partikel. Dalam hitungan detik, *negative charge* pada partikel dinetralisasi oleh koagulan anorganik dan *hydroxide precipitates* dari ion aluminium dan *iron* mulai terbentuk (Edzwald 2011).



Sumber: *Coagulation and Flocculation*

**Gambar 2.6** Koagulasi dan flokulasi

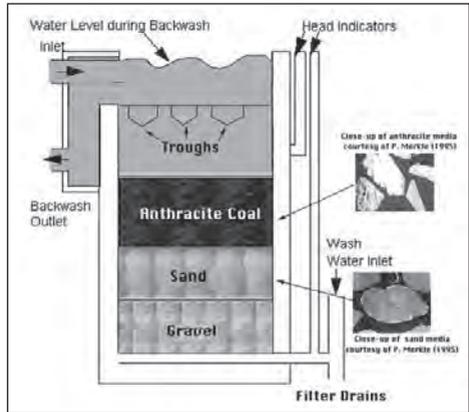
### 3. Sand Filter

#### a. *Rapid sand filters*

Jenis yang paling umum adalah *rapid sand filter*. Air mengalir secara vertikal melalui pasir yang memiliki lapisan dari karbon aktif di atas pasir. Lapisan bagian atas akan menghilangkan kandungan organik yang berpengaruh terhadap rasa dan bau. Umumnya partikel yang melewati lapisan permukaan akan terperangkap ruangan berpori atau menempel pada partikel pasir (Kawamura, S. 2000).

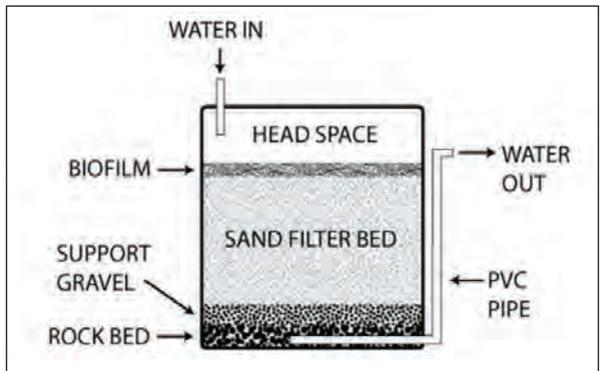
#### b. *Slow sand filter*

*Slow sand filter* bergantung pada kecepatan air yang lambat melalui filter. Filter ini sangat bergantung pada proses biologi dan fisika dan terdiri atas beberapa lapisan pasir dengan susunan paling bawah adalah pasir kasar (*gravel*) dan pasir halus di bagian atas (HDR Engineering 2001).



Sumber: Schmitt D., and C. Shinanault

**Gambar 2.7** Rapid sand filtration



Sumber: Guatemala Water Project

**Gambar 2.8** Slow sand filtration

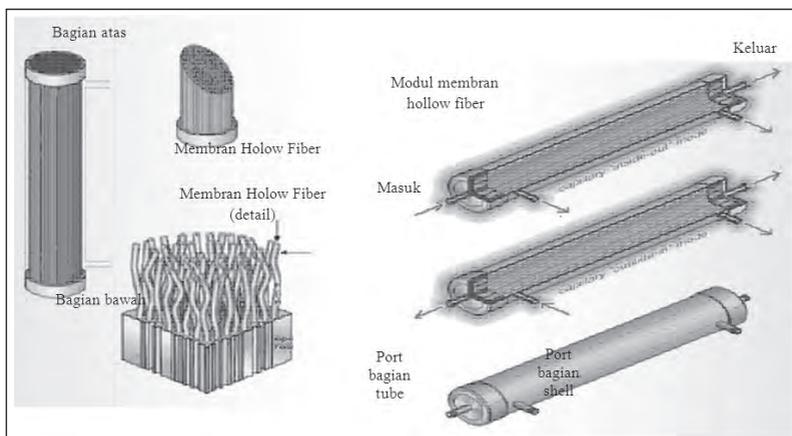
#### 4. Membran Ultrafiltrasi

Ultrafiltrasi merupakan proses berbasis membran yang terletak antara proses nanofiltrasi dan mikrofiltrasi. Membran ultrafiltrasi yang sering digunakan memiliki ukuran pori 0,01 mm sampai dengan 1 nm. Ultrafiltrasi umumnya digunakan untuk pemisahan makro

molekul dan koloid dari dalam larutan. Ultrafiltrasi digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi (*turbidity matter*), alga, *Cryptosporidium oocysts*, *Giardia lamblia cysts*, *coliform bacteria*, virus, dan *pyrogens*. Tingkat turbiditas produk yang dihasilkan secara kontinu dapat mencapai nilai  $<0,2$  NTU.

Filter membran umumnya digunakan untuk proses penyaringan pada air minum. Filter membran dapat membuang semua partikel yang memiliki ukuran  $> 0.2 \mu\text{m}$ . Media filtrasi ini juga umum digunakan untuk proses pemakaian kembali air di industri atau untuk proses *pretreatment* air limbah sebelum dibuang ke sungai (Mulder, M. 1996).

Membran ultrafiltrasi menggunakan membran polimer dengan ukuran pori yang mikroskopik yang dapat menyaring partikel dan kandungan yang tidak diinginkan. Tipe membran akan menentukan seberapa besar tekanan yang dibutuhkan untuk mengalirkan air untuk dapat melewatinya dan ukuran mikroorganisme yang akan disaring (Zagorodni 2007).



Sumber: Citra Bening

**Gambar 2.9** Membran *hollow fibre* pada ultrafiltrasi

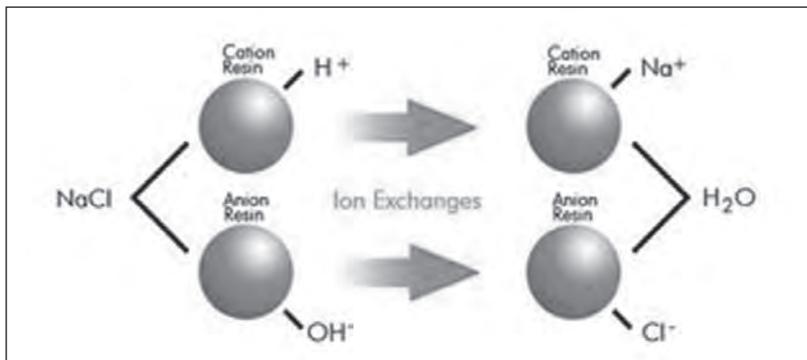
Penggunaan proses ultrafiltrasi dalam proses filtrasi air memiliki berbagai keuntungan, antara lain.

- 1) Kualitas filtrat yang konsisten pada berbagai variasi kondisi umpan.
- 2) Kekeruhan sampai dengan 100 NTU dapat diturunkan menjadi kurang dari 0,2 NTU.
- 3) Proses pemisahan padatan tersuspensi dan mikroorganisme dilakukan tanpa menggunakan bahan kimia.

Kemampuan membran merejeksi seluruh bakteri dan virus sekaligus merupakan proses desinfeksi sehingga proses desinfeksi lanjut hampir tidak diperlukan.

## 5. Pertukaran Ion

Sistem pertukaran ion (*ion exchange*) menggunakan resin atau zeolit untuk menggantikan ion yang tidak diinginkan. Umumnya yang digunakan adalah *water softening* yang digunakan untuk membuang ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dan menggantinya dengan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ . Resin pada *ion exchange* juga digunakan untuk membuang ion racun, seperti nitrat, nitrit, timbal, merkuri, dan arsenik (<http://www.lenntech.com/processes/disinfection/what-is/what-is-water-disinfection.htm>).



Sumber: *Ion Exchange Process*

**Gambar 2.10** Mekanisme pertukaran ion

## 6. Disinfeksi

Disinfeksi dapat dilakukan dengan memfilter mikroorganisme yang berbahaya dan dengan cara penambahan *disinfectant chemical*. Proses ini dilakukan untuk membunuh patogen yang terdapat ketika air melalui filter. Patogen yang dimaksud antara lain adalah virus dan bakteri (*Salmonella, Cholera, Campylobacter, Shigella*, dan *protozoa*) (Guidelines for drinking water quality).

### a. *Disinfeksi menggunakan klorin*

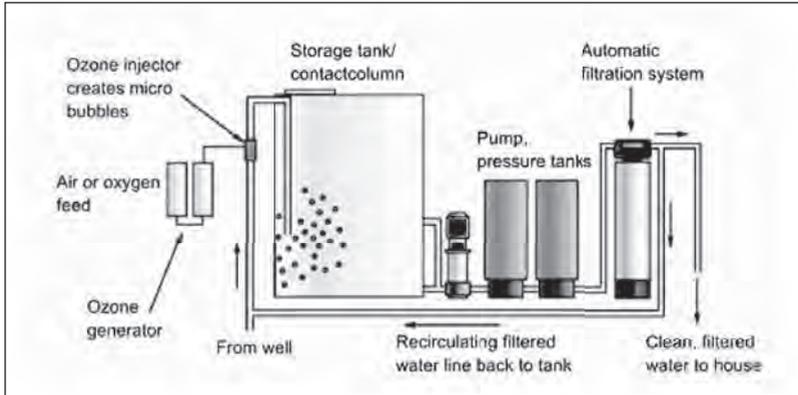
Disinfeksi yang umum menggunakan klorin dan paduannya seperti *chloramine* atau *chlorine dioxide*. *Chlorine* dapat membunuh banyak mikroorganisme berbahaya, namun zat tersebut adalah gas beracun yang berbahaya. Untuk menghindari hal tersebut maka digunakan *sodium hypochlorite* yang relatif murah dan tidak berbahaya (Neeman *et al.* 2004).

### b. *Disinfeksi menggunakan ozon*

Ozon merupakan disinfektan yang banyak digunakan di Eropa. Penggunaannya merupakan metode yang efektif menonaktifkan protozoa dan juga dapat menghilangkan hampir semua patogen. Beberapa keuntungan dari ozon lainnya adalah berkaitan dengan rasa dan bau dari air dan tidak meninggalkan residual disinfektan di dalam air (National Institute for Occupational Safety and Health 2008).

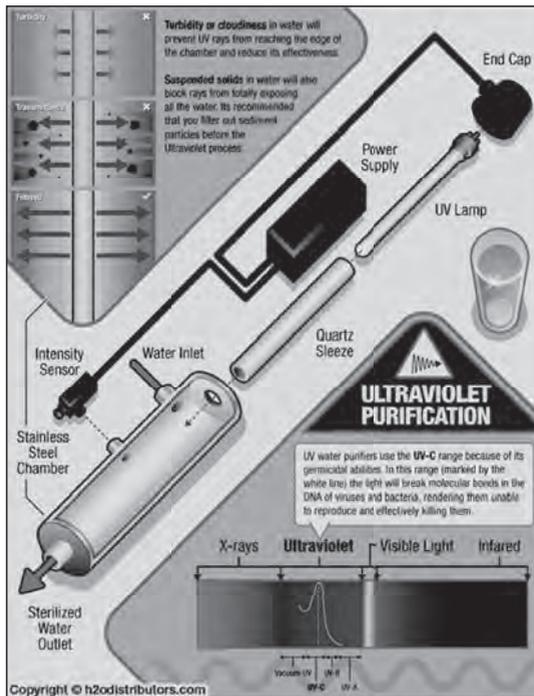
### c. *Disinfektan menggunakan ultraviolet*

Lampu ultraviolet (UV) dapat menurunkan disinfektan sebagai akibat dari *absorption, scattering*, dan *shadowing* yang disebabkan oleh *suspended solid*. Seperti proses ozon, ultraviolet juga tidak meninggalkan residual disinfektan di dalam air (Crittenden *et al.* 2005). Teknologi UV adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 100–400 nm. Menurut per-



Sumber: *Ozone water treatment, excel water technologies.*

**Gambar 2.11** Disinfeksi dengan sistem ozon



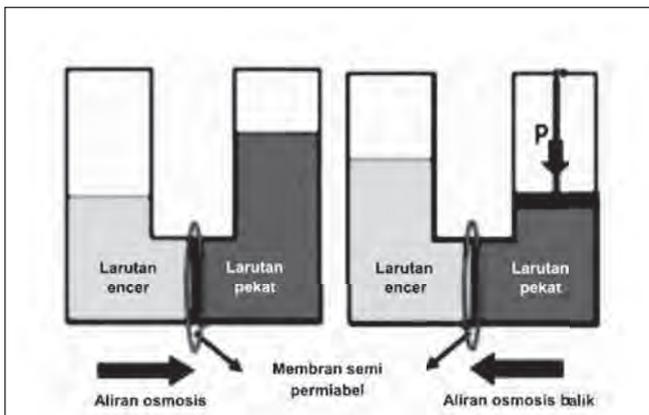
Sumber: *Ultraviolet water purification*

**Gambar 2.12** Disinfeksi dengan sistem UV

cobaan para ahli UV yang paling efektif untuk pengolahan air minum memiliki panjang gelombang 253,7 nm. Molekul bakteri yang menyerap UV ini (253,7 nm) akan membuatnya kehilangan kemampuannya untuk berproduksi. Artinya, bakteri atau virus tersebut tidak bereproduksi dan menjadi tidak aktif sehingga tidak lagi membahayakan.

## 7. Filter Reverse Osmosis (RO)

Membran *reverse osmosis* (RO) merupakan cerminan teknologi tinggi, yang mana membran ini mempunyai pori-pori yang sangat kecil, 0,0001  $\mu\text{m}$  (500.000 kali lebih kecil dibandingkan dengan sehelai rambut manusia). Membran RO dapat menyaring berbagai bahan mikroorganisme, logam berat, bakteri, virus, bahan anorganik, dan bahan berbahaya lainnya yang terlarut dalam air. Hanya molekul air saja yang dapat menembus membran tersebut sehingga dapat menghasilkan air minum yang mencapai kemurnian 99,99%. Air yang dihasilkan sedemikian murni maka sering disebut juga dengan air murni RO.



Sumber: Sebayang *et al.* 2012.

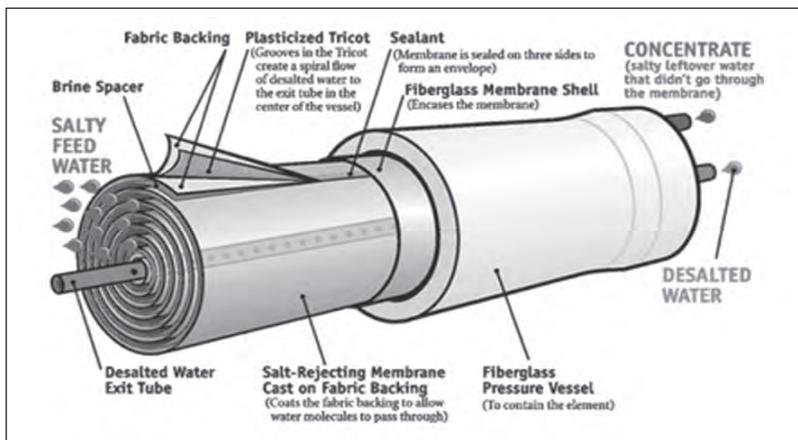
**Gambar 2.13** Membran semipermeabel pada *reverse osmosis*

*Reverse osmosis* sebagai teknologi penyaringan/filtrasi pertama kali dikembangkan oleh NASA (Amerika Serikat) untuk memenuhi kebutuhan air minum para astronot dan untuk memenuhi kebutuhan air minum pada kapal selam. Selanjutnya, dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan untuk pabrik/industri, rumah sakit, perkantoran, dan perumahan dengan bentuk yang lebih kecil atau portabel.

*Reverse osmosis* atau *hyperfiltration* merupakan teknologi penyaringan generasi ke-5. Proses osmosis merupakan fenomena alami, air akan mengalir dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih padat melalui suatu membran semi-permeabel, seperti Gambar 2.14.

Pada proses RO, fenomena ini dibalik arahnya dengan menambahkan tekanan pada larutan yang lebih padat (air terpolusi) melalui membran semipermeabel sehingga menghasilkan air bersih yang bebas dari polutan.

Dalam RO, tekanan digunakan untuk mendorong air melalui membran semipermeabel. Pada awalnya molekul-molekul air akan mengalir ke larutan yang lebih padat melalui membran semipermea-



Sumber: *Reverse Osmosis*, US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 2012

**Gambar 2.14** Membran *reverse osmosis* di dalam bejana tekan

bel, peristiwa inilah yang disebut sebagai osmosis. Pada keadaan nyata, molekul-molekul air dari larutan padat juga mengalir menuju bagian larutan encer, tetapi kecepatannya lebih kecil jika dibandingkan dengan kecepatan mengalirnya molekul air menuju bagian larutan padat sampai tercapainya keadaan jenuh (kesetimbangan) sehingga menunjukkan adanya perbedaan ketinggian tertentu.

Perbedaan ketinggian ini tentu saja akan menimbulkan adanya perbedaan tekanan yang disebut sebagai tekanan osmosis yang besarnya dapat dirumuskan:

$$\pi = M R T \quad 16)$$

Di mana:

$\pi$  = tekanan osmosis dalam atm,

$M$  = molaritas larutan,

$R$  = tetapan konstanta gas  $0,08206 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,

$T$  = suhu dalam Kelvin.

Membran ini harus dirawat dengan baik sebab jika tidak, alga dan bakteri lainnya dapat hidup di dalam membran.

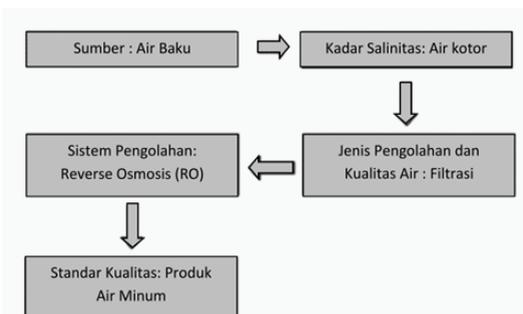
## BAB 3

# Konsep Sistem Pengolahan Air Baku Menjadi Air Bersih/Minum

Konsep sistem pengolahan air dirancang dan diperhitungkan berdasarkan kadar salinitas (kegaraman terlarut) dalam air baku. Batas kelarutan garam dalam air baku untuk standar air minum adalah Daya Hantar Listrik (DHL) = 400–1.250 mmhos dan kadar Cl = 600 ppm. Pembagian kualitas air berdasarkan kadar salinitas air adalah sebagai berikut.

- 1) Air tawar (DHL < 1.250 mmhos).
- 2) Air kotor dan payau (DHL 1.250–12.000 mmhos) dan
- 3) Air asin > 12.000 mmhos)

sehingga untuk menentukan jenis teknologi yang akan digunakan ditentukan oleh kadar salinitas tersebut. Dengan demikian, tahapan pelaksanaannya ditetapkan melalui alur berikut ini pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Tahapan jenis teknologi yang akan digunakan ditentukan oleh kadar salinitas

Untuk membuat suatu alat pengolah air sistem *reverse osmosis* (RO) persiapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1) *Analisis kualitas air baku*

Hasil analisis kualitas air sangat menentukan jenis teknologi yang akan dipakai dan biaya yang akan dikeluarkan untuk mendesain alat. Jika air baku yang akan digunakan mempunyai kualitas yang jelek sudah dapat dipastikan bahwa biaya yang akan dikeluarkan cukup tinggi. Sebagai contoh, jika kualitas air baku mempunyai TDS di atas 35.000 ppm maka jenis membran yang dipakai adalah membran untuk air asin, pompa tekanan tinggi yang digunakan tentu saja harus besar sehingga biaya yang diperlukan menjadi besar.

2) *Desain dan konstruksi*

Dibuat berdasarkan data kualitas air dan permintaan dari pemakai. Rancangan unit pengolah air dituangkan ke dalam gambar desain untuk memudahkan pengerjaan di bengkel dan lapangan. Besar kecilnya desain rancangan unit pengolahan air dibuat berdasarkan pesanan. Pada kasus ini kapasitas yang akan dibuat adalah 20 l/menit atau ekuivalen dengan 1.200 l/jam. Apabila alat dioperasikan dalam 5 jam/hari maka kapasitasnya menjadi 6 m<sup>3</sup>/hari.

3) *Perakitan dan instalasi*

Pada tahap perakitan ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu (a) Perakitan di *work shop* yang meliputi *casing* (kerangka dan dudukan), sistem elektrik, dan perpipaannya; (b) Perakitan di lapangan dan uji fungsi.

4) *Uji coba dan pelatihan di lapangan*

Setelah unit RO terpasang pada bangunan yang telah dipersiapkan terlebih dahulu, baru pelaksanaan uji coba dan pelatihan dapat dilaksanakan. Bangunan pelindung tersebut dibuat permanen yang berfungsi untuk pengamanan alat RO, genset, jaringan distribusi, dan bak penampung air hasil olahan. Unit pengolahan



**Gambar 3.2** Tata laksana perancangan dan konstruksi unit pengolahan air

air bersih dirancang dan dikonstruksi, seperti terlihat pada tata laksana pada Gambar 3.2.

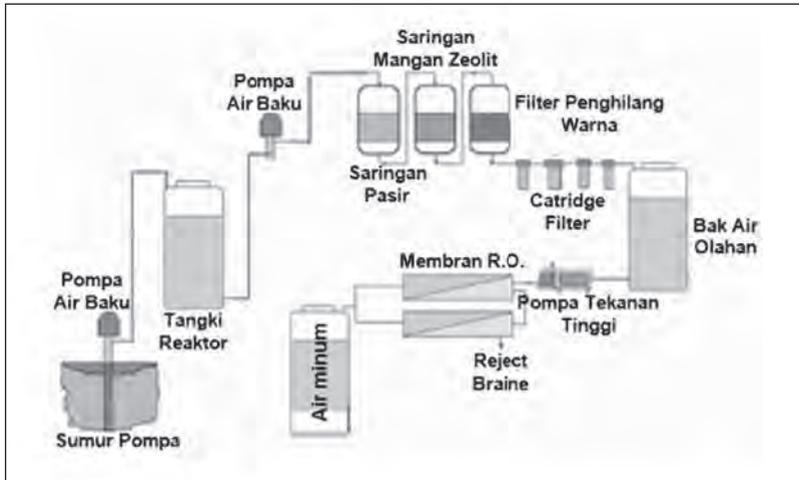
Alat pengolah air sistem RO mempunyai banyak keuntungan, tetapi dalam pengoperasiannya harus memperhatikan petunjuk operasional dan *maintenance* (perawatannya). Hal ini dimaksudkan agar alat tersebut dapat digunakan secara baik dan awet. Untuk menunjang operasional sistem RO diperlukan biaya perawatan. Biaya tersebut diperlukan antara lain untuk biaya bahan, penggantian media penyaring, *service*, dan biaya operator. Dana tersebut diharapkan didapat dari hasil penjualan produk air bersih/minum yang dihasilkan.

Sistem pengolahan air sangat bergantung pada kualitas air baku yang akan diolah. Kualitas air baku yang buruk akan membutuhkan sistem pengolahan yang lebih rumit. Kualitas air baku mempunyai kandungan parameter fisik yang buruk, seperti warna dan kekeruhan. Oleh karena itu, dibutuhkan pengolahan secara lebih khusus, misalnya untuk penghilangan warna. Adapun proses untuk tingkat kekeruhan yang rendah, cukup dengan penjernihan melalui pengendapan dan penyaringan biasa. Akan tetapi, apabila kualitas air baku mempunyai

kandungan parameter kimia yang buruk maka pengolahan yang dibutuhkan akan lebih kompleks lagi.

Pada daerah pesisir pantai dan kepulauan kecil, air baku utama yang digunakan pada umumnya adalah air tanah (dangkal atau dalam). Kualitas air tanah ini sangat bergantung dari curah hujan. Jadi, bila pada musim kemarau panjang, air tawar yang berasal dari air hujan sudah tidak tersedia lagi sehingga air tanah tersebut dengan mudah akan terkontaminasi oleh air laut. Ciri adanya intrusi air laut adalah air yang terasa payau atau mengandung kadar garam khlorida dan TDS yang tinggi.

Air baku yang buruk, seperti adanya kandungan khlorida dan *total dissolved solid* (TDS) yang tinggi, membutuhkan pengolahan dengan sistem *reverse osmosis* (RO). Sistem RO menggunakan penyaringan skala mikro (molekul), yaitu yang dilakukan melalui suatu elemen yang disebut membran. Dengan sistem RO ini, khlorida dan TDS yang tinggi dapat diturunkan atau dihilangkan sama sekali. Syarat penting yang harus diperhatikan adalah kualitas air yang masuk ke dalam elemen membran harus bebas dari besi, mangan, dan zat organik (warna organik). Dengan demikian, sistem RO pada umumnya selalu dilengkapi dengan *pretreatment* yang memadai untuk menghilangkan unsur-unsur pengotor, seperti besi, mangan, dan zat warna organik. Sistem *pretreatment* yang mendukung sistem RO umumnya terdiri atas tangki penampung air baku, saringan pasir cepat (*rapid sand filter*), saringan untuk besi dan mangan (*Iron and manganese filter*), dan yang terakhir adalah karbon aktif sebagai penghilang warna (*colour removal*). Gambar skema unit pengolah air kotor, asin, dan payau dapat dilihat pada Gambar 3.3



**Gambar 3.3** Diagram alir proses pengolahan air bersih/minum dari sumber air kotor, asin, dan payau



## **BAB 4**

# **Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Layak Minum**

## **Rancangan Pusat Penelitian Fisika LIPI**

Proses filtrasi pengolahan air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dengan filter membran adalah melalui tahapan sebagai berikut.

### **AIR BAKU**

Air baku diambil dari sumur dengan menggunakan pompa isap ( $P_1$ ), kemudian ditransfer ke tabung penampung (*product tank*,  $T_1$ ) yang mempunyai kapasitas penampungan  $1,0 \text{ m}^3$ . Air pada tabung masih mengandung kotoran lumpur atau padatan. Air kemudian dialirkan ke sistem *water treatment* atau media filter selanjutnya.

### **TRANSFER PUMP**

Air baku yang berada di *product tank*, kemudian dipompa ke unit media filter dengan menggunakan pompa transfer ( $P_2$ ).

### **MEDIA FILTER**

Air didistribusikan ke unit *sand-manganese green sand/carbon active filter/cation resin*, partikel-partikel  $> 30$  mikron akan disaring oleh media filter, dan alat ini dilengkapi dengan *backwashing system*.

### ***SEDIMENT (CATRIDGE) FILTER***

Air yang dialirkan ke sedimen filter atau *cartridge filter* (CF) berfungsi untuk menyaring *organic matter color*, sisa chlor (Cl), dan partikel-partikel < 30 mikron. Selain itu, sistem ini juga mampu mengurangi beban kerja dari filter-filter selanjutnya. Air pada *cartridge filter* memiliki besaran TDS = 300–600 mg/l dan dialirkan ke dalam tabung penyimpanan (*storage*), lalu dipompakan ke ultrafiltrasi. Apabila media pada *cartridge filter* sudah jenuh maka perlu dilakukan penggantian.

### **TANGKI PRODUK**

Setelah air hasil olahan dari sedimen filter atau *cartridge filter* (CF) selanjutnya ditampung pada tangki produk ( $T_2$ ) yang berada di dalam ruang operator dengan kapasitas penampungan 1,0 m<sup>3</sup>.

### ***REVERSE OSMOSIS (RO) PUMP***

Air bersih yang ada di tangki produk ditransfer oleh *RO pump* ( $P_3$ ) menuju ke RO Filter.

### ***REVERSE OSMOSIS (RO) FILTER***

Air kemudian dipompa dengan tekanan tinggi (*RO-Pump*) menuju membran filter RO untuk menyaring/memisahkan kandungan logam yang ada dan kotoran ataupun mikroba yang berukuran sampai nano meter. Air yang dihasilkan dari filter RO ditampung ke tangki produk air bersih ( $T_3$ ) dengan kapasitas penampungan 1,0 m<sup>3</sup>. Selanjutnya, air dari tangki air bersih tersebut dialirkan melalui lampu ultraviolet sterilisasi (UVS) agar kuman dan virus yang masih ada akan musnah/mati, dan air yang dihasilkan dapat langsung diminum.

Unit pengolah air sistem RO merupakan pengolahan air yang menerapkan konsep-konsep ilmu fisika. Seorang operator yang bertugas menjalankan sistem RO harus mengetahui teknik dasar

pengolahan RO. Hal ini sangat penting karena unit RO ini harus dijalankan dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Standar operasional prosedur (SOP) yang harus dikuasai oleh operator, antara lain 1) pencucian filter, 2) penggantian media, 3) pencucian membran, dan 4) servis generator harus dilakukan secara berkala dengan cukup teliti. Saat alat sedang beroperasi maka harus dilakukan pencatatan terhadap tekanan air baku, tekanan air *reject*, dan tekanan air hasil. Selain itu, juga harus diperhatikan kontrol tegangan (*voltage*) listrik yang digunakan. Jika standar operasi tersebut tidak dilakukan secara benar maka dikhawatirkan akan menurunkan usia alat pengolahan air tersebut.



## **BAB 5**

# **Petunjuk Operasi Sistem Pengolahan Air Kotor, Asin, dan Payau Menjadi Air Bersih/Minum**

Pembuatan (konstruksi) unit pengolah air sistem RO dibagi menjadi empat bagian utama, yaitu 1) unit pengolah awal (*pretreatment*), 2) unit sistem RO, 3) unit sumber daya, dan 4) bangunan pelindung. Nama bahan atau alat dan masing-masing komponen mempunyai spesifikasi seperti Tabel 5.1.

---

### **A. Filtrasi Air Kotor Menjadi Air Bersih**

---

- 1) Sambungkan catu daya pada sumber listrik (PLN/Genset) dan nyalakan *power* utama di panel *box* dengan mengarahkan *switch* ke posisi **ON**.
- 2) Sebelum melakukan pengoperasian mesin filtrasi, pertama-tama hidupkan pompa air sumur (*Pump 1*) untuk mengisi tangki penampung air baku (bak penampung I) sampai terisi penuh. Tekan tombol pompa air sumber ke posisi **ON** untuk mengisi tangki air baku (**T1**). Apabila tangki penyimpanan air baku sudah terisi penuh maka pompa air sumber akan mati secara otomatis dan pompa akan hidup kembali pada saat level air mencapai posisi terendah (pompa air sumber dilengkapi dengan sistem radar).
- 3) Nyalakan pompa air baku (*Pump 2*) untuk menyuplai air ke sistem media filter (*sand filter*, *manganase green sand*, karbon aktif, dan *cartridge filter*) sehingga menghasilkan **air bersih pertama**.

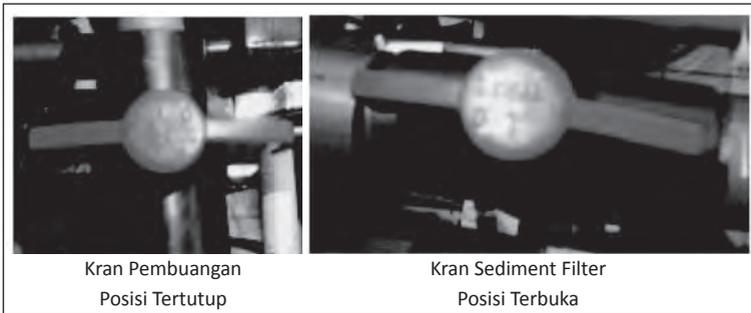
**Tabel 5.1** Bahan, Komponen, dan Peralatan pada Unit Pengolahan Air

No.	Nama Alat	Spesifikasi
1	Pompa Air baku (Pompa Air Sumber)	1 unit <i>water pump</i> , power 550 Watt, 220 V/50 Hz/1 phase, Hmax 45 meter, S head 9 meter dan Q max 48 l/menit.
2	<i>Storage Tank</i>	Bahan tangki terbuat dari <i>fiber glass</i> , kapasitas 1,0 m <sup>3</sup> , jumlah 3 unit.
3	Tabung Media Filter	Material: Polyfiber (FRP), terdiri atas 3 buah tabung masing-masing untuk pasir, mangan, dan karbon. Dimensi tabung: tinggi 140 cm dan diameter 25 cm, <i>Pressure Max</i> : 50 Psi, <i>Inlet/Outlet</i> 1 inch, <i>Capacity</i> : 1–2 m <sup>3</sup> /jam.
4	<i>Cartridge Filter</i>	<i>Media Filter</i> : Polimer/ <i>Carbon Block</i> , dimensi tertinggi 53 cm dan diameter 12 cm, jumlah 6 buah, masing-masing dengan <i>grade</i> : 5 µm (2 buah), 3 µm (2 buah), dan 0,1 µm (2 buah). <i>Inlet/Outlet</i> : 1" PVC, <i>Capacity</i> : 35 liter/menit, <i>Pressure</i> : max 5 mm.
5	Filter RO	Bahan terbuat dari membran semipermeabel sebanyak 3 tabung, panjang 105 cm, dan diameter 10 cm.
6	Pompa Distribusi	Daya pompa distribusi 250 Watt, tegangan output 220 V, Q max 100 l/menit, dan H max 48 m.
7	Pompa RO	Daya pompa RO 2 hp, debit 2m <sup>3</sup> /h, diameter 112 mm, dan tekanan bisa mencapai 10 bar.
8	Panel Kontrol	Material: <i>Mild steel</i> , Komponen: <i>Switch ON/OFF</i> , <i>Flow meter indicator</i> , <i>Pressure Indicator</i> , dan <i>TDS indicator</i> , <i>Electrical Installation</i> : <i>Cable Standard</i> .
9	Bangunan Pelindung	Bangunan pelindung terbuat dari bahan beton permanen dengan dimensi 2 x 2 x 6 m <sup>3</sup> .
10	Sumber daya (Genset atau PLN)	Konsumsi listrik/daya out put 5 kW, maks <i>output</i> 5,5 kW, tegangan 220 V, frekuensi 50 HZ, <i>power factor</i> 1,0.
11	<i>Water Tank</i> (untuk <i>storage</i> air minum)	Material <i>stainless stell</i> (ss-304), <i>Dimention Capacity</i> 1,0 m <sup>3</sup> , jumlah 1 unit.

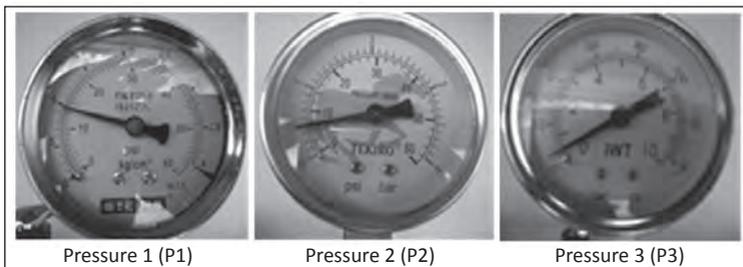
Untuk mengetahui proses sedang berlangsung dapat dilihat pada indikator tekanan. Air bersih pertama ditampung pada *storage* (bak penampung, T2).

Pastikan semua kran sudah pada posisinya, kran *three valve* pada posisi *pass rinse* dan filter. Pastikan posisi kran pada pembuangan dalam posisi tertutup dan air akan mengalir menuju *sediment filter blue catrid*, untuk itu kran sedimen filter dalam posisi terbuka (lihat pada gambar 5.1).

- 4) Hidupkan pompa *treatment* dengan menekan tombol **ON** pompa *treatment* pada panel kontrol. Pada kondisi ini maka aliran air akan melewati media-media filter (**P1** sekitar 1 bar), sediment filter (**P2** sekitar 0,5–1 bar), ultrafiltrasi/UF (**P3** sekitar 0,5 bar), dan air hasil proses ditampung pada tangki air bersih (sudah bisa digunakan untuk MCK dan belum bisa untuk diminum). Untuk



**Gambar 5.1** Kran pembuangan kondisi tertutup dan terbuka



**Gambar 5.2** *Pressure gauge* pada unit pengolahan air

air minum harus diproses terlebih dahulu melewati *reverse osmosis* (RO).

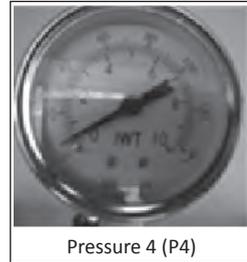
- 5) Proses selanjutnya filtrasi melalui *catridge filter* sebanyak enam unit dan dilengkapi dengan indikator tekanan.
- 6) Jika air pada tangki air bersih sudah penuh atau diperkirakan cukup untuk digunakan maka secara otomatis pompa *treatment* akan mati, dan sebaliknya apabila level air pada tangki air bersih mencapai level terendah maka pompa *treatment* akan bekerja dengan sendirinya.

---

## B. Filtrasi Air Bersih Menjadi Air Minum

---

Apabila bak penampung,  $T_2$  telah terisi penuh, nyalakan pompa RO (**Pump 3**) dengan menekan tombol *switch* pompa RO yang ada di panel box. Tekan tombol Pompa RO ke posisi **ON** yang berada pada panel kontrol maka pompa RO akan bekerja untuk menghasilkan kualitas air minum yang ditampung pada tangki **T3** (bahan SS). Pompa RO akan mati secara otomatis apabila air bersih pada tangki air bersih (**T2**) mencapai level terendah dan pompa RO akan bekerja kembali apabila air mencapai batas atas. Tekanan air yang melalui pompa RO adalah P4 dengan tekanan sekitar 6 bar. Untuk mengetahui proses filtrasi RO berjalan dapat dilihat melalui indikator *pressure gauge* RO yang telah tersedia.



**Gambar 5.3** *Pressure gauge* pada RO

- 1) Air yang dihasilkan dari filtrasi RO ditampung pada *storage* (bak penampung,  $T_3$ ), sedangkan air buangan dari hasil filtrasi RO dapat ditampung pada bak penampung,  $T_4$  sebagai sumber air bersih tambahan. Luaran air dari membran RO ada dua *output*, pertama merupakan sumber produk air minum yang ditampung pada tangki **T3** (bahan SS), kedua merupakan sumber air bersih yang ditampung pada tangki **T4** (tangki berwarna biru).

- 2) Air yang tertampung di bak penampung, T<sub>4</sub> merupakan produk air bersih yang siap digunakan oleh masyarakat. Untuk menghasilkan air minum yang lebih higienis dari tangki **T3** (bahan SS), tekan tombol pompa distribusi yang melewati ultraviolet (UV) yang *output*-nya sudah bisa diminum langsung.
- 3) Untuk memproduksi air minum, hubungkan stop kontak UV ke sumber listrik, kemudian tekan tombol **ON** pada switch **ON/OFF**, dan tampung air minum keluar dari UV Filter. Bila sudah selesai mengoperasikan UV Filter, tekan tombol **OFF** pada *switch ON/OFF*.

---

### C. Mematikan Sistem Pengolahan Air Bersih dan Air Minum

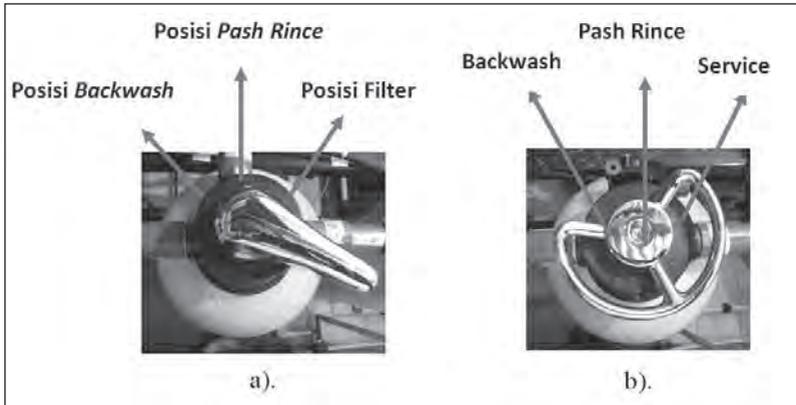
---

- 1) Pada saat penggunaan mesin filtrasi telah selesai jangan lupa menutup kran yang masuk ke pompa air baku dan matikan tombol *switch* ke posisi **OFF**. Semua tombol pada panel kontrol dalam kondisi **ON** dibuat ke posisi **OFF**.
- 2) Catu daya dari jaringan PLN atau genset harap dicabut untuk memutuskan hubungan listrik ke panel kontrol.
- 3) Pastikan semua aliran listrik sudah mati

#### Catatan:

- Sebelum mulai pengoperasian alat filtrasi air, pastikan semua kran sudah tepat pada posisinya.
- Pada setiap proses 5.000 l filtrasi air kotor menjadi air bersih atau lebih kurang selama 5 hari operasional alat, media filter filtrasi perlu dicuci dengan cara *backwashing*. Atur ketiga posisi kran (*three valve*) ke arah *backwash* (lihat gambar).

## Posisi kran pada media filter



**Gambar 5.4** Posisi kran pada media filter, a) Pasir dan *manganese green sand* dan b) Karbon aktif

---

## D. Instalasi pada Unit Pengolahan Air Bersih dan Air Minum

---

*Layout* rangkaian instalasi listrik pengoperasian sistem unit pengolahan air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih/minum diperlihatkan pada Gambar 5.6. Rangkaian instalasi listrik ini terdiri atas beberapa komponen: 5 buah *push button* **ON** dan **OFF**, 2 buah level kontrol otomatis (Radar), 1 buah kontaktor, 1 buah otomatisasi pompa dan 4 buah motor pompa. Pompa tersebut berfungsi untuk air sumber (**M1**), *submersible* (**M2**), distribusi (**M4**) dan RO (**M4**).

Cara kerja rangkaian tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Jika *Push Button* **PB1** posisi **ON** dan radar R1 **ON** maka pompa sumber **M1** akan beroperasi/berfungsi.
- 2) Jika *Push Button* **PB2** posisi **ON** maka rangkaian pada radar **R2** akan berubah dari *normally close* ke *normally open* dan akan membuat pompa celup **M2** beroperasi/berfungsi.

- 3) Jika *Push Button* **PB3** posisi **ON** dan Radar **R2** pada posisi *normally close* maka kontaktor akan berada pada posisi *normally close* dan pompa RO **M3** beroperasi/berfungsi.
- 4) Jika *Push Button* **PB4** posisi **ON** maka rangkaian pada otomatis pompa akan berubah dari posisi *normally close* ke *normally open* dan pompa distribusi **M4** akan beroperasi/berfungsi.

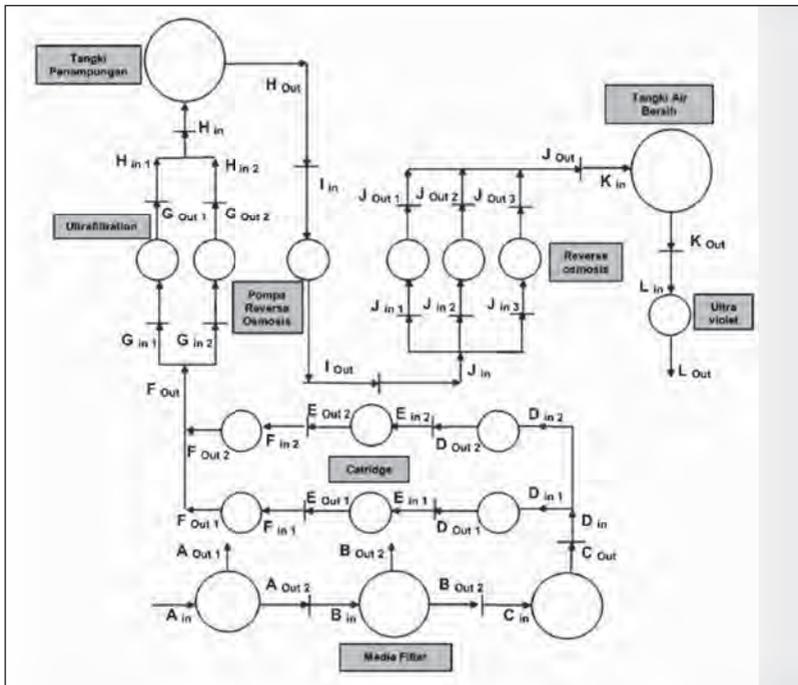
Keterangan:

PB : *Push Button*

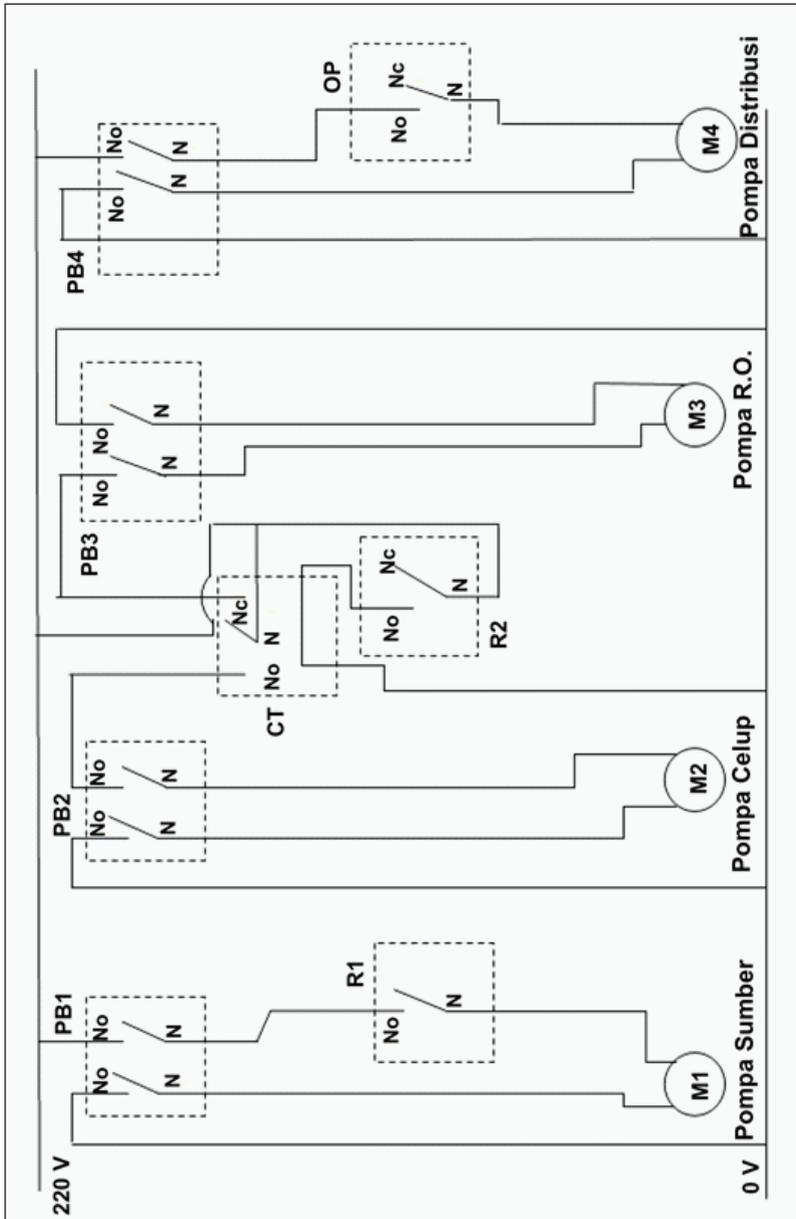
R : Radar

M : Motor pompa

CT : *Contact Tor*



**Gambar 5.5** Skema instalasi perpipaan pada unit pengolahan air



Gambar 5.6 Instalasi listrik pada unit pengolahan air

## BAB 6

# Perawatan Sistem Pengolahan Air Bersih/Minum

Beberapa komponen dan peralatan pada unit pengolahan air yang ditampilkan pada Tabel 6.1 memiliki waktu pakai dan umur ekonomis. Peralatan tersebut harus diganti secara berkala agar proses pengolahan air dapat berjalan dengan baik.

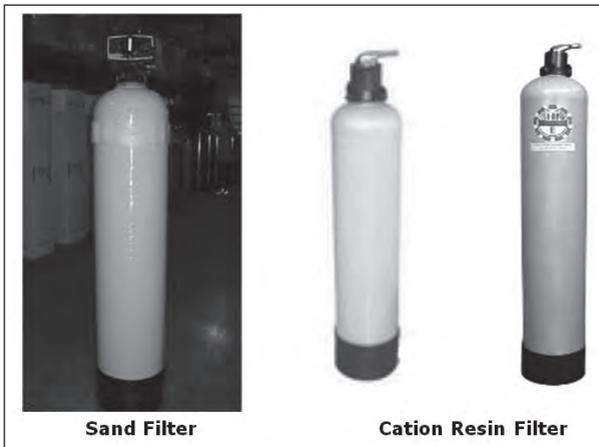
### Media filter

Media filter terdiri atas *Silica sand* yang berfungsi untuk menyaring partikel berukuran kasar (ratusan mikron). *Manganese green sand* berfungsi mengurangi tingkat kesadahan air. *Carbon active filter* untuk menyerap/menyaring logam berat, warna, bau, rasa, kuman,

**Tabel 6.1** Komponen dan Umur Ekonomis pada Unit Pengolahan Air

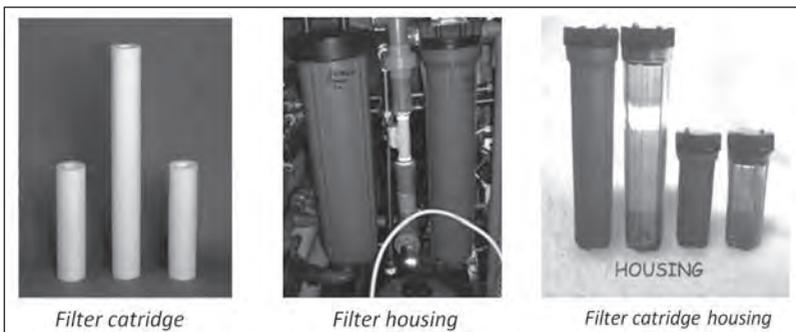
No.	Spare parts	Umur Ekonomis
1	<i>Sand Filter</i>	2 tahun
2	<i>Cation resin filter</i>	2 tahun
3	<i>Carbon Filter</i>	1 tahun
4	<i>Catridge Filter</i>	1 tahun
5	Membran RO	1 tahun
6	Pompa	4 tahun
<b>Proses <i>back wash</i></b>		Lakukan secara periodik, untuk pemakaian rutin perlu dilakukan <i>back wash</i> dua hari sekali dan sangat tergantung pada tingkat turbiditas air baku.

dan pengotor organik lainnya. Pada media filter ini, partikel-partikel kasar >30 micron akan disaring dan tidak akan lolos untuk proses selanjutnya. Pada media filter juga dilengkapi dengan *backwashing system* sehingga proses pencuciannya akan lebih mudah dan praktis.



**Gambar 6.1** Media filter pada unit pengolahan air

### *Cartridge Filter (Sediment Filter)*



**Gambar 6.2** Filter dan *housing cartridge* pada unit pengolahan air

### ***Cartridge Filter atau Sediment Filter***

Jumlah 6 buah yang dipasang secara paralel, dengan spesifikasi sebagai berikut.

- *Cartridge filter 1*, dapat menyaring partikel sampai ukuran 5 micron
- *Cartridge filter 2*, dapat menyaring partikel sampai ukuran 3 micron
- *Cartridge filter 3*, dapat menyaring partikel sampai ukuran 1 micron.

### ***Reverse Osmosis Filter (RO Filter)***

Membran filter RO berfungsi untuk menyaring kotoran ataupun mikroba, seperti bakteri, virus, racun, logam berat, dan ion logam yang berukuran sampai nanometer. Bahan ini terbuat dari membran semipermeabel dengan dimensi tabung, panjang 105 cm, dan diameter 10 cm.



**Gambar 6.3** Filter dan *housing* RO pada unit pengolahan air

## Panel Box

Pada *panel box* terdapat tombol-tombol untuk: switch **ON/OFF**, **pump 1**, **pump 2**, dan **pump 3**. Pengoperasian alat ini dilakukan melalui panel kontrol dengan memperhatikan standar operasional prosedur (SOP).

Material yang digunakan adalah *mild steel*, komponen: *flow meter indicator*, *pressure indicator*, dan *TDS indicator*, *electrical installation: cable standard*.



**Gambar 6.4** *Panel box* pada unit pengolahan air

## Pompa Air

Pompa air yang digunakan untuk menyedot air dari sumur atau sumber dengan daya/power 100 Watt, 220 V/50 Hz/1 phase, daya hisap 11 m, daya pancar 29 meter, dan Q max 40 l/menit.

## Pompa Transfer

Pompa air yang digunakan untuk mentransfer air dari tanki penampung ke media filter adalah pompa transfer dengan Power 250 Watt, 220 V/50 Hz/1 phase, Hmax 48 m dan Q max 100 l/menit.



**Gambar 6.5** Pompa air pada unit pengolahan air



**Gambar 6.6** Pompa transfer pada unit pengolahan air

### Pompa *Reverse Osmosis* (RO)

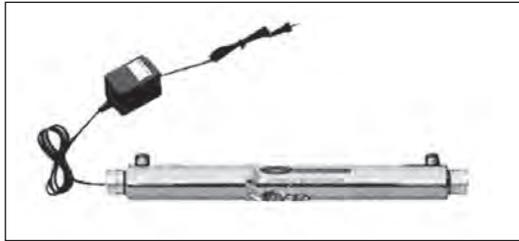
Pompa RO digunakan untuk memberikan tekanan tinggi pada membran filter RO dengan daya yang dibutuhkan sebesar 2 hp, debit 2 m<sup>3</sup>/h, dan diameter 112 mm.



**Gambar 6.7** Pompa RO pada unit pengolahan air

## Lampu Ultraviolet

Ultraviolet ini dapat membunuh kuman/bakteri: Vibrio Cholera, Amuba (Disentri, Virus Hepatitis), dan Cacing: Penomylitis. Bahan UV Filter yang digunakan adalah SS 304, kapasitas 28 l/menit (8 GPM) dan daya listrik 12 Volt DC.



**Gambar 6.8** Ultraviolet pada unit pengolahan air

## Pompa Transfer UV Filter

Pompa air digunakan untuk mentransfer air dari air bersih melalui lampu UV untuk menjadi air siap minum membutuhkan daya/power 250 watt, 220 V/50 Hz/1 phase, Hmax 45 m, S head 9 m dan Q max 48 l/menit.



**Gambar 6.9** Pompa transfer UV filter pada unit pengolahan air

## Generator Listrik

Generator listrik (Genset) digunakan sebagai sumber listrik dengan daya maksimum 5kW, 220V, 50 Hz.



**Gambar 6.10** Generator listrik pada unit pengolahan air

## Water Tank



**Gambar 6.11** Water tank pada unit pengolahan air



## DAFTAR PUSTAKA

- American water works Association RTw corrosivity index calculator. 2011. Diakses dari <http://www.awwa.org/resources-tools/water-knowledge/financing-water-infrastructure.aspx> pada 4 juni 2012.
- Apriani, R.S. dan P. Wesen. 2009. *Penurunan Salinitas Air Payau Dengan Menggunakan Resin Penukar Ion*. Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
- Balai Lingkungan Keairan. 2011. *Daerah Aliran Sungai (DAS)*.
- Bening, Citra. 2011. “water Treatment and Filtration Solution, Teknologi Pengolahan Air”. Diakses dari <http://www.citrabening.com/teknologi-pengolahan-air/> pada 28 januari 2012
- Britannica Online Encyclopedia. 2008. *Hydrodinamica*, pp. 10–30.
- Coagulation and Flocculation. 2011. Diakses dari <http://www.ramezanitrading.com/>, pada 7 januari 2013.
- Crittenden, J., R. Trussell, D. Hand, K. Howe, and G. Tchobanoglous. 2005. *Water Treatment Principles and Design, Edition 2*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Departemen Kesehatan, Republik Indonesia. 2013. “Upaya Peningkatan Kualitas Depot Air Minum Isi Ulang di Indonesia”. Diakses dari <http://www.depkes.go.id/index.php/component/content/article/43-news/slider/2238-upaya-peningkatan-kualitas-depot-air-minum-isi-ulang-di-indonesia.html>, pada 3 Juni 2013.
- Dewi, L.K., R.A. Azfah, dan E.S. Soedjono. 2011. *Rancang Bangun Alat Pemurni Air Kotor, Asin, dan Payau Sederhana dengan Membran Reverse Osmosis untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum Masyarakat Miskin Daerah Pesisir*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS.

- Dewi, L.K., R.A. Azfah, dan E.S. Soedjono. 2011. *Rancang Bangun Alat Pemurni Air Payau Sederhana dengan Membran Reverse Osmosis untuk Memenuhi Kebutuhan Air Minum Masyarakat Miskin Daerah Pesisir*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Diarex Water Filtration System. 2009. Diakses dari <http://GrandQuartz.com> pada 4 Desember 2012.
- Direktorat Perumahan dan Pemukiman, Bappenas. 2011. *Data Terkini Cakupan Pelayanan Air Minum dan Sanitasi*.
- Dusenbery, D.B. 2009. *Living at Micro Scale*. Cambridge, Mass: Harvard University Press, pp. 49.
- Edward, H.S., J.A. Pinem, dan M.A. Adha. 2009. “Kinerja Membran Reverse Osmosis Terhadap Rejeksi Sintetis”. *Jurnal Sains dan Teknologi* 8 (1): 1–5.
- Edzwald, J.K. 2011. *Water Quality and Treatment. 6<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Goetz, P.W. 1986. *The New Encyclopedia Britannica (15th edition)*, Vol. 3, pp. 937. Chicago, USA: Encyclopedia Britannica Inc.
- Goosen, M.F.A., S.S. Sablani, S. Al-hinai, S. Al-Obeidani, R. Al-Belushi, and D. Jackson. 2004. “Fouling of Reverse Osmosis and Ultrafiltration Membranes: A Critical Review”. *Separation Science and Technology*, 39 (10): 2261–2298.
- Greenlee, L.F., D.F. Lawler, B.D. Freeman, B. Marrot, and P. Moulin. 2009. “Reverse Osmosis Desalination: Water Sources, Technology, and Today’s Challenges”. *Water Research*, 43: 2317–2348.
- Guatemala water Project. 2008. Diakses dari <http://www.up.international.org/work/GTwater/water.html> pada 7 Januari 2013.
- Hapsari, T. 1998. *Pengaruh Salinitas dan pH pada Kestabilan Solidifikasi Logam Berat*. Surabaya: Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh November.
- HDR Engineering. 2001. *Handbook of Public Water Systems*. New York: John Wiley and Sons. p. 353.
- Hellstrom, J.G.I., and T.S. Lundstrom. 2006. “Flow through Porous Media at Moderate Reynolds Number”. *International Scientific Colloquium, Modelling for Material Processing, Riga*, June 8–9.
- Ion Exchange Process. 2001. Diakses dari <http://www.nwe-co.com/product/ion-exchange>, pada 8 Januari 2013).

- Kawamura, S. 2000. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Wiley. pp. 74–5, 104.
- Kenimer, A.L., J. Villeneuve, and S. Shelden. 2005. “Fundamental Concepts: Sedimentation Power Point Presentation. University Curriculum Development for Decentralized Wastewater Management”. *National Decentralized Water Resources Capacity Development Project*, University of Arkansas. Shelden
- Kusumahati, I. 1998. *Studi Kemampuan Resin Kation Na<sup>+</sup> dan H<sup>+</sup> sebagai Media Penukar Ion Untuk Menurunkan Kandungan Tembaga*. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Mulley, R. 2004. *Flow of Industrial Fluids: Theory and Equations*. CRC Press., pp. 43–44.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Munson, B.R., Alric P.R., T.H. Okiishi, Huebsch. 2002. *Fundamental of Fluid Mechanics*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2008. *eNews* 5(12), September 2008.
- Neemann, J., R. Hulsey, D. Rexing, and E. Wert. 2004. “Controlling Bromate Formation During Ozonation with Chlorine and Ammonia”. *Journal American Water Works Association*, 96 (2/February): 26–29.
- Ozone water Treatment, Excel water Technologies. 2001. Diakses dari <http://www.excelwater.com/eng/b2c/ozone.php>. pada 8 Januari 2013.
- Pal, L., M.K. Joyce, and P.D. Fleming. 2006. “A Simple Method for Calculation of the Permeability Coefficient of Porous Media”. *TAPPI Journal*.
- Pant, L.M., Mitra Sushanta K., and M. Secanell. 2012. “Absolute Permeability and Knudsen Diffusivity Measurements in PEMFC Gas Diffusion Layers and Micro Porous Layers”. *Journal of Power Sources*.
- pH Adjustment System. 2002. Diakses dari <http://www.pbadjustment.com/ph.html>, pada 7 Januari 2013.
- Peraturan Menteri Kesehatan, Nomor: 416/Men.Kes/Per/IX/1990, tentang *Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air*.
- Peraturan Menkes RI No.907/MENKES/SK/ VII/2002 tentang *Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum*.
- Reed, B., and R. Shaw. 1996. *Emergency Water Supply*. UK: WEDC Loughbrough University Leicestershire.

- Reverse Osmosis, US Department of The Interior, Bureau of Reclamation. 2012. Diakses dari [http://www.usbr.gov/lc/yuma/facilities/ydp/yao\\_ydp\\_operations\\_ro.html](http://www.usbr.gov/lc/yuma/facilities/ydp/yao_ydp_operations_ro.html), pada 10 Januari 2012.
- Rochem. 1999. *Water Desalination Reverse Osmosis System*.
- Said, N.I. 2002. *Pengolahan Air Kotor, Asin, dan Payau Menjadi Air Minum dengan Teknologi Reverse Osmosis*.
- Sari, E., T. Agung, dan R. Laksmono. 2010. *Pengaruh Tekanan Reverse Osmosis pada Pengolahan Air Kotor, Asin, dan Payau Menjadi Air Bersih*. Surabaya, Jawa Timur: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Schmitt, D., and C. Shinanault, Rapid Sand Filtration. 1998. Diakses dari <http://www.webapps.cee.vt.edu/envr/environmental/teach/wtprimer/rapid/rapid.html>, pada 7 Januari 2013.
- Sebayang dkk. 2012. *Manual Operational Unit Pengolahan Air Kotor, Asin, dan Payau Menjadi Air Bersih/Minum*.
- Suriawiria, C.T. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Tetuko, A.P., P. Sebayang, Muljadi, dan N. Indayaningsih. 2010. “Pembuatan Unit Pengolahan Air Kotor *Mobile* menjadi Air Bersih dan Layak Minum dengan Kapasitas 10 Liter/Menit”. *Jurnal Pemantauan Kualitas Lingkungan, Ecolab*, 4 (1): 48–54.
- Tetuko, A.P., D.S. Khaerudini, Muljadi, and P. Sebayang. 2009. “The Calculation of water Filter System with Capacity 10 liter/Minute for Flood water Filter Application”. *Proceeding of The 11th International Conference on QIR (Quality in Research)*. Faculty of Engineering, university of Indonesia. Depok, 3–6 August 2009.
- Tetuko, A.P., Muljadi, P. Sebayang, D.S. Khaerudini, and M. Ginting,. 2013. “Perancangan dan Konstruksi unit Pengolahan Air Kotor di UPT Balai Konservasi Biota laut–IPII”. *Proceeding of The 2nd International Conference on Theoretical and Applied Physics*, October 19–20 2012, Palangkaraya, Central Kalimantan, Indonesia.
- The Measurement of pH Definition, Standarts, and Procedures. 2001. *Report of The Working Part on pH, IUPAC Provisional Recommendation*.
- Ultraviolet Water Purification. 2012. Diakses dari <http://www.visual.ly/ultraviolet-water-purification>., pada 9 Januari 2013.
- Wenten, I.G. 1999. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

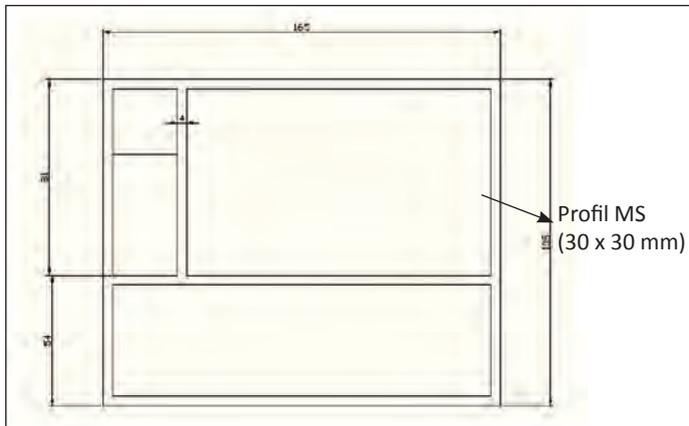
- World Health Organization. 2006. *Guidelines for Drinking-water Quality, Vol. 1, Recommendations, 3<sup>rd</sup> ed.*
- Zagorodni, A.A. 2007. *Ion Exchange Materials: Properties and Applications.* Elsevier.
- Diakses dari <http://www.lennotech.com/processes/disinfection/what-is/what-is-water-disinfection.htm>, pada tanggal 5 Desember 2012.



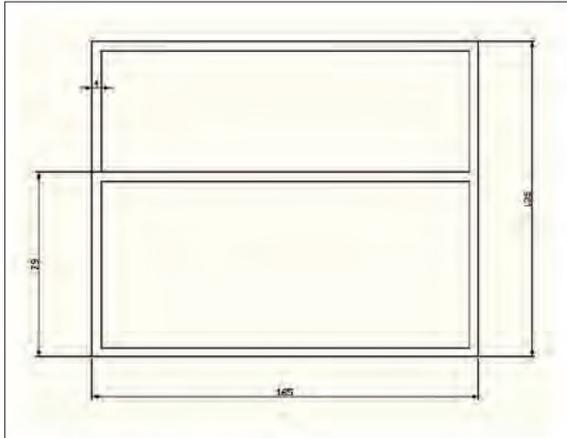
## Lampiran

# Gambar Teknik Unit Pengolahan Air Bersih/Minum

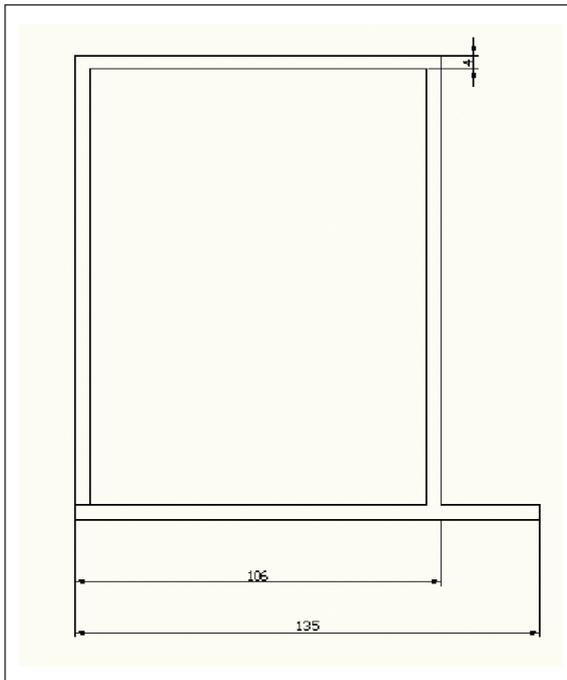
1. Gambar teknik dan layout pada unit pengolahan air bersih dan minum



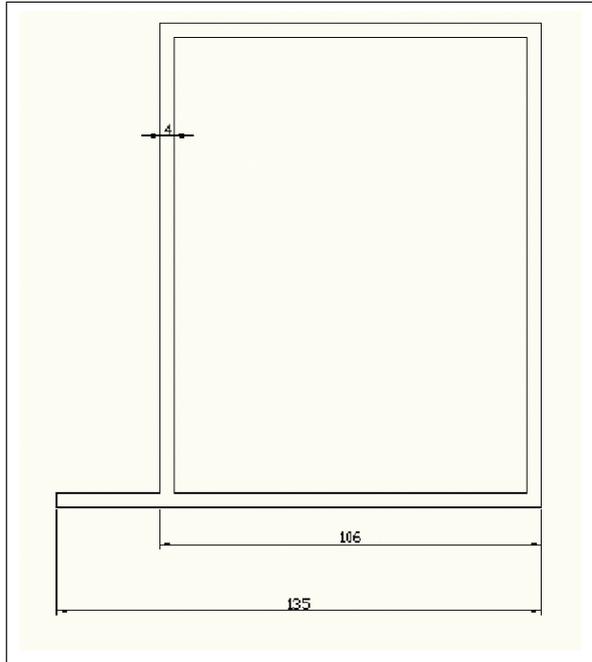
**Gambar L.1** Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak depan)



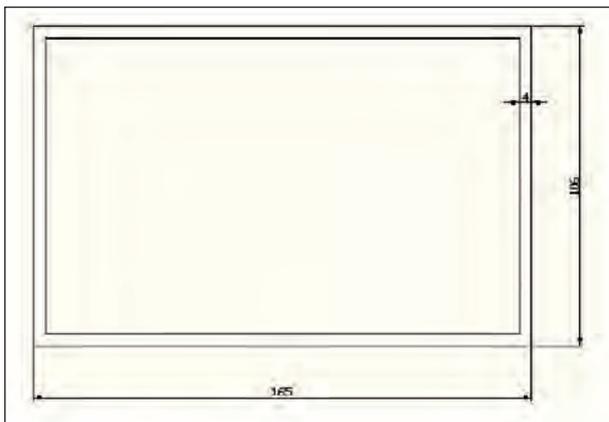
**Gambar L.2** Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak belakang)



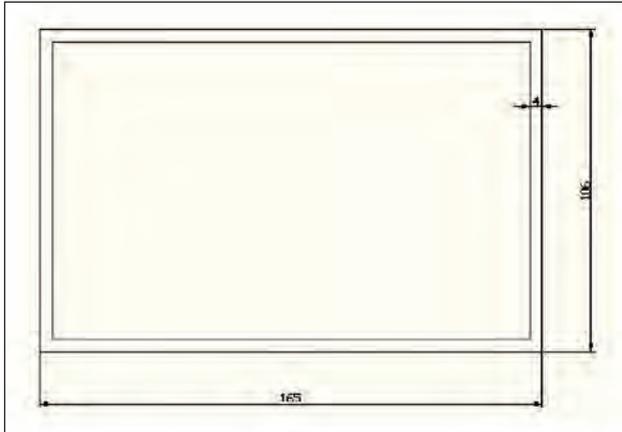
**Gambar L.3** Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak samping kanan)



**Gambar L.4** Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak samping kiri)

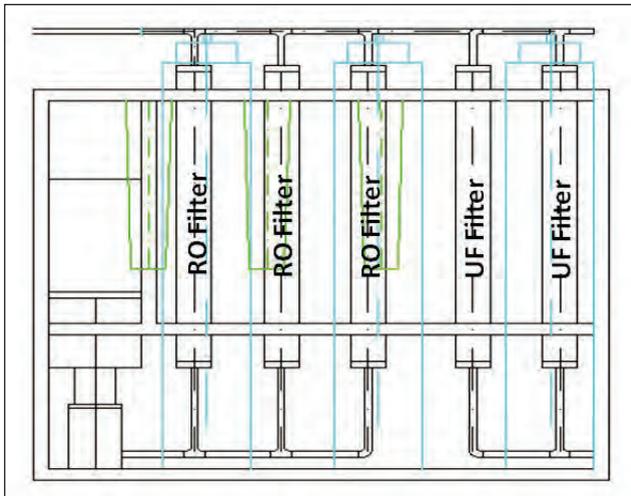


**Gambar L.5** Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak atas)

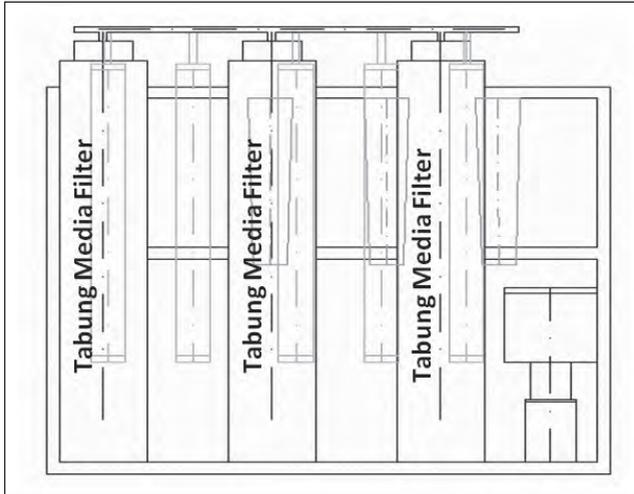


**Gambar L.6** Rangka-rangka unit pengolahan air bersih dan minum (tampak bawah)

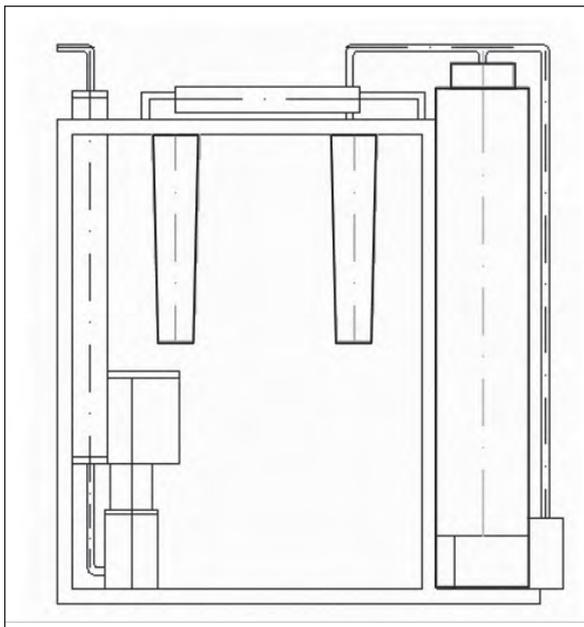
## 2. Gambar teknik unit pengolahan air bersih dan minum



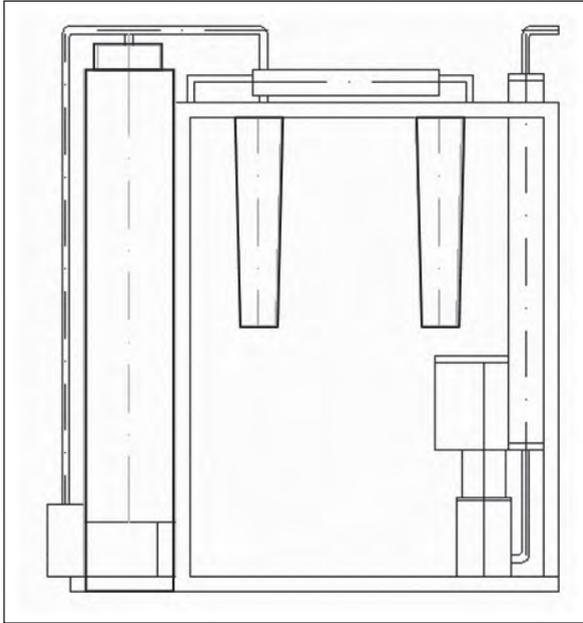
**Gambar L.7** Pandangan depan (RO dan UF Filter)



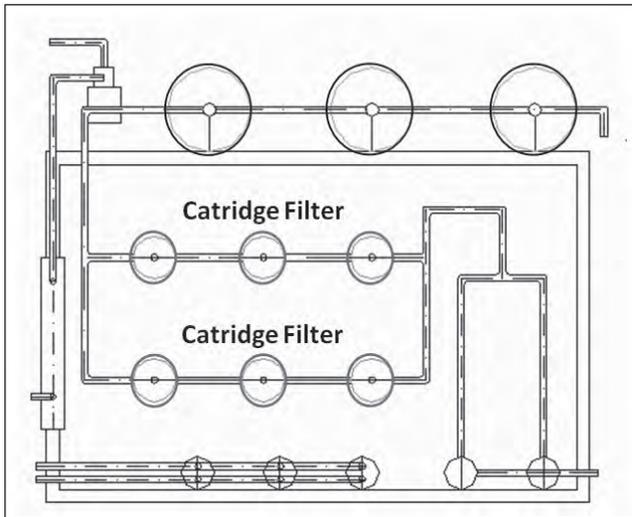
**Gambar L.8** Media filter (tampak belakang)



**Gambar L.9** Cartridge, RO, UF, dan media Filter (tampak samping kanan)

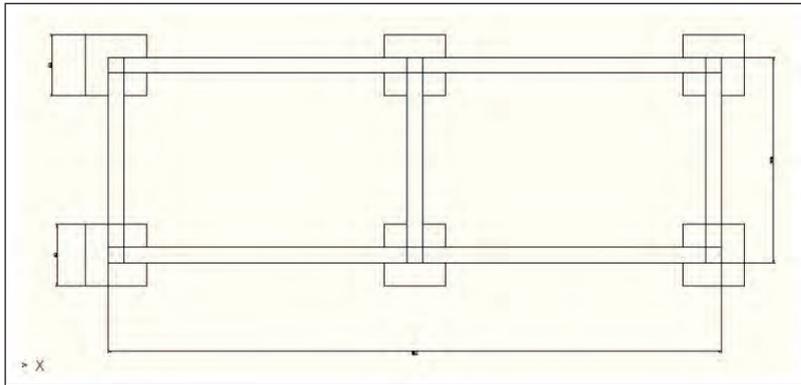


**Gambar L.10** Cartridge, RO, UF, dan media Filter (tampak samping kiri)

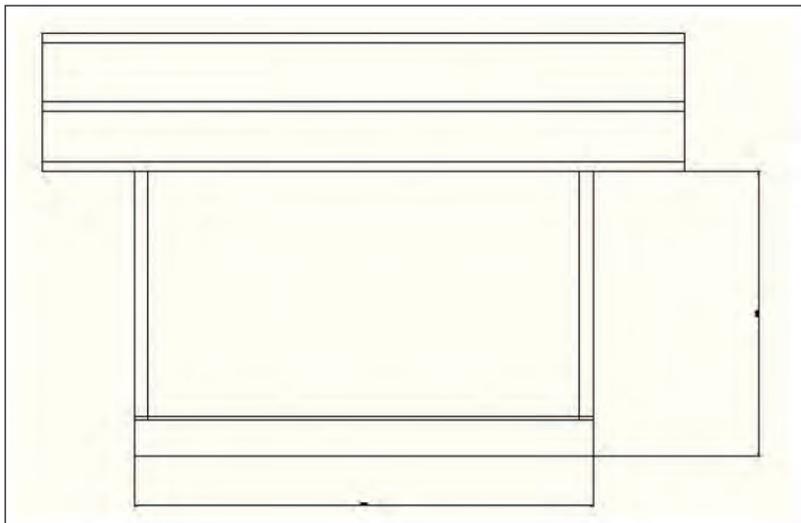


**Gambar L.11** Cartridge, RO, UF, dan media Filter (tampak atas)

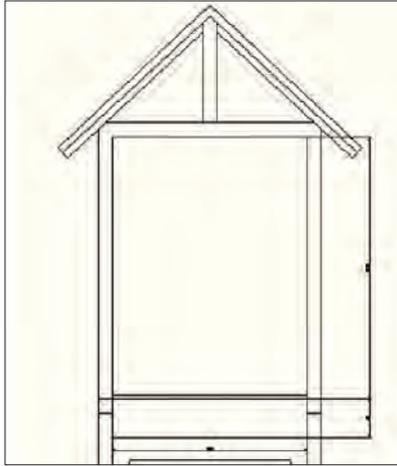
3. Gambar teknik pondasi dan bangunan unit pengolahan air bersih dan minum



**Gambar L.12** Pondasi (tampak atas)



**Gambar L.13** Bangunan (tampak depan)



**Gambar L.14** Bangunan (tampak samping kanan)

4. Foto unit pengolahan air bersih dan air minum yang telah dikembangkan oleh Pusat Penelitian Fisika LIPI dan implementasinya



**Gambar L.15** Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di Gang Salon RT/RW: 03/09, Jalan Tipar, Kecamatan Sukapura, Cakung, Jakarta Utara



**Gambar L.16** Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di daerah Sunter, Jakarta Utara



**Gambar L.17** Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di UPT Balai Konservasi Biota Laut LIPI, Ambon



**Gambar L.18** Unit pengolahan air bersih dan air minum yang terpasang di daerah Palangkaraya, Kalimantan Tengah

# SERTIFIKASI HASIL UJI ALAT PENGOLAH AIR RANCANGAN PUSLIT FISIKA LIPI



**KEMENTERIAN KESEHATAN RI**  
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT  
DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN  
BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN  
PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR JAKARTA  
Jl. Balai Rakyat No 2 Cakung Timur, Jakarta Timur 13918  
Telp. : (021) 46824247, Fax. : (021) 46824258 E-mail : btkfku@yahoo.com



**SERTIFIKAT HASIL UJI No. 121.K.ABS/1/2012**

Jenis air : Air bersih  
Berasal dari : LIPI Fisika, Kawasan PUSPITEK Serpong Tangerang  
Pengas : Lukman  
Diambil/diterima tgl. : 10-01-2012  
Lokasi pengambilan : Air bersih diambil dari gang salero RT 03/09, Jl. Tjap Kee, Sukapura Cakung Jakarta Utara

No Kode : LI-IV 410 0 4

**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**  
Berdasarkan Permenkes. R.I. No. 416/Menkes/Per/IX/1990, Tgl. 3 September 1990

No	Parameter yang diperiksa	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Metoda Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan
<b>I. FISIKA</b>						
1	Bau	-	-	Organoleptik	Tidak berbau	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut *	mg/l	1.500	SNI-06-2413-1991 butir 3.7	264	
3	Kekeruhan*	Skala NTU	25	SNI-06-2413-1991 butir 3.3	0,82	
4	Rasa	-	-	Organoleptik	Tidak berasa	Tidak berasa
5	Suhu *	°C	Suhu udara = 3,0 °C	SNI-06-6989.23-2001	25,4/26	
6	Warna	Skala TCU	50	SNI-06-6989.24-2001	3,0	
<b>II. KIMIA</b>						
<b>Kimia Anorganik</b>						
1	Air raksa*	mg/l	0,001	SNI-06-2912-1992	<0,0002	
2	Arsen*	mg/l	0,05	SNI-06-6989.54-2001	<0,003	
3	Besi *	mg/l	1,0	SNI-06-6989.4-2004	0,04	
4	Fluorida*	mg/l	1,5	SNI-06-6989.29-2001	0,4187	
5	Kadmium *	mg/l	0,005	SNI-06-6989.16-2001	<0,001	
6	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )*	mg/l	500	SNI-06-6989.12-2001	126,7	
7	Klorida*	mg/l	600	SNI-06-6989.19-2001	24,992	
8	Kromium val. 6	mg/l	0,05	SNI-19-1132-1989	<0,004	
9	Mangan *	mg/l	0,5	SNI-06-6989.5-2004	<0,1	
10	Nitrat, sebagai N	mg/l	10	SNI-06-2480-1991	0,626	
11	Nitrit, sebagai N*	mg/l	1,0	SNI-06-6989.9-2004	0,037	
12	pH *	-	6,5-9,0	SNI-06-6989.11-2001	6,73	Merupakan batas minimum & maksimum khusus air hujan pH minimum 5,5
13	Selenium*	mg/l	0,01	SNI-06-2478-1991/AMK/210/1/1/04/2008	0,001	
14	Seng *	mg/l	15,0	SNI-06-6989.7-2004	<0,019	
15	Sianida	mg/l	0,1	SNI-19-1504-1989	--	
16	Sulfat*	mg/l	400	SNI-06-6989.20-2001	<1.7301	
17	Timbal *	mg/l	0,05	SNI-06-6989.8-2004	0,007	
18	Zat Organik	mg/l	10,0	SNI-06-6989.22-2004	6,63	

Keterangan : tr = tidak terdeteksi, -- = tidak diperiksa, ° = Terakreditasi KAN LP 302 IDN  
Hasil pemeriksaan sesuai dengan sampel yang diterima/diambil

Jakarta, 17 Januari 2012

Mengetahui  
Ka. Sia Tokologi Laboratorium  
Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan  
Pemberantasan Penyakit Menular Jakarta  
  
R. S. S. S.  
NIP. 19720510199031003

Ka. Lab Instalasi KF. Zat Cair  
Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan  
Pemberantasan Penyakit Menular Jakarta  
  
Dwi Murtanti, SKM  
NIP. 197310221997032001



**KEMENTERIAN KESEHATAN RI**  
**DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN**  
**BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR JAKARTA**



Jl. Balai Besar No. 2 Cakrawal Timur, Jakarta Timur 13110  
 Telp. (021) 4882427, Faks. (021) 4882439, e-mail : balai@kacwaboo.com

**SERTIFIKAT HASIL UJI NO. 09/PE-ABS/2012**

Jenis Sampel / Air Bersih  
 Lokasi dan / UPTI Fisik, Kawalan Penyelok Samping Tumpang  
 Diambil/diambil oleh / No. Lukman 08133100723  
 Diambil/Tgl / 16/01/2012

No. Kade: EB.VA.1014

**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**

Trak pengambilan sampel	Dimensi Tgl/ Jam Pemeriksaan Tgl/ Jam	Hand Up		Baku Mula Permemas RI No. 416/Umbers/Per/1990
		MPN Index / 100 ml sampel	Total Coliform	
Air bersih diambil di Gong, Selor RT. 01/09 Bl. Tegar Soc. Sukapura Cakrawal, Jakarta Utara	10/01/2012/16.00 10/01/2012/13.00	7,8	10	90

**Keterangan:**

Metode pengujian bakteri total coliform - ATBA 21<sup>st</sup> ed 2005 9221 A, B, C  
 Metode pengujian bakteri total coliform - ATBA 21<sup>st</sup> ed 2005 9221 A, B, C, F  
 Hasil pemeriksaan sesuai dengan sampel yang diambil / ditransk.

Jakarta, 20 Januari 2012



Mawardi  
 Sekretaris Kepala Instalasi  
 Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan  
 Pemberantasan Penyakit Menular Jakarta

Ka. Ins. Lab. Biologi  
 Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan  
 Pemberantasan Penyakit Menular Jakarta

*(Signature)*  
 Anis Tahsin

Surp. 19660215198803001

NIP. 1962011419820312002

# DAFTAR INDEKS

## A

### air

air baku 14, 21, 24, 25, 37, 38, 39, 40, 43, 45, 47, 48, 51, 55

air bersih 1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 21, 24, 35, 37, 39, 43,  
44, 47, 49, 50, 51, 52, 55, 60, 69, 70, 71, 72, 76, 77, 78

air danau/situ 6, 7

air kotor 21, 23, 47, 51

air kotor, asin, dan payau 2, 5, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 40, 43, 47, 52

air laut 7, 8, 9, 27, 40

air minum 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 21, 30, 34, 35, 37, 50, 51,  
52, 70

air minum isi ulang 2, 10

air olahan 10, 24

air sumur 5, 9, 47

air sungai 6

air tanah 7, 40

air tawar 12, 16, 37, 40

sumber air minum 5, 6

teknologi pengolahan air 5, 12, 14, 43

aktivitas alpha 12

aktivitas beta 12

## B

baku mutu 8, 11, 12, 13

bernoulli 17, 18, 19

boron 7

## C

chlorida 8

curah hujan 10, 40

cyclone separator 23

## D

daerah aliran sungai 6

desalinasi 5, 8

disinfeksi 32, 33

## E

evaporasi 5, 7, 8, 9

## F

filter membran 30, 43

filtrasi 5, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 24, 26, 30, 31, 35, 43, 47, 50, 51

fluida 17, 18, 19

## H

head loss 19

hukum

Darcy 19, 21

kontinuitas 21

Reynold/s 17, 21, 22

Stoke 21, 22

## I

ionisasi/pertukaran ion 12, 31

## K

kadar salinitas 37

karbon aktif 14, 21, 28, 40, 47, 52

karbon organik 7

## L

laminar 17

## M

manganese greensand 21

mikrofiltrasi 29

media filter 14, 21, 22, 23, 43, 47, 48, 49, 51, 52, 55, 56, 58

membran

    membran reverse osmosis (RO) 8, 24, 34, 35, 55

    membran semipermeabel 12, 14, 34, 35, 48,57

    membran ultrafiltrasi 29, 30

    membran polimer 30

menyuling 12

molekul 12, 14, 16, 30, 34, 35, 36, 40

## N

nanofiltrasi 29

## O

osmosis 14, 36

## P

partikulat 7, 14

pasir silika 21

patogen 32  
presipitasi 7, 9  
pressure drop 19, 23

## R

radioaktivitas 12  
resin penukar ion 8  
reverse osmosis 7, 8, 14, 16, 21, 22, 35, 38, 40, 44, 50

## S

salinitas 8, 9, 10  
sedimen filter 14, 44, 49,  
senyawa 1  
silika 7, 14  
standar baku mutu 12, 13

## T

turbulen 17,

## U

ultrafiltrasi 29, 30, 31, 44, 49

## W

water borne disease 2

# TENTANG PENULIS

## **Prof. Drs. H. Perdamean Sebayang, M.Sc.**



Perdamean Sebayang dilahirkan di Tanjung Balai pada tanggal 5 Januari 1955. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana Fisika di Universitas Sumatra Utara (USU) pada tahun 1982, dan telah menyelesaikan pendidikan Magister Ilmu Material di Universitas Indonesia (UI) pada tahun 2000. Penulis merupakan peneliti senior di Pusat Penelitian Fisika LIPI dengan jabatan Profesor Riset (Peneliti Utama Golongan IV/e). Kepakaran penulis adalah dalam bidang Material Maju secara khusus untuk material keramik dan gelas. Pengalaman penulis di bidang pengolahan air antara lain sebagai peneliti dalam penelitian Pembuatan Unit Pengolahan Air Kotor *Mobile* Menjadi Air bersih dan Layak minum dengan Kapasitas 10L/menit program Kompetitif LIPI 2009–2010.

### **Ir. Muljadi, M.Sc., APU**



Muljadi dilahirkan di Surabaya pada tanggal 16 November 1957. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Kimia di Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya pada tahun 1982, dan telah menyelesaikan pendidikan Magister Ilmu Material di Universitas Indonesia (UI) pada tahun 2000. Penulis merupakan peneliti senior di Pusat Penelitian Fisika LIPI dengan jabatan Peneliti Utama Golongan IV/e. Kepakaran penulis adalah dalam bidang Material Maju. Pengalaman penulis di bidang pengolahan air antara lain sebagai peneliti dalam penelitian Pembuatan Unit Pengolahan Air

Kotor *Mobile* Menjadi Air bersih dan Layak minum dengan Kapasitas 10L/ menit program Kompetitif LIPI 2009–2010.

### **Anggito P. Tetuko, S.T., M.Eng.**



Anggito Pringgo Tetuko dilahirkan di Tangerang pada tanggal 2 November 1981. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah sarjana teknik mesin (konversi energi) di Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta pada tahun 2003 dan Master di bidang Mechanical Engineering (*heat transfer and fluid dynamics*) di The University of New South Wales, Sydney-Australia pada tahun 2012. Sejak tahun 2006 penulis tergabung sebagai staf peneliti dalam grup Rekayasa Material, Pusat Penelitian Fisika, LIPI. Sebelumnya penulis bekerja sebagai supervisor

*quality control* di PT Jalco Electronics (2004–2006). Penulis juga pernah aktif sebagai asisten dosen gambar teknik dan mesin (2002–2003) di Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.

### **Candra Kurniawan, S.Si.**

Candra Kurniawan dilahirkan di DKI Jakarta pada tanggal 3 Oktober 1988. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah Sarjana Fisika dari Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2010. Saat ini penulis tergabung sebagai staf peneliti dalam grup Rekayasa Material di Pusat Penelitian Fisika LIPI, Serpong. Penulis pernah



aktif sebagai asisten dosen dan asisten praktikum (eksperimen) untuk beberapa mata kuliah seperti Fisika Dasar, Fisika Modern, dan Eksperimen Fisika. Selain itu, penulis pernah mengajar di bimbingan belajar Bintang Pelajar, Bogor tahun 2009–2010; dan tutor untuk mata kuliah Fisika Dasar bagi mahasiswa Tingkat Persiapan Bersama IPB tahun 2008–2009. Penulis juga pernah bergabung dalam *Internship Program* di PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia (PT TMMIN) pada tahun 2010 di Divisi Administrasi Plant (*Cost and Warehouse*).

### **Ayu Yuswita Sari, S.Si.**



Ayu Yuswita Sari dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 26 Desember 1986. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah sarjana fisika di Universitas Airlangga tahun 2010. Saat ini penulis tergabung sebagai staf peneliti dalam grup Rekayasa Material, Pusat Penelitian Fisika, LIPI. Sebelumnya penulis pernah aktif sebagai asisten dosen fisika dasar di Universitas Airlangga dari tahun 2006–2008. Selain itu, penulis pernah mengikuti kerja praktik di PT Pertamina (Persero) di Laboratorium unit pelumas tahun 2008. Penulis juga pernah mengajar di Lembaga Bimbingan Belajar KSM, Surabaya pada tahun 2010.

**Lukman Faris Nurdiyansah, S.T.**



Lukman Faris Nurdiyansah dilahirkan di Malang pada tanggal 21 November 1986. Pendidikan formal yang telah ditempuh adalah Teknik Elektro di Politeknik Negeri Malang tahun 2007 dan Sarjana di Institut Teknologi Indonesia pada tahun 2012. Saat ini penulis tergabung sebagai staf dalam grup Rekayasa Material, Pusat Penelitian Fisika, LIPI. Sebelumnya penulis pernah bekerja di PT Printech Jaya Mandiri.

# Teknologi Pengolahan Air Kotor dan Payau

## Menjadi Air Bersih dan Layak Minum

Air merupakan sumber kehidupan terpenting yang dimiliki bumi. Bila tidak ada air maka hampir dipastikan tidak ada kehidupan di dunia ini. Oleh karena itu, penggunaan air sehemat dan seefisien mungkin sangat diperlukan untuk menyelamatkan sumber-sumber air yang ada dan menghindari pencemaran air dari polutan-polutan yang dapat merusak ekosistem kita. Pencemaran air tentu merusak lingkungan dan sudah tentu membutuhkan biaya pengolahan yang sangat mahal.

Ciri-ciri air bersih yang sehat/higienis adalah tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Selain itu, air tersebut juga harus bebas kontaminan, baik kimiawi maupun mikrobiologi. Kualitas air bersih tertuang pada PERMENKES Republik Indonesia Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990.

Pada buku ini diperkenalkan teknologi pengolahan air, khususnya dalam pemanfaatan air kotor, asin, dan payau menjadi air bersih dan air minum berbasis pengolahan air sistem filtrasi dengan media filter granular. Teknologi ini dilengkapi penyaringan secara ultrafiltrasi (UF), *reverse osmosis* (RO), dan ultra violet (UV) *sterilizer*.



**Distributor:**  
Yayasan Obor Indonesia  
Jl. Plaju No.10 Jakarta 10230  
Telp. (021) 319 26978, 3920114  
Faks. (021) 319 24488  
E-mail: [yayasan\\_obor@cbn.net.id](mailto:yayasan_obor@cbn.net.id)

LIPI Press

