

Penyediaan dan Pengolahan Air Minum (PPAM)

Rusdiana Setyaningtyas

Penyediaan dan Pengolahan Air Minum (PPAM)

Rusdiana Setyaningtyas

PT SAKTI DIGITAL KREASI

Penyediaan dan Pengolahan Air Minum (PPAM)

© Rusdiana Setyaningtyas, 2021 vi + 106 hlm; 15,5 cm x 23 cm

Penulis : Rusdiana Setyaningtyas Layout isi & Cover: @aba_tara

Cetakan Pertama, Januari 2021 ISBN

Diterbitkan pertama kali oleh:

PT SAKTI DIGITAL KREASI

Jl Letjend Suprapto XIV, Gang Casablanca, Cluster, Safira Garden No.25, Sumbersari, Jember-Jawa Timur

All Rights Reserved

Hak Cipta Dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

PENGANTAR

Rismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur pada Allah SWT atas tersusunnya buku ini. Buku ini ditujukan untuk masyarakat secara umum dan khususnya untuk mahasiswa yang ingin mempelajari sistem penyediaan dan pengolahan air minum secara fisik dan kimia. Buku ini dirancang sedemikian rupa agar pembaca dapat mempelajarinya secara mudah dan mandiri.

Buku ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

Bagian 1 : Penyediaan Air Minum

Bagian 2 : Proses Pengolahan Secara Fisik

Bagian 3 : Proses Pengolahan Secara Fisik – Kimia

Bagian 4 : Pemilihan Proses Pengolahan

yang tersusun atas 9 bab. Setiap bab dimulai dengan tujuan mempelajari bab yang bersangkutan dan garis besar isi dari bab tersebut. Tujuannya adalah agar pembaca memperoleh gambaran secara umum tentang materi yang akan dipelajarinya, sehingga mudah untuk memahaminya.

Terima kasih saya sampaikan kepada suami dan anak-anak saya, keluarga besar saya Bani H. Abdul Wachid, rekan kerja serta teman-teman seperjuangan atas motivasi, kepercayaan, kritik, koreksi, dan saran yang diberikan. Semoga buku ini bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan serta wawasan pembaca.

Jember, Januari 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

engan	tar	iii
		V
Tabe	l	ix
Gaml	bar	xi
	D. CV. N.	
	PENYEDIAAN AIR MINUM	
DDI	INICID DDINGID DENIVEDI AN AID MINIM	
		1
	*	1
		4
1.3		7
	1.3.1 Kualitas Air Baku	7
	1.3.2 Standar Kualitas Air Minum	15
1.4	Pengolahan Air Minum	20
	1.4.1 Tujuan Pengolahan Air Minum	20
	1.4.2 Konsep Pengolahan	20
ustak	a	26
	BAGIAN 2:	
PR	OSES PENGOLAHAN SECARA FISIK	
PEN	IYARINGAN KASAR (SCREENING)	29
2.1	Umum	30
2.2	Prinsip dan Fungsi Penyaringan Kasar	30
PEN	IGENDAPAN	35
3.1	Prasedimentasi	36
3.2	Sedimentasi	38
	PRI 1.1 1.2 1.3 1.4 Pustak PRI 2.1 2.2 PEN 3.1	1.2 Kebutuhan Air Minum 1.3 Kualitas Air Baku dan Air Minum 1.3.1 Kualitas Air Baku 1.3.2 Standar Kualitas Air Minum 1.4 Pengolahan Air Minum 1.4.1 Tujuan Pengolahan Air Minum 1.4.2 Konsep Pengolahan

BAB 4	FIL	TER	4.
	4.1	Filter Pasir Cepat	4:
	4.2	Filter Pasir Lambat	4
	4.3	Filter Membran	5
		4.3.1 Mikrofiltrasi	5
		4.3.2 Ultrafiltrasi	5
		4.3.3 Dialisis	5
		4.3.4 Elektrodialis	5
		4.3.5 Reverse Osmosis	5
	4.4	Filter Karbon Aktif	5
Daftar I	Pustak	a	6
		BAGIAN 3:	
		PROSES PENGOLAHAN AIR	
		SECARA FISIK – KIMIA	
D A D 5	VO.	ACHI ACI ELOZIII ACI	(
BAB 5		Washilan Partilal	6
		Kestabilan Partikel	6
		Proses Koagulasi – Flokulasi	7
	3.3	Pengadukan	/
BAB 6	PRF	ESIPITASI KIMIA	7
Di ID 0	6.1	Presipitasi Kimia	7
	_	Penurunan Kesadahan	7
		Penyisihan Besi dan Mangan	8
		6.3.1 Oksidasi dengan Oksigen	8
		6.3.2 Oksidasi dengan Khlor	8
		6.3.3 Oksidasi dengan Khlor Dioksida	8
		6.3.4 Oksidasi dengan Kalium Permanganat	8
		6.3.5 Oksidasi dengan Ozone	8
BAB 7	PEI	RTUKARAN ION (ION EXCHANGE)	8
	7.1	Teori Pertukaran Ion	8
	7.2		9
	–	Pengoperasian	9
	-		

BAB 8	DIS	INFEKSI	95
	8.1	Radiasi Ultra Violet	96
	8.2	Khlorinasi	98
	8.3	Desinfeksi dengan Ozone	103
Daftar P		a	110
		BAGIAN 4:	
	Pl	EMILIHAN PROSES PENGOLAHAN	
BAB 9	DIA	GRAM ALIR PROSES PENGOLAHAN AIR	
	MI	NUM BERDASAR AIR BAKU	113
	9.1	Diagram Alir Proses Pengolahan Air Minum	113
	9.2	Proses Pengolahan Air Permukaan	114
		9.2.1 Air Sungai	115
		9.2.2 Air Danau	115
		9.2.3 Air Payau	116
		9.2.4 Air Gambut	116
	9.3	Proses Pengolahan Air Tanah	117
		9.3.1 Air Tanah dengan Kadar Besi dan Mangan	
		Tinggi	117
		9.3.2 Air Tanah dengan Kadar Kalsium dan	
		Magnesium Tinggi	118
		9.3.3 Air Tanah Payau	118
		9.3.4 Air dari Mata Air	119
Daftar P	ustak	a	123
TENTA	NG 1	PENULIS	125

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Karakteristik Umum Air Permukaan dan Air Tanah	12
Tabel 1.2	Baku Mutu Air Kelas Satu (Air Baku Air Minum)	13
Tabel 1.3	Persyaratan Kualitas Air Minum	15
Tabel 1.4	Diskripsi Unit Pengolahan Air Minum	23
Tabel 4.1	Kriteria untuk Filter Pasir Cepat dan Filter	
	Pasir Lambat	49
Tabel 4.2	Jenis – jenis Filter Membran	51
Tabel 5.1	Beberapa Jenis Koagulan dalam Praktek	
	Pengolahan Air	69
Tabel 7.1	Koefisien Selektifitas Relatif beberapa Kation	88
Tabel 7.2	Koefisien Selektifitas Relatif beberapa Anion	89
Tabel 8.1	Keuntungan dan Kerugian Radiasi Últraviolet	
	sebagai Disinfektan	98
Tabel 8.2	Keuntungan dan Kerugian Khlor Dioksida	
	sebagai Disinfektan	101
Tabel 8.3	Dosis Khlor yang diperlukan untuk Disinfeksi	103
Tabel 8.4	Keuntungan dan Kerugian Ozone	
	sebagai Disinfektan	107
Tabel 8.5	Perbandingan Berbagai Bahan Disinfektan	108
Tabel 9.1	Pemilihan Unit Operasi dan Proses untuk Pengolahan	
	Kontaminan Tertentu	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram alir sistem penyediaan air minum		
Gambar 1.2	Karakteristik kualitas air		
Gambar 1.3	Tahap pengolahan berdasarkan dimensi polutan		
Gambar 1.4	Dimensi polutan dan metode pemisahannya		
Gambar 2.1	Skema screening		
Gambar 2.2	Bangunan intake		
Gambar 2.3	Potongan memanjang saluran dilengkapi Bar Screen		
Gambar 2.4	Pembersihan screen: (a) cara manual,		
	(b) cara mekanis		
Gambar 3.1	Proses Pengendapan partikel diskrit dan flokulen		
Gambar 3.2	Pola Pengendapan partikel diskrit		
Gambar 3.3	Bak Sedimentasi berbentuk segi empat		
Gambar 3.4	Bak Sedimentasi berbentuk lingkaran-center feed		
Gambar 3.5	Bak Sedementasi berbentuk lingkaran-periferal feed		
Gambar 3.6	Bagian – bagian bak sedimentasi		
Gambar 3.7	Settler pada bak sedimentasi		
Gambar 4.1	Operasi pengaliran air pada filter		
Gambar 4.2	Bagian – bagian filter		
Gambar 4.3	Aliran air pada saat operasi filter		
Gambar 4.4	Aliran air saat pencucian filter		
Gambar 4.5	Skema filter pasir lambat		
Gambar 4.6	Rentang teknik pemisahan dengan membran		
	dibandingkan dengan teknik lain (Reynolds, 1996)		
Gambar 4.7	Prinsip elektrodialisis		
Gambar 4.8	Osmosis dan reverse osmosis (Reynolds, 1996)		
Gambar 4.9	Sketsa reverse osmosis kontinyu		
Gambar	Sistim adsorpsi fixed-bed		
4.10			
Gambar 5.1	Ringkasan proses Koagulasi – Flokulasi		
Gambar 5.2	Pengaruh pH terhadap kelarutan Fe(III) pada		
	temperatur 25°C (Fair et al., 1981)		
Gambar 5.3	Pengadukan cepat dengan alat pengaduk		

Gambar 5.4	Pengadukan lambat dengan alat pengaduk			
Gambar 5.5	Pengadukan cepat dengan terjunan			
Gambar 5.6	Denah pengadukan lambat dengan baffle channel			
Gambar 5.7	Pengadukan cepat secara pneumatis			
Gambar 6.1	Alur proses presipitasi	76		
Gambar 6.2	Pengaruh pH terhadap kesetimbangan sistim karbonat (Fair et al., 1981)	78		
Gambar 6.3	Split treatment pada penurunan kesadahan	80		
Gambar 6.4	Diagram alir proses penurunan kesadahan dengan			
	kapur-soda	81		
Gambar 7.1	Proses pertukaran ion	86		
Gambar 7.2	Kolom pertukaran ion: (a) tahap operasi,			
	(b) backwash	93		
Gambar 8.1	Ilustrasi proses disinfeksi	96		
Gambar 8.2	Pengaruh pH pada distribusi asam hipokhlor dan ion			
	hipoklorit pada temperatur 20°C (Sawyer, 1994)	99		
Gambar 8.3	Grafik khlorinasi dengan breakpoint (Alaerts, 1987)	101		
Gambar 8.4	Skema sel pembentukan ozone	104		
Gambar 8.5	Bak kontak ozone	106		
Gambar 9.1	Diagram alir proses pengolahan air sungai	115		
Gambar 9.2	Diagram alir proses pengolahan air danau	116		
Gambar 9.3	Diagram alir proses pengolahan air rawa bersifat			
	payau	116		
Gambar 9.4	Diagram alir proses pengolahan air gambut dan			
	partikel koloid tinggi	117		
Gambar 9.5	Diagram alir proses pengolahan air gambut	117		
Gambar 9.6	Diagram alir proses pengolahan air tanah berkadar			
	besi dan mangan tinggi	118		
Gambar 9.7	Diagram alir proses pengolahan air tanah dengan			
	kesadahan tinggi	118		
Gambar 9.8	Diagram alir proses pengolahan air tanah bersifat			
	payau	119		
Gambar 9.9	Diagram alir proses pengolahan air dari mata air	119		

BAGIAN 1

PENYEDIAAN AIR MINUM

Setelah mempelajari bab-bab di bagian 1 ini, pembaca dapat memahami dan mampu menjelaskan prinsip- prinsip penyediaan air minum yang meliputi sistim pengumpulan air, pengolahan air, sistem transmisi, sistem distribusi air minum, standar persyaratan kualitas - kuantitas – kontinyuitas, pemilihan dan penetapan diagram alir unit proses pengolahan didasarkan pada dimensi materi polutan yang harus dipisahkan.

вав 1

PRINSIP-PRINSIP PENYEDIAAN AIR MINUM

1.1 Komponen Penyediaan Air Minum

Penyediaan air minum merupakan rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan upaya menyediakan air dari sumber air hingga diterima oleh konsumen. Komponen penyediaan air minum meliputi (lihat Gambar 1.1):

- a. Pengumpulan air (air baku) dari sumbernya
- b. Pengolahan air
- c. Transmisi (mengalirkan air dari sumber air atau instalasi pengolahan air menuju daerah pelayanan)
- d. Distribusi (mengalirkan air ke konsumen di daerah pelayanan)

Daftar Pustaka

- Anonim (2010), Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Kementerian Kesehatan, Jakarta.
- Degremont (1991), Water Treatment Handbook, 6th edition volume 1, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Fair, Gordon M., Geyer, John C., dan Okun, Daniel A. (1981), Water and Wastewater Engineering, Volume 2: Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal, John Wiley and Sons Inc. New York.
- Kawamura, Susumu (1991), Integrated Design of Water Treatment Facilities, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. (2000), Water Work Engineering: Planning, Design & Operation, Prentice Hall PTR, Texas.
- Reynolds. Tom D, Richards, Paul A. (1996), *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, Second Edition, PWS Publishing Company.

BAGIAN 2

PROSES PENGOLAHAN AIR SECARA FISIK

Setelah mempelajari bab-bab di bagian 2 ini, pembaca dapat memahami dan mampu menjelaskan proses pengolahan air secara fisik, yaitu proses pengendapan, penyaringan untuk materi berukuran besar sampai dibawah 100 mikrometer dan proses penyisihan polutan dengan penyerapan atau adsorpsi.

BAB 2

PENYARINGAN KASAR (SCREENING)

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa dapat menjelaskan prinsip penyaringan benda-benda kasar yang terapung di air dengan screening (Gambar 2.1). Ringkasan bab ini adalah sebagai berikut:

- 1. Penyaringan kasar merupakan unit pertama dari instalasi pengolahan air minum karena fungsinya menyisihkan benda berukuran besar
- 2. Prinsip kerja Penyaringan adalah melewatkan air melalui lubang atau celah dengan ukuran bukaan lebih kecil dari ukuran benda benda yang hendak dipisahkan.
- 3. Energi pemisahan diperoleh dari energi hidrolik dengan aliran air secara gravitasi.
- 4. Metode pembersihan benda benda yang tersaring dalam media penyaring dapat dilakukan secara manual atau mekanis.

B A B 3

PENGENDAPAN

Setelah mempelajari bab ini, pembaca dapat menjelaskan prinsip pengendapan (Gambar 3.1) untuk menyisihkan partikel yang terdapat di dalam air baku. Ringkasan materi bab ini adalah sebagai berikut:

- 1. Proses pengendapan partikel berlangsung secara gravitasi dalam air yang mengalir secara horisontal.
- 2. Ditinjau dari jenis partikel yang diendapkan, pengendapan dibedakan menjadi prasedimentasi (mengendapakan partikel diskret) dan sedimentasi (mengendapakan partikel flokulen).
- 3. Bak pengendap ideal tersusun oleh empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona lumpur, dan zona outlet.

BAB 4 FILTER

Setelah mempelajari bab ini, pembaca dapat menjelaskan prinsip filtrasi dengan berbagai jenis filter dan media. Operasi pengaliran air pada berbagai filter dapat dilihat pada Gambar 4.1. Ringkasan materi bab ini adalah sebagai berikut:

- 1. Mekanisme filtrasi yang dominan dalam filter pasir cepat adalah mechanical straining, yaitu tertangkapnya partikel oleh media filter karena ukuran partikel lebih besar daripada ukuran poripori media, sedangkan mekanisme filtrasi dalam filter pasir lambat adalah proses biologis.
- 2. Filtrasi dengan membran ditujukan untuk menyaring bahan berukuran molekuler dan ionik. Untuk berlangsungnya filtrasi ini, diperlukan driving force, seperti perbedaan konsentrasi, potensial listrik, perbedaan tekanan, dan sebagainya.
- 3. Filter karbon aktif merupakan media untuk proses adsorpsi yang ditujukan untuk menghilangkan bahan organik dalam air.

Daftar Pustaka

- Art Ludwig (2006), Slow Sand Filtration, Water Storage (book),
 Water Central,
 http://www.oasisdesign.net/water/treatment/slowsandfilter.htm.
- Degremont (1991), Water Treatment Handbook, 6th edition volume 2, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Droste, Ronald L. (1997), Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Fair, Gordon M., Geyer, John C., dan Okun, Daniel A. (1981), Water and Wastewater Engineering, Volume 2: Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Kawamura, Susumu (1991), Integrated Design of Water Treatment Facilities, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. (2000), Water Work Engineering: Planning, Design & Operation, Prentice Hall PTR, Texas.
- Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A. (1996), *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, PWS Publishing Company, Boston.
- Schulz, C.R. dan Okun, Daniel A. (1984), Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries, John Wiley & Sons Inc., New York.

Filter 61

BAGIAN 3

PROSES PENGOLAHAN AIR SECARA FISIK-KIMIA

Setelah mempelajari bab-bab di bagian 3 ini, pembaca dapat memahami dan mampu menjelaskan proses pengolahan air secara fisik-kimia, yaitu proses koagulasi-flokulasi, presipitasi kimia, pertukaran ion (ion exchange), dan disinfeksi.

B A B 5

KOAGULASI-FLOKULASI

Setelah mempelajari bab ini, pembaca dapat menjelaskan proses koagulasi-flokulasi yang dapat dijelaskan secara ringkas pada Gambar 5.1, dengan penjelasan sebagai berikut:

- 1. Partikel koloid tidak bisa mengendap karena bersifat stabil.
- 2. Kestabilan koloid dapat diganggu dengan penambahan koagulan dan pengadukan cepat
- 3. Partikel yang tidak stabil cenderung untuk saling berinteraksi dan bergabung membentuk flok yang berukuran besar.

B A B 6

PRESIPITASI KIMIA

Setelah mempelajari bab ini, pembaca dapat menjelaskan prinsip penyisihan polutan kimiawi dengan cara penambahan bahan kimia sehingga terbentuk presipitat yang mudah diendapkan. Ringkasan bab ini adalah sebagai berikut:

- 1. Prinsip presipitasi kimia adalah reaksi oksidasi-reduksi yang membutuhkan kondisi lingkungan (pH, waktu, temperatur, konsentrasi) tertentu.
- 2. Reaksi yang terjadi antara konstituen dalam air dengan bahan kimia yang ditambahkan menghasilkan presipitat (lihat Gambar 6.1) yang mudah diendapkan.

в а в 7

PERTUKARAN ION (ION EXCHANGE)

Setelah mempelajari bab ini, pembaca dapat menjelaskan prinsip proses pertukaran ion (Gambar 7.1) dan aplikasinya dalam pengolahan air minum. Ringkasan bab ini adalah sebagai berikut:

- 1. Prinsip pertukaran ion adalah selektifitas, artinya ion yang mempunyai koefisien selektifitas besar mampu menggantikan ion lain di resin yang koefisien selektifitasnya lebih kecil.
- 2. Empat tahap pengoperasian penukar ion: (1) service, (b) backwash, (c) regenerasi, (d) pembilasan.



DISINFEKSI

Setelah mempelajari bab ini, pembaga dapat menjelaskan prinsip desinfeksi dengan berbagai metoda untuk mendapatkan air yang memenuhi persyaratan mikrobiologis. Ringkasan bab ini adalah sebagai berikut:

- 1. Mekanisme desinfeksi dengan radiasi ultra violet adalah penetrasi sinar menembus dinding sel dan terjadi gangguan pada replikasi sel. Oleh karena itu, sinar UV harus mengenai langsung pada mikroorganisme (tidak ada halangan).
- 2. Desinfeksi dengan senyawa klor memerlukan residu untuk bisa berfungsi membunuh mikroorganisme, namun residu ini yang menimbulkan produk samping bila dalam air terdapat bahan organik alami.
- 3. Ozone sangat cepat mematikan bakteri, virus, dan spora, namun diperlukan biaya yang besar karena harus diproduksi di tempat instalasi dengan energi listrik yang tinggi.

Daftar Pustaka

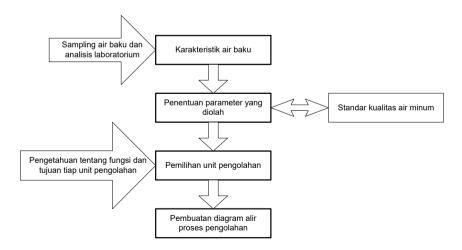
- Alaerts, G. dan Santika, Sri S. (1987), *Metoda Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Benefild, L.D. (1982), *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Droste, Ronald L. (1997), *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Fair, Gordon M., Geyer, John C., dan Okun, Daniel A. (1981), Water and Wastewater Engineering, Volume 2: Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Kawamura, Susumu (1991), Integrated Design of Water Treatment Facilities, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. (2000), Water Work Engineering: Planning, Design & Operation, Prentice Hall PTR, Texas.
- Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A. (1996), *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, PWS Publishing Company, Boston.
- Sawyer, Clair N., McCarty, Perry L. dan Parkin, Gene F. (1994), *Chemistry for Environmental Engineering*, 4th edition, McGraw-Hill Inc. New York.
- Schulz, C.R. dan Okun, Daniel A. (1984), Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries, John Wiley & Sons Inc., New York.

BAGIAN 4

PEMILIHAN PROSES PENGOLAHAN

Setelah mempelajari bagian 4 ini, pembaca dapat merangkai diagram alir proses pengolahan air minum dengan air baku yang bermacam-macam. Urutan pembuatan diagram alir ini seperti pada gambar di bawah. Bagian 4 ini terdiri dari I bab, yaitu bab 9 dengan ringkasan sebagai berikut:

- 1. Sumber air atau karakteristik air yang berbeda akan menghasilkan diagram alir yang berbeda.
- 2. Faktor penting dalam membuat diagram alir adalah pengetahuan tentang tujuan dan fungsi dari semua unit operasi dan unit proses, atau metoda penyisihan polutan tertentu.



Urutan pembuatan diagram alir proses pengolahan air baku



DIAGRAM ALIR PROSES PENGOLAHAN AIR MINUM BERDASAR AIR BAKU

9.1. Diagram Alir Proses Pengolahan Air Minum

Diagram alir pengolahan air minum merupakan diagram yang menggambarkan aliran proses dalam pengolahan air minum. Diagram alir proses paling tidak meliputi:

- a. Semua unit proses dan unit operasi dalam urutan yang benar.
- b. Semua pipa/saluran yang menghubungkan antar proses.
- c. Semua bahan kimia yang digunakan dan titik pembubuhannya.
- d. Semua peralatan yang diperlukan sebagai pelengkap unit pengolahan, misal pompa, blower, tabung gas, valve, flow meter, *sampling point*, dan lain-lain.

Faktor penting dalam membuat diagram alir adalah pengetahuan tentang tujuan dan fungsi dari semua unit operasi dan unit proses, atau metoda penyisihan polutan tertentu. Pemilihan unit proses dan unit operasi tergantung pada:

- a. Karakteristik air baku
- b. Karakteristik air yang akan dihasilkan
- c. Pertimbangan biaya investasi dan biaya operasi dan pemeliharaan
- d. Ketersediaan lahan

Prosedur berikut dapat dijadikan sebagai acuan dalam menyusun diagram alir proses pengolahan air minum:

- 1. Inventarisasi data karakteristik air baku dan tentukan tujuan pengolahan.
- 2. Bandingkan kualitas air baku dengan standar kualitas air minum atau standar lain sesuai tujuan pengolahan.
- 3. Tentukan parameter kualitas air yang akan dihilangkan/diturunkan.
- 4. Pilih unit operasi dan unit proses yang dapat menghilangkan/menurunkan kadar dari parameter kualitas tersebut (lihat Tabel 1.4 dan Tabel 9.1).
- 5. Urutkan masing-masing unit tersebut dengan urutan yang benar (ingat: konsep pengolahan berdasar dimensi polutan) dan hubungkan dengan anak panah.
- 6. Bila terdapat pembubuhan bahan kimia, tentukan titik pembubuhannya.
- 7. Tentukan lokasi semua peralatan/perlengkapan lain yang diperlukan (pompa, valve, flow meter, titik sampling, dan lainlain).

Pada bagian berikut diberikan contoh pembuatan diagram alir proses pengolahan air dari berbagai sumber air baku (air permukaan dan air tanah). Diagram alir yang dibuat ini hanya berdasar pada karakteristik umum dari masing-masing sumber air. Untuk tujuan perancangan pengolahan air minum, maka harus dilakukan karakterisasi yang lebih spesifik (analisis laboratorium) pada sumber air baku yang akan dimanfaatkan.

9.2. Proses Pengolahan Air Permukaan

Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan (lihat Tabel 1.1).

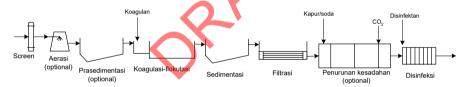
Parameter yang perlu diperhatikan adalah parameter yang kadarnya signifikan besar atau melebihi nilai baku mutu air minum.

9.2.1. Air Sungai

Karakteristik umum air sungai adalah terdapat kandungan partikel tersuspensi atau koloid. Oleh karena itu, unit pengolahan air paling tidak terdiri atas:

- Koagulasi-flokulasi
- Sedimentasi
- Filtrasi
- Disinfeksi

Bila air sungai mempunyai kekeruhan atau kadar lumpur yang tinggi, maka diperlukan tambahan unit *pretreatment* meliputi screen dan prasedimentasi. Bila kadar oksigen sangat rendah, maka diperlukan tambahan unit aerasi. Bila terdapat kandungan kesadahan yang tinggi, maka diperlukan tambahan unit penurunan kesadahan (presipitasi dengan kapur/soda-sedimentasi-rekarbonasi). Diagram alir proses pengolahan air sungai secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 9.1.



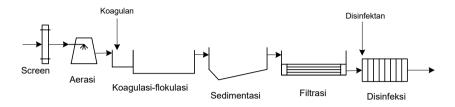
Gambar 9.1 Diagram alir proses pengolahan air sungai

9.2.2. Air Danau

Karakteristik air danau umumnya menyerupai air sungai, yaitu terdapat kandungan koloid. Karakteristik yang spesifik adalah kandungan oksigen rendah karena umumnya air danau relatif tidak bergerak, sehingga kurang teraerasi. Dengan karakteristik umum demikian, maka diperlukan unit pengolahan sebagai berikut:

- Aerasi
- Koagulasi-flokulasi
- Sedimentasi
- Filtrasi
- Disinfeksi

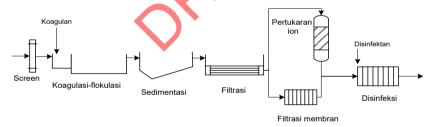
Diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 9.2.



Gambar 9.2 Diagram alir proses pengolahan air danau

9.2.3. Air Payau

Air permukaan yang bersifat payau (kadar garam sekitar 5000 – 10000 mg/l) berada di daerah rawa di pesisir. Selain kadar garam, karakteristik air rawa ini hampir sama dengan air sungai, sehingga diperlukan proses pengolahan berupa koagulasi-flokulasi – sedimentasi – filtrasi ditambah dengan unit pengolahan untuk menurunkan kadar garam, misal pertukaran ion atau filtrasi membran (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dialisis, elektrodialisis, reverse osmosis). Diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 9.3.

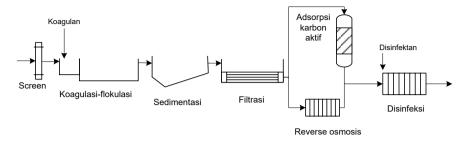


Gambar 9.3 Diagram alir proses pengolahan air rawa bersifat payau

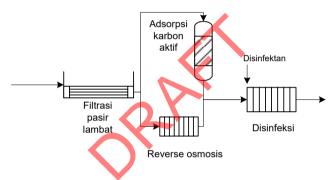
9.2.4. Air Gambut

Air gambut adalah air yang kandungan bahan organik alamiahnya tinggi, terutama asam humat dan asam fulvat. Oleh karena itu diperlukan unit pengolahan untuk menghilangkan bahan-bahan ini, misal slow sand filter (bila kandungan koloid rendah) atau adsorpsi karbon aktif atau reverse osmosis. Jika air gambut tersebut mengandung koloid tinggi, maka

diperlukan unit pengolahan berupa koagulasi-flokulasi – sedimentasi – filtrasi. Gambar 9.4 dan 9.5 menunjukkan diagram alir proses pengolahan air gambut.



Gambar 9.4 Diagram alir proses pengolahan air gambut dan partikel koloid tinggi



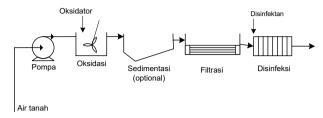
Gambar 9.5 Diagram alir proses pengolahan air gambut

9.3. Proses Pengolahan Air Tanah

Rancangan proses pengolahan air tanah menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air tanah (lihat Tabel 1.1). Karakteristik umum air tanah adalah kekeruhan atau padatan tersuspensi rendah, sehingga tidak diperlukan unit koagulasi-flokulasi – sedimentasi – filtrasi. Pengolahan hanya ditujukan pada parameter yang kadarnya signifikan besar atau melebihi nilai baku mutu air minum.

9.3.1. Air Tanah dengan Kadar Besi dan Mangan Tinggi

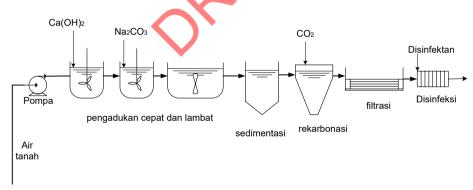
Air tanah biasanya diambil dengan cara pemompaan. Kadar besi dan mangan yang tinggi dalam air tanah dapat dikurangi dengan cara oksidasi dengan oksigen klor, klor dioksida, kalium permanganat, atau ozone. Presipitat yang terbentuk akibat oksidasi ini diendapkan di bak pengendap atau langsung difilter. Diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 9.6.



Gambar 9.6 Diagram alir proses pengolahan air tanah berkadar besi dan mangan tinggi

9.3.2. Air Tanah dengan Kadar Kalsium dan Magnesium Tinggi

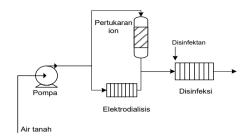
Kadar kalsium dan magnesium yang tinggi dalam air tanah menyebabkan kesadahan yang tinggi. Kesadahan dapat dikurangi dengan presipitasi menggunakan kapur dan/atau soda. Presipitat yang terbentuk akibat penambahan kapur/soda ini diendapkan di bak pengendap. Setelah itu perlu ditambah CO₂ untuk mengurangi kadar kapur berlebih.. Diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 9.7.



Gambar 9.7 Diagram alir proses pengolahan air tanah dengan kesadahan tinggi

9.3.3. Air Tanah Payau

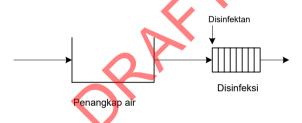
Parameter air yang harus dihilangkan kadarnya pada air tanah payau ini adalah kadar garam. Dengan teknik filtrasi membran (terutama elektrodialisis) atau pertukaran ion, kadar garam dalam air payau dapat dihilangkan. Diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 9.8.



Gambar 9.8 Diagram alir proses pengolahan air tanah bersifat payau

9.3.4. Air dari Mata Air

Air dari mata air atau air tanah yang telah memenuhi semua persyaratan kualitas air minum tidak memerlukan proses pengolahan. Namun demikian tetap harus didisinfeksi untuk menjamin keamanan konsumen dari segi mikrobiologis. Diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 9.9.



Gambar 9.9 Diagram alir proses pengolahan air dari mata air

Tabel 9.1 Pemilihan Unit Operasi dan Proses untuk Pengolahan Kontaminan Tertentu (Notasi mengacu pada Tabel 1.4)

Penyisihan Kontaminan	Proses	Keterangan
Kekeruhan	a. In-line filtrasi (G+J)	Digunakan untuk air yang mengandung tingkat kekeruhan dan warna yang rendah
	b. Direct filtrasi (G+H+J)	Digunakan untuk air yang mempunyai kandungan kekeruhan rendah sampai sedang dan kandungan warna rendah sampai sedang

	c. Konvensional (G+H+I+J)	Digunakan untuk tingkat kekeruhan dan warna rendah dan tinggi
Alga dan plankton	a. Microstainer (C)	Microstainer tidak mampu menangani lanau/silt, pasir dan material kasar lainnya
	b. Konvensional (G+H+I+J)	Tingkat populasi alga dan plankton yang tinggi sulit dikoagulasi. Mereka biasanya mengapung.
Warna	a. Oksidasi (ozon, clorin dioksida, potassium permanganat) (F)	Digunakan pada air yang mempunyai tingkat warna yang rendah
	b. Koagulasi pH rendah (G+H)	Digunakan pada air yang mempunyai tingkat warna rendah sampai tinggi (bentuk alum lebih baik dari garam besi). pH optimum 5-6
	c. Adsorpsi (N)	Digunakan untuk air yang mempunyai tingkat warna yang rendah sampai sedang.
	d. Adsorpsi (N/GAC)	Digunakan untuk air yang mempunyai tingkat warna terlarut sedang sampai rendah untuk kontrol rutin
	e. Ion-exchange (J+TI)	Bed resin sintetis setelah filtrasi menyisihkan warna terlarut yang berasal dari industri.
Besi dan mangan	a. Oksidasi (D+F+I)	Besi dan mangan dihilangkan dengan oksidasi dan presipitasi
	b. Presipitasi (D+K)	Besi dan mangan dipresipitasi dengan aerasi pada pH tinggi. Kapur biasanya digunakan untuk menaikkan pH
	c. Konvensional (G+H+I)	Besi dan mangan dihilangkan dengan koagulasi-flokulasi konvensional
	d. Ion-exchange (TI)	Resin ion exchange selektif biasanya digunakan untuk penyisihan Fe dan Mn dari air tanah.
Rasa dan bau (T&O)		Pengendalian di sumber mencegah pembentukan dan sampainya bahan- bahan T&O ke dalam reservoir. Pengendalian tumbuhan air dan alga

		akan mereduksi bahan-bahan penyebab T&O.
	a. Oksidasi (D atau F)	Aerasi pada reservoir, di awal instalasi, dan di unit pengolahan dapat mereduksi T&O. Oksidasi dengan klor bebas mungkin menyebabkan pembentukan THM
	b. Adsorpsi (N/PAC atau GAC)	PAC digunakan untuk T&O sedang dan <i>intermittent</i> . GAC digunakan untuk T&O yang berkepanjangan bersumber berasal dari industri.
Kesadahan	a. Presipitasi (L)	Digunakan untuk air berkesadahan sedang sampai sadah
	b. Ion-exchange (TI)	Bed zeolit menyisihkan kation divalent tapi menambah Na ⁺ . Penukar kation menyisihkan semua kation.
Pathogen	a. Disinfeksi (P)	Klor bebas berpotensi membentuk senyawa THM
THM	a. Koagulasi dipertinggi (G+K+H+I)	Penyisihan <i>precursor</i> organik yang efisien koagulasi pH rendah atau bersama dengan pelunakan.
	b. Adsorpsi (N)	PAC dan GAC akan menyisihkan TOC, precursor dan THM.
	c. Aerasi (D)	Aerasi menyisihkan zat organik
	d. Preoksidasi (F)	Preoksidasi dari <i>precursor</i> dengan O ₃ , H ₂ O ₂ , KMnO ₄ , kloramin atau klor dioksida. Menghindarkan kelebihan sisa klor bebas.
Nitrat	a. Denitrifikasi (S)	Denitrifikasi biologis memberikan sebuah metode penyisihan NO ₃ yang efektif
	b. Ion-exchange (T1)	Resin selektif yang tersedia
	c. Demineralisasi (T2)	Demineralisasi dengan membrane menyisihkan NO ₃ dengan ion lain. Konsentrasi fluorida yang tinggi menyebabkan <i>fluorosis</i> dan toksisitas.
Fluorida	a. Alumina aktif (O)	Alumina aktif menyisihkan F secara selektif.

Arsen	a. Enhanced (G+H+I)	Menyisihkan dengan presipitasi arsen As(V), pada pH rendah dengan koagulasi dan pada pH tinggi dengan pelunakan partial dengan kapur.
	b. Alumina aktif (O)	Bed efektif menyisihkan arsen dari air tanah
	c. Demineralisasi (T2)	Arsen disisihkan dengan ion lain melalui proses membran.

Sumber: Qasim et al. (2000)



Daftar Pustaka

- Kawamura, Susumu (1991), Integrated Design of Water Treatment Facilities, John Wiley & Sons Inc., New York,
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. (2000), *Water Work Engineering: Planning, Design & Operation*, Prentice Hall PTR, Texas.
- Schulz, C.R. dan Okun, Daniel A. (1984), Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries, John Wiley & Sons Inc., New York.



TENTANG PENULIS



Rusdiana Setyaningtyas, lahir di Desa Tanjungrejo Kecamatan Wuluhan Kabupaten Jember Provinsi Jawa Timur pada 7 Februari 1971. Merupakan putri bungsu dari 15 bersaudara pasangan H. Abdul Wachid dan Hj. Siti Rosyidah. Tahun 1990 menyelesaikan sekolah menengah di SMAN 1 Jember dan meneruskan kuliah di Jurusan Teknik Lingkungan ITS tahun 1991. Setelah lulus kuliah tahun 1996, penulis bekerja sebagai

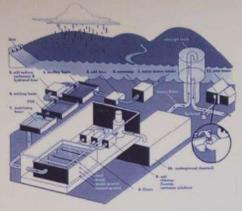
konsultan di Bali. Tahun 2001 penulis memutuskan pulang kampung di Jember dan bekerja sebagai staf pengajar di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember sampai sekarang.

Tahun 2008 penulis berkesempatan melanjutkan studi S2 di Program Pascasarjana Teknik Lingkungan ITS dengan Beasiswa Pendidikan Pascasarjana (BPPs) Dikti Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Menyelesaikan studi S2 pada tahun 2011 dan aktif kembali sebagai dosen di Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember dengan mengampu mata kuliah Rekayasa Lingkungan, AMDAL, Sistem Perpipaan dan Utilitas.

Selain mengajar, penulis juga aktif mengabdikan diri sebagai pendamping pada program PAMSIMAS (Penyediaan Air Minum dan Sanitasi Berbasis Masyarakat) di Kabupaten Bondowoso tahun 2014 – 2016 dan di Kabupaten Jember tahun 2016 – 2020. Penulis juga menjadi Tenaga Ahli dan Team Leader dari beberapa proyek antara lain: Team Leader pada pekerjaan Fasilitasi PTMP dan DED Sistem Persampahan Kabupaten Malaka dan Kabupaten Alor TA. 2018 yang diselenggarakan oleh Kementerian **PUPR** Direktorat Jenderal Ciptakarya, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Satker

Pengembangan Sistem Penyehatan Lingkungan Permukiman NTT; Team Leader pada pekerjaan Perencanaan Teknis Manajemen Persampahan (PTMP) Kota Sawahlunto TA. 2016 yang diselenggarakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Ciptakarya, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Pengembangan Air Minum dan Sanitasi Sumatera Barat: Team Leader pada pekerjaan Fasilitasi Penyusunan Rencana Induk Penanganan Persampahan Kabupaten Sijunjung TA. 2015 yang diselenggarakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Ciptakarya, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. Satker Pengembangan Air Minum dan Sanitasi Sumatera Barat: dan Tenaga Ahli Teknik Lingkungan pada pekerjaan Perencanaan Teknis Manajemen Persampahan (PTMP) Kabupaten Bangkalan yang diselenggarakan oleh Kementerian PU Direktorat Jenderal Cipta Karya Satker PPLP Jawa Timur.

Dari pernikahannya dengan Kris Hendrijanto, M.Si, penulis dikaruniai 3 putra/putri: Fahmi (20), Khansa (18) dan Yumna (16). Saat ini penulis beserta keluarga menetap di kota suwar-suwir Jember. Kontak *person* dengan penulis dapat dilakukan via email: tyas.hends@gmail.com.



Penyediaan dan Pengolahan Air Minum (PPAM)

Buku ini ditujukan untuk masyarakat secara umum dan khususnya untuk mahasiswa yang ingin mempelajari sistem penyediaan dan pengolahan air minum secara fisik dan kimia. Buku ini dirancang sedemikian rupa agar pembaca dapat mempelajarinya secara mudah dan mandiri. Buku ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu:

Bagian 1: Penyediaan Air Minum

Bagian 2: Proses Pengolahan Secara Fisik

Bagian 3: Proses Pengolahan Secara Fisik - Kimia

Bagian 4 : Pemilihan Proses Pengolahan

yang tersusun atas 9 bab. Setiap bab dimulai dengan tujuan mempelajari bab yang bersangkutan dan garis besar isi dari bab tersebut. Tujuannya adalah agar pembaca memperoleh gambaran secara umum tentang materi yang akan dipelajarinya, sehingga mudah untuk memahaminya.

PT SAKTI DIGITAL KREASI

JI Letjend Suprapto XIV, Gang Casablanca, Cluster, Safira Garden No.25, Sumbersari, Jember-Jawa Timur

