

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)

Menurut Peraturan Pemerintah No 122 tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum SPAM merupakan satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum. Beberapa pengertian tentang SPAM yang dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah No 122 tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum adalah sebagai berikut:

- a. Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.
- b. Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.
- c. Kebutuhan pokok air minum sehari-hari adalah air untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari yang digunakan untuk keperluan minum, masak, mandi, cuci, peturasan dan ibadah.
- d. Penyediaan air minum adalah kegiatan menyediakan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih dan produktif.
- e. SPAM jaringan perpipaan meliputi unit air baku, unit produksi, unit distribusi dan unit pelayanan.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, Rencana induk pengembangan SPAM adalah suatu rencana jangka panjang (15-20 tahun) yang merupakan bagian atau tahap awal dari perencanaan air minum jaringan perpipaan dan bukan jaringan perpipaan berdasarkan proyeksi kebutuhan air minum pada satu periode yang dibagi dalam beberapa tahapan dan memuat komponen utama sistem beserta dimensi-dimensinya.

2.1.1 Unit Air Baku

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum Dalam Negeri air baku adalah air yang diambil dari air permukaan, air tanah, dan air hujan yang memenuhi standar tertentu. Menurut Chandra (2007), adapun sumber air yang dapat digunakan sebagai sumber air baku dalam penyediaan air bersih adalah sebagai berikut:

a. Air Angkasa

Air angkasa atau air hujan merupakan sumber utama air di bumi. Air angkasa adalah air yang paling bersih namun cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer dalam proses presipitasi. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer itu dapat disebabkan oleh partikel debu, mikroorganisme dan gas.

b. Air Permukaan

Air permukaan merupakan salah satu sumber penting dalam bahan baku air bersih. Air permukaan meliputi badan-badan air seperti sungai, laut, danau, telaga, waduk, rawa, air terjun, dan sumur permukaan. Sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Faktor-faktor yang harus diperhatikan diantaranya adalah mutu dan kualitas air baku, jumlah atau kuantitasnya, dan kontinuitasnya

c. Air Tanah

Air tanah (*ground water*) berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi, kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan ketika di bawah tanah membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum unit air baku merupakan sarana pengambilan atau penyedia air baku. Unit air baku terdiri dari bangunan penampungan air, bangunan pengambilan atau penyadapan air, alat pengukuran dan peralatan pemantauan, sistem pemompaan, dan bangunan pembawa serta perlengkapannya.

2.1.2 Unit Produksi

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum unit produksi merupakan infrastruktur yang dapat digunakan untuk proses pengolahan air baku menjadi air minum melalui proses fisika, kimia, dan biologi. Unit produksi terdiri atas bangunan pengolahan dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukur dan peralatan pemantauan, dan bangunan penampungan air minum. Unit produksi harus dilengkapi dengan sarana pengolahan lumpur sisa hasil pengolahan air baku menjadi air minum.

2.1.3 Unit Distribusi

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum unit distribusi adalah sarana pengaliran air minum dari bangunan penampungan sampai unit pelayanan. Sarana pengaliran air minum dari bangunan penampungan sampai unit pelayanan. Pengaliran air pada unit distribusi dapat dilakukan menggunakan sistem pemompaan atau secara gravitasi.

2.1.4 Unit Pelayanan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum Unit pelayanan merupakan titik pengambilan air. Unit pelayanan terdiri atas sambungan langsung, hidran umum dan hidran kebakaran. Unit pelayanan harus dipasang alat pengukuran berupa meter air.

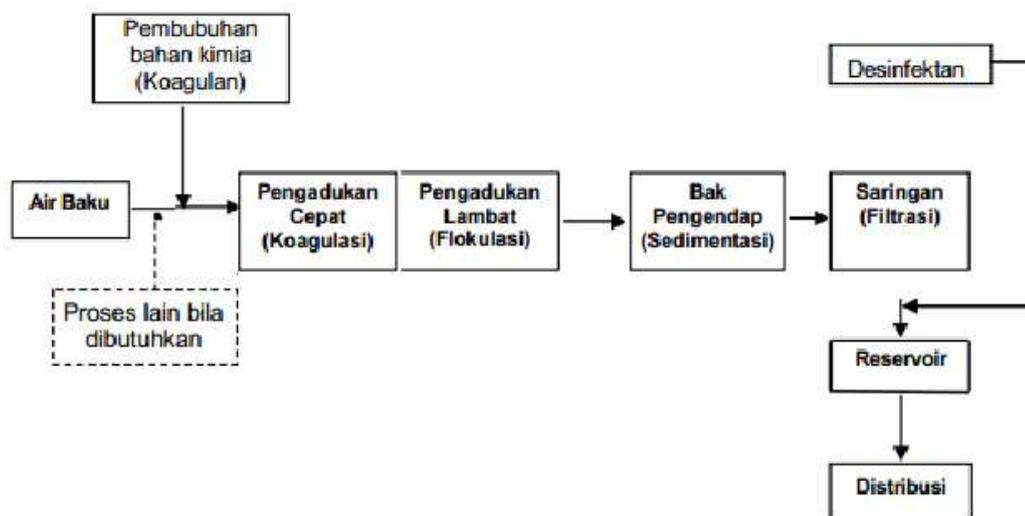
2.2 Sistem Pengolahan Air Bersih

Ada dua macam pengolahan air yang sudah biasa digunakan, yaitu (Joko, 2010):

- a) Pengolahan lengkap, air baku mengalami pengolahan lengkap yaitu pengolahan fisik, kimiawi dan bakteriologis. Pengolahan ini biasanya dilakukan pada air sungai yang keruh/kotor.
- b) Pengolahan sebagian, air baku hanya mengalami proses pengolahan kimia atau pengolahan bakteriologis.

Pemilihan masing-masing unit operasi yang digunakan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis dan karakteristik air, variasi debit air, kualitas hasil olahan yang diinginkan, pertimbangan kemudahan dalam operasi dan pemeliharaan yang berkaitan dengan ketersediaan teknologi dan tenaga terampil serta aspek ekonomis menyangkut biaya yang harus disediakan untuk pembangunan instalasi serta biaya operasionalnya. Sedangkan pengolahan air secara khusus yang disesuaikan dengan kondisi sumber air baku atau keperluan/peruntukan penggunaannya dapat dilakukan diantaranya dengan *reverse osmosis*, pertukaran ion, adsorpsi, dan pelunakan air (Darmasetiawan, 2004).

Skema sistem pengolahan lengkap air bersih dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2. 1 Skema Pengolahan Air Bersih
Sumber: Permen PUPR No.18 Tahun 2007

Instalasi pengolahan air bersih merupakan suatu sistem yang didesain untuk menghasilkan air yang layak dikonsumsi masyarakat bagaimanapun kondisi cuaca dan lingkungannya. Selain itu instalasi yang didesain harus sederhana, efektif, tahan lama, dan murah dalam pembiayaannya. Beberapa fasilitas yang dimiliki dalam proses pengolahan air bersih pada instalasi pengolahan air bersih diantaranya adalah *intake*, menara air, *clarifier*, pulsator, filter, dan *reservoir*. Selain berbagai macam peralatan, instalasi juga menggunakan bahan kimia seperti kaporit dan tawas dalam proses pengolahan air bersih. Air produksi kemudian diuji kualitasnya di laboratorium sehingga air yang diproduksi memenuhi standar kesehatan air bersih.

Air sungai digunakan sebagai air baku karena kuantitas dan kontinuitas air sungai relatif stabil setiap tahunnya. Air yang berasal dari sungai bagian hulu biasanya bebas dari kontaminasi. Selain itu, air sungai umumnya walaupun telah tercemar dengan berbagai unsur namun pencemaran tersebut masih dapat diolah untuk memenuhi kriteria air minum yang dipersyaratkan.

2.2.1 Bangunan Penangkap Air (*Intake*)

Kondisi *intake* sangat berpengaruh dalam suplai air yang akan diolah. *intake* diletakkan di lokasi yang mudah dicapai dan direncanakan untuk mensuplai jumlah kuantitas air pada kualitas optimal yang memungkinkan untuk menjamin suplai air tercukupi. Pemilihan site untuk *intake* pada sungai didasarkan pada:

- a. Perolehan kualitas air baku terbaik yang dapat disuplai ke pengolahan air.
- b. Prediksi kemungkinan perubahan arah dan kecepatan aliran sungai.
- c. Meminimalkan efek dari banjir, kotoran mengapung dan gelombang aliran.
- d. Tersedia akses mudah untuk perbaikan dan perawatan.
- e. Fleksibel terhadap kenaikan dan penurunan muka air.
- f. Didapatkan kondisi geologi terbaik.

Kriteria umum *intake* menurut (Qasim, dkk , 2000) untuk kecepatan aliran adalah dengan persamaan (2.1) yaitu:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.1)$$

Dimana:

v = Kecepatan (m/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas bukaan (m²)

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan bangunan intake adalah persamaan Darcy Weisbach sebagai berikut:

- *Minor losses*

Minor losses merupakan kehilangan tekanan yang disebabkan oleh aksesoris perpipaan (Glenn, 2002)

$$h_m = k \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

- h_m : *minor losses* (m)
 v : kecepatan aliran dalam pipa (m/det)
 k : koefisien minor losses peralatan pipa
 g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Nilai koefisien (k) untuk jenis aksesoris dan diameter pipa yang berbeda dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Koefisien Resistensi Aksesoris Pipa

Description	L/D	Nominal pipe size, in											
		$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$ -3	4	6	8-10	12-16	18-24
Gate valve	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
Globe valve	340	9.20	8.50	7.80	7.50	7.10	6.50	6.10	5.80	5.10	4.80	4.40	4.10
Angle valve	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
Ball valve	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
Plug valve straightway	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22
Plug valve 3-way through-flow	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
Plug valve branch flow	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08
Swing check valve	50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.75	0.70	0.65	0.60
Lift check valve	600	16.20	15.00	13.80	13.20	12.60	11.40	10.80	10.20	9.00	8.40	7.80	7.22
Standard elbow													
90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
Standard tee													
Through-flow	20	0.54	0.50	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24
Through-branch	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72
Mitre bends													
$\alpha = 0$	2	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
$\alpha = 30$	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.17	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
$\alpha = 60$	25	0.68	0.63	0.58	0.55	0.53	0.48	0.45	0.43	0.38	0.35	0.33	0.30
$\alpha = 90$	60	1.62	1.50	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.90	0.84	0.78	0.72

Sumber: Darcy Weisbach

- *Mayor losses*

Mayor losses adalah kehilangan tekanan pada aliran air di dalam pipa yang disebabkan oleh gesekan antara air dengan dinding dalam pipa (Glenn, 2002).

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (2.2)$$

Dimana:

- h_f : *major losses* (m)
 v : kecepatan aliran dalam pipa (m/det)
 L : panjang pipa (m)

- D : diameter pipa (m)
 g : percepatan gravitasi (m/s)
 f : faktor gesekan

Nilai faktor gesekan (f) untuk berbagai jenis dan bahan pipa dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Nilai Faktor Gesekan untuk Berbagai Jenis dan Bahan Pipa Komersil

Bahan	Kekasaran (F)
<i>Riveted Steel</i>	0,003 - 0,03
<i>Concrete</i>	0,001 - 0,01
<i>Wood Stave</i>	0,0006 - 0,003
<i>Cast Iron</i>	0,00085
<i>Galvanized Iron</i>	0,0005
<i>Asphalted Cast Iron</i>	0,0004
<i>Wrought Iron</i>	0,00015
<i>Copper Tubing</i>	0,000005

Sumber: Jack, Cheng Liu, 1987

Tabel 2.3 Kriteria Desain *Intake*

Parameter	Kriteria Desain
Kapasitas Pompa	(10-20%) kapasitas olahan
<i>Head</i> Pompa	> <i>Head</i> rencana
Diameter Pipa <i>Intake</i>	$D = 0,72 Q^{0,5}$
Diameter Pipa I	$D = 0,72 Q^{0,5}$

Sumber: Qasim, Motley & Zhu, 2000

2.2.2 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan koloid dan padatan terlarut. Koagulan yang umum untuk digunakan di Indonesia adalah aluminium sulfat. Hasil koagulasi yang baik sangat tergantung dari kondisi hidrolis yang baik yaitu pengadukan secara intensif (60 – 180 rpm) dan konstan serta penerapan dosis koagulan yang tepat. Saat ini instalasi pengolahan air difokuskan pada pembangunan *clarifier modern* dimana proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi berlangsung pada satu bangunan. Koagulan yang umum digunakan yaitu aluminium sulfate, natrium aluminat, besi sulfat, besi klorida, dan polimer (Spellman, 2004).

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan unit koagulasi sistem hidrolis adalah sebagai berikut (Qasim, dkk, 2000):

$$td = \frac{v}{Q} \quad (2.3)$$

$$G = \sqrt{\frac{g \, hl}{v \, td}} \quad (2.4)$$

Dimana:

- G : gradien kecepatan (detik⁻¹)
- V : volume bak (m³)
- g : percepatan gravitasi (m/detik²)
- hl : *headloss* (m)
- td : waktu detensi (detik)

Perhitungan dosis koagulan

Penentuan dosis koagulan harus dilakukan dengan uji jar test. Jar test harus dilakukan seminggu sekali dengan dosis yang tepat untuk mendapatkan dosis koagulan yang tepat. Rumus yang digunakan untuk menghitung dosis koagulan yang digunakan adalah sebagai berikut (Revisi SNI 19-6775-2002):

$$Q_{AL} = C_{AL} \times Q_t \times C \quad (2.5)$$

Dimana:

- Q_t : debit air yang dibubuhi tiap satuan waktu (L/det)
- Q_{AL} : jumlah koagulan yang dibutuhkan perhari (kg/hari)
- C_{AL} : dosis Alumunium sulfat (mg/liter)
- C : kadar Alumunium sulfat (%)

$$V_W = \frac{[(100-C)/C]}{D_w} \times Q_{AL} \quad (2.6)$$

Dimana:

- V_w : volume air pelarut (liter)
- c : konsentrasi larutan (%) = 10%
- D_w : berat jenis air pelarut (kg/liter) = 1,1 kg/liter

Tabel 2.4 Kriteria Desain Koagulasi

No.	Unit	Kriteria desain
1	Tipe	Hidrolis: - Terjunan - Saluran bersekat
		Mekanis: - Bilah (<i>blade</i>), pedal (<i>paddle</i>) - Flotasi
2	Waktu pengadukan (det)	1 – 5
3	Nilai G/det	>750

Sumber: SNI 6774:2008

2.2.3 Flokulasi

Flokulasi adalah tahapan pengadukan lambat (5 – 30 rpm) yang mengikuti dispersi koagulan melalui pengadukan lambat. Tujuannya untuk mengakselerasi pembentukan flok. Diharapkan flok yang terbentuk mengikat partikel koloid dan dapat menuju filtrasi. Frank R. Spellman (2013) mempersyaratkan waktu detensi 15 – 45 menit untuk proses flokulasi yang efektif. Waktu detensi untuk proses flokulasi dan sedimentasi pada *clarifier* IPA merupakan hasil pengurangan volume *clarifier* dengan volume unit pengadukan cepat kemudian dibagi dengan debit aliran. Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan unit flokulasi adalah sebagai berikut (Qasim, dkk, 2000):

$$td = \frac{v}{Q} \quad (2.7)$$

$$G = \sqrt{\frac{g hl}{v td}} \quad (2.8)$$

Dimana:

- G : gradien kecepatan (detik⁻¹)
- V : volume bak (m³)
- g : percepatan gravitasi (m/detik²)
- hl : *headloss* (m)
- td : waktu detensi (detik)

Tabel 2.5 Kriteria Desain Flokulasi

No.	Parameter	Kriteria Desain			
		Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanik		Flokulator Clarifier
			Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
1	Gradien kecepatan (G)	60 – 5	60 – 10	70 – 10	100 – 10
2	Waktu detensi (td)	30 – 45 (menit)	30 – 40 (menit)	20 – 40 (menit)	20 – 100 (menit)
3	Tahap flokulasi (buah)	3 – 10	3 – 6	2 – 4	1
4	Pengendalian energi	Bukaan pintu/sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
5	Kecepatan aliran max.(m/det)	0,9	0,9	1,8 – 2,7	1,5 – 0,5
6	Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 – 20	0,1 – 0,2	-
7	Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1 – 5	8 – 25	-
8	Tinggi (m)				2 – 4*

Sumber: SNI 6774:2008

2.2.4 Sedimentasi

Sedimentasi dirancang untuk membuang partikel tersuspensi yang telah berbentuk flok yang dihasilkan dari proses koagulasi dan flokulasi, menggunakan penurunan secara gravitasi oleh partikel itu sendiri. Menurut Frank R. Spellman (2013) diperlukan waktu 2–6 jam untuk proses sedimentasi yang efektif. Sedangkan AWWA (1990) memberikan waktu detensi yang lebih cepat yaitu 30 menit untuk flokulasi dan sedimentasi.

Aplikasi utama daripada sedimentasi adalah sebagai berikut ini:

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi sebelum memasuki unit saringan pasir cepat.
3. Pengendapan air yang telah melalui proses koagulasi dan flokulasi pada instalasi yang menggunakan sistem pelunakan air oleh kapur soda.
4. Pengendapan air pada instalasi pemisah besi dan mangan.

Menurut Hazen (1904) efisiensi dari tangki sedimentasi aliran horizontal yang ideal adalah fungsi dari kecepatan pengendapan partikel yang akan dihilangkan (V_o), luas permukaan tangki (A), dan laju aliran (Q) melalui cekungan. Hubungan ini dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut (Kawamura, 1991):

$$V_o = \frac{Q}{A} \quad (2.9)$$

Karakteristik aliran bak sedimentasi diperkirakan dengan bilangan *Reynold* (Re) dan bilangan *Froude* (Fr). Persamaan dari bilangan *Reynold* dan bilangan *Froude* adalah sebagai berikut (Kawamura, 1991):

$$Re = \frac{vR}{\nu} < 2000 \quad (2.10)$$

$$Fr = \frac{v^2}{gR} < 10^{-5} \quad (2.11)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran (m/s)

R = radius hidrolis (m). $R = A/P$ (m)

A = luas area yang dilewati (m²)

P = keliling basah (m)

ν = viskositas kinematis (m²/s)

g = konstanta gravitasi (9,81 m/s²)

Parameter lain yang penting dalam menentukan keberhasilan pengendapan adalah waktu tinggal dalam bak pengendap. Waktu tinggal atau waktu detensi secara hidrolis adalah volume bak dibagi dengan debit rencana, persamaan waktu detensi adalah sebagai berikut (Joko, 2010):

$$t_d = \frac{V}{Q} \quad (2.10)$$

Dimana:

t_d = waktu detensi (detik)

V = volume bak (m³)

Q = debit aliran (m³/detik)

Bak sedimentasi yang baik dibagi menjadi 4 zona, yaitu zona inlet, zona outlet, zona lumpur, dan zona pengendapan. Terdapat 3 bentuk dari bak pengendapan yaitu

bentuk *rectangular*, *circular*, dan *square*. Rumus-rumus dan kriteria desain dalam perhitungan bak sedimentasi adalah sebagai berikut:

- Rasio Panjang dan lebar bak

$$\text{Rasio} = \frac{P}{L} \quad (2.11)$$

Dimana:

P = Panjang bak (m)

L = Lebar bak (m)

- *Surface loading rate*

$$V_t = \frac{(Q \times (t \text{ operasi}))}{A} \quad (2.12)$$

Dimana:

V_t = kecepatan *surface loading rate* ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$)

Q = Debit aliran (m^3/hari)

A = Luas permukaan aliran (m^2)

- Kecepatan aliran pada *settler*

$$V_o = \frac{Q}{A \times \sin \varphi} \quad (2.13)$$

Dimana:

V_o = Kecepatan aliran pada *settler* (m/s)

Q = Debit aliran (m^3/hari)

A = Luas permukaan aliran (m^2)

φ = kemiringan *settler*

- *Weir loading rate*

$$W = \frac{Q}{L} \quad (2.14)$$

Dimana:

w = *Weir loading rate* ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$)

Q = Debit aliran (m^3/hari)

L = Panjang total *weir* (m)

Tabel 2.6 Kriteria Desain Sedimentasi

No.	Kriteria Desain	Bak Persegi		Bak Bundar		Clarifier
		Aliran Horizontal	Aliran Vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Aliran Vertikal -Radial	Kontak Padatan	
1	Beban permukaan (m ³ /m ² /jam)	0,8 – 2,5	3,8 – 7,5 ^{*)}	1,3 – 1,9	2 – 3	0,5 – 1,5
2	Kedalaman (m)	3 – 6	3 – 6	3 – 5	3 – 6	0,5 – 1,0
3	Waktu tinggal (jam)	1,5 – 6	0,07 ^{**)}	1 – 3	1 – 2	2 – 2,5
4	Lebar/panjang (m)	>1/5	-	-	-	-
5	Beban pelimpah (m ³ /m/jam)	<11	<11	3,8 – 15	7 – 15	7,2 – 10
6	Bilangan Reynold	<2000	<2000	-	-	<2000
7	Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	Max 0,15	-	-	-
8	Bilangan Fraude	>10 ⁻⁵	>10 ⁻⁵	-	-	>10 ⁻⁵
9	Sirkulasi lumpur	-	-	-	3 – 5% dari input	-
10	Kemiringan dasarbak (tanpa scraper)	45° - 60°	45° - 60°	45° - 60°	>60°	45° - 60°
11	Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 – 24	8 – 24	12 – 24	Kontinyu	12 – 24 ***
12	Kemiringan tube/plate	30° - 60°	30° - 60°	30° - 60°	30° - 60°	30° - 60°

Sumber: SNI 6774:2008

2.2.5 Filtrasi

Filtrasi adalah mengalirkan air yang tercemar melalui media berpori, contohnya pasir. Proses tersebut mempergunakan prinsip pembersihan alami dari tanah. Filtrasi diperlukan untuk menyempurnakan penurunan kadar kontaminan seperti bakteri, warna, rasa, bau, dan Fe sehingga diperoleh air yang bersih dan memenuhi standar kualitas air minum. Filter dibedakan menjadi dua macam saringan yaitu saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat (Joko, 2010).

Jumlah minimum dari filter untuk perencanaan pengolahan kecil kurang dari 90 liter/detik, jika kapasitas perencanaan melebihi 90 liter/detik, jumlah filter harus

empat. Jumlah filter yang diperlukan dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Kawamura, 1991):

$$N = 12 Q^{0.5} \quad (2.15)$$

Dimana:

N = Jumlah filter

Q = Debit maksimum rencana (m³/detik)

Berikut adalah rumus dan kriteria desain yang digunakan dalam perhitungan unit filtrasi:

- Debit tiap bak (Qn)

$$Q_n = \frac{Q}{N} \quad (2.16)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/detik)

N = Jumlah bak

- Luas permukaan bak

$$A_s = \frac{Q_n}{V_f} \quad (2.17)$$

Dimana:

Qn = Debit tiap bak (m³/detik)

Vf = kecepatan filtrasi

- Kecepatan filtrasi

$$V_f = \frac{Q_n}{A_s} \quad (2.18)$$

Tabel 2.7 Kriteria Desain Filtrasi

No.	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5*}$	Min 5 bak	-
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11	12 – 33
3	Pencucian:			
	- Sistem pencucian	Tanpa/ dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/ dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/ dengan blower & atau <i>surface wash</i>
	- Kecepatan (m/jam)	36 – 50	36 – 50	72 – 196
	- Lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15	-
	- Periode antar dua pencucian (jam)	18 – 24	18 – 24	-
	- Ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50	30 – 50
4	Media Pasir:			
	- Tebal (mm)	300 – 700	300 – 700	300 – 700
	- Single media	600 – 700	600 – 700	600 – 700
	- Media ganda	300 – 600	300 – 600	300 – 600
	- Ukuran efektif, ES (mm)	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7	-
	- Koefisien keseragaman, UC	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4
	- Berat jenis (kg/dm ³)	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65	2,5 – 2,65
	- Porositas	0,4	0,4	0,4
	- Kadar SiO ₂	>95%	>95%	>95%

Sumber: SNI 6774:2008

2.2.6 Desinfeksi

Desinfeksi air bersih dilakukan untuk menonaktifkan dan menghilangkan bakteri patogen untuk memenuhi baku mutu air minum. Desinfeksi sering menggunakan klor, sehingga desinfeksi dikenal juga dengan klorinasi. Keefektifan desinfektan dalam membunuh dan menonaktifkan mikroorganisme berdasar pada tipe desinfektan yang digunakan, tipe mikroorganisme yang dihilangkan, waktu kontak air dengan desinfektan, temperatur air, dan karakter kimia air (Qasim, dkk, 2000).

Rumus yang digunakan untuk merencanakan desinfeksi klor adalah sebagai berikut (SNI 19-6775-2002):

Kebutuhan klor per jam

$$kebutuhan_{klor} = \frac{Q_{pengolahan} \times dosis \text{ klor}}{kadar_{klor}} \quad (2.19)$$

Debit air pelarutan klor

$$Q_{\text{pelarutan}} = \frac{\text{kebutuhan}_{\text{klor}}}{\text{konsentrasi}_{\text{klor di pipa}} \times \text{densitas air}} \quad (2.20)$$

Volume bak penampung klor

$$V_{\text{bak}} = Q_{\text{pelarutan}} \times t_d \quad (2.21)$$

Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{Q}{v} \quad (2.22)$$

Diameter pipa

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (2.23)$$

Tabel 2.8 Kriteria Desain Filtrasi

No.	Parameter	Kriteria Desain
1	Kandungan gas klor (Cl ₂) aktif min	99%
2	Kaporit atau kalsium hipoklorit, kandungan klor aktif	60 – 70%
3	Sodium hipoklorit, kandungan klor Aktif	15%
4	Dosis klor berdasarkan DPC	0,25 – 0,35 mg/L

Sumber: SNI 6774:2008

2.2.7 Reservoir

Menurut Qosim, dkk (2000) *reservoir* adalah tangki penyimpanan yang berlokasi pada instalasi. Air yang sudah diolah disimpan pada tangki ini untuk kemudian ditransfer ke sistem distribusi. Desain dari *reservoir* meliputi pemilihan dari ukuran dan bentuknya, pertimbangan lain meliputi produksi terhadap air yang disimpan, produksi struktur *reservoir*, dan produksi pekerja pemeliharaan *reservoir*.

Reservoir digunakan pada sistem distribusi untuk meratakan aliran, untuk mengatur tekanan, dan untuk keadaan darurat. *Reservoir* terdiri dari dua jenis yaitu *ground storage reservoir* dan *elevated storage reservoir*. *Ground storage reservoir* biasanya digunakan untuk menampung air dengan kapasitas besar dan membutuhkan pompa dalam pengoperasiannya, sedangkan *elevated storage reservoir* menampung air dengan kapasitas relatif lebih kecil dibandingkan *ground storage reservoir* dan dalam pengoperasiannya distribusinya dilakukan dengan

gravitasi. Kapasitas untuk kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan pemakaian dalam 24 jam. Selain itu untuk kebutuhan air bersih, kapasitas *reservoir* juga meliputi kebutuhan air untuk operasi instalasi dan kebutuhan air pekerja instalasi. Bak penampung air minum atau *reservoir* diberi sekat-sekat yang dilengkapi dengan: (SNI 6774-2008)

- a. Ventilasi
- b. Tangga
- c. Pelimpah air
- d. Lubang pemeriksaan dan perbaikan
- e. Alat ukur ketinggian air
- f. Instalasi pengolahan air penguras

Tabel 2.9 Kriteria Desain *Reservoir*

Kriteria Desain	Satuan
Jumlah unit	>2
Waktu detensi (td)	<1 jam
Kedalaman	3-6 m

Sumber: Qasim, Motley & Zhu, 2000

2.3 Standar Kualitas Air

Menurut Kusnaedi (2006), kualitas air harus memenuhi syarat kesehatan. Pada daerah-daerah tertentu air yang tersedia belum memenuhi persyaratan untuk kesehatan sehingga perlu dilakukan pengolahan secara sederhana maupun modern, sedangkan kuantitas air harus mempunyai jumlah yang mencukupi sebagai air minum dan kebutuhan rumah tangga lainnya.

Standar baku mutu air sungai yang berlaku di Indonesia untuk saat ini adalah Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kemudian untuk standar kualitas air minum, berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Dalam PP No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, air sungai diklasifikasikan menurut mutunya ke dalam empat kelas, yaitu:

- a. Kelas I: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas II: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/saran rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau untuk peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas III: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas IV: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi, pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Beberapa parameter kualitas air minum yang ditetapkan dalam PERMENKES 492/2010 akan dibahas sebagai berikut:

1. pH

pH merupakan faktor penting bagi air minum, karena mempengaruhi proses korosi pada perpindahan dan pada proses penjernihan air. Pada $\text{pH} > 6,5$ dan $< 8,5$ akan mempercepat terjadinya reaksi korosi pada pipa distribusi air bersih/minum. Selain itu akan mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun dan ada beberapa jenis mikroorganisme patogen yang semakin banyak berkembang sehingga akan membahayakan bagi kesehatan manusia.

2. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh adanya kandungan *Total Suspended Solid (TSS)* baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan sedangkan zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air bersih/air minum tidak boleh lebih dari 5

NTU. Penurunan kekeruhan ini sangat penting karena ditinjau dari segi estetika yang kurang baik.

3. Warna

Air bersih yang baik umumnya tidak berwarna, bening dan jernih untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna. Pada dasarnya warna dalam air dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu warna semu (*apparent colour*) yang disebabkan oleh unsur tersuspensi dan warna menjadi (*true colour*) yang disebabkan oleh zat organik atau koloidal. Air yang telah mengandung senyawa organik seperti daun, potongan kayu, rumput akan memperlihatkan warna kuning kecoklatan, oksida besi akan menyebabkan air berwarna kemerah-merahan dan oksida mangan akan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman.

4. *Total coliform*

Air minum tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti kuman-kuman tipus, kolera, disentri, dan gastroenteritis. Untuk mengetahui adanya bakteri patogen dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap ada tidaknya bakteri *total coliform* yang merupakan bakteri indikator pencemar air. Parameter ini terdapat pada air yang tercemar oleh tinja manusia dan dapat menyebabkan gangguan pada manusia berupa penyakit perut (diare) karena mengandung bakteri patogen. Menurut Tri Joko (2010), proses penghilangan *total coliform* dapat dilakukan dengan proses desinfeksi.