

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Air Baku

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar agar dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan. Penentuan sumber air baku untuk pengolahan harus mempertimbangkan data yang didapat melalui penelitian secara periodik antara 5 - 10 tahun (Kawamura, 1991). Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan. Karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya.

II.1.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum adalah air tanah dan air permukaan, berikut mengenai penjelasannya yaitu:

1. Air Tanah

Karakteristik geologi seperti morfologi dan jenis batuan berikut luas pelamparan serta ketebalan lapisan, berakibat pada terbentuknya struktur lapisan kedap air dan lulus air. Berdasarkan sifat fisik air tanah dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin atau payau sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum (Astono, 2011).

2. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air yang berada di permukaan, contohnya sungai, rawa, danau dan mata air. Sebagai sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat, kandungan bakteri, kehadiran zat beracun, temperatur dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

II.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku

Menurut Droste (1997), dalam memilih sumber air baku harus perhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kualitas air baku
2. Volume (kuantitas) air baku
3. Kondisi iklim di daerah sumber air baku
4. Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
5. Kontruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil
6. Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang
7. Elevasi muka air sumber mencukupi
8. Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang
9. Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi Pendekatan yang paling efektif untuk menentukan apakah suatu sumber air memenuhi persyaratan sebagai sumber air baku air minum adalah memilih sumber dengan kualitas yang baik. Kualitas dari sumber air baku haruslah diperhatikan karena berpotensi mengandung berbagai macam polutan.

II.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007):

a. Persyaratan fisik

Secara fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

b. Persyaratan kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.

c. Persyaratan biologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.

d. Persyaratan radioaktif

Air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Agustina, 2007).

3. Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam perhari, yaitu pada jam-jam aktivitas kehidupan sekitar pukul 06.00–18.00.

Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang

diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007).

II.2 Parameter Kualitas Air

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan air sehingga memenuhi syarat atau baku mutu air. Air minum yang disuplai kepada pelanggan harus menyediakan keamanan dan estetika menarik air minum dan terlepas dari gangguan dan biaya yang masuk akal (Kawamura, 1991). Standar air minum bergantung dari kebijakan pemerintah pusat. Kebijakan standart layak air minum melihat kondisi suatu negara yang bersangkutan. Secara umum, Parameter standar air di bedakan menjadi dua yaitu standar kualitas air baku dan standar kualitas air minum yang dijelaskan sebagai berikut :

II.2.1 Standar Kualitas Air Baku

Standar kualitas air baku di indonesia telah diatur dalam Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001, yaitu klasifikasi kualitas mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Standar kualitas air yang diterapkan di Pengolahan air minum mengacu pada PP RI No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kelas I. dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Lampiran Parameter Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspens	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
Kimia Anorganik						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan

						berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	5	12	
COD	mg/L	20	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0,5	-	-	-	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	-	-	-	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,1	0,5	0,5	0,5	
Kadmium	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Khrom (IV)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara

						konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	1	-	-	-	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
Khlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,06	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ _N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	

MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	Jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan Total coliform 10000 jml/100 ml
Total coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	

Sumber : Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

II.2.2 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Lampiran Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum

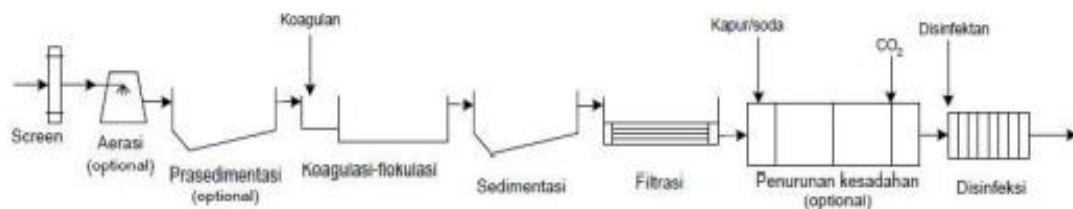
No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	Mg/l	0,01
	2) Fluorida	Mg/l	1,5
	3) Total Kromium	Mg/l	0,05
	4) Kadmium	Mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂)	Mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃)	Mg/l	50
	7) Sianida	Mg/l	0,07
	8) Selenium	Mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak Berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak Berasa
	6) Suhu	C	Suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	Mg/l	0,2
	2) Besi	Mg/l	0,3
	3) Kepadatan	Mg/l	500
	4) Klorida	Mg/l	250
	5) Mangan	Mg/l	0,4
	6) pH	Mg/l	6,5 – 8,5
	7) Seng	Mg/l	3
	8) Sulfat	Mg/l	250
	9) Tembaga	Mg/l	2
	10) Amonia	Mg/l	1,5

Sumber : Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010

II.3 Bangunan Pengolahan Air Permukaan

Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan. Parameter yang perlu diperhatikan adalah parameter yang kadarnya signifikan besar atau melebihi nilai baku mutu air minum. Air permukaan yang bisa diolah untuk air minum terdiri dari :

a) 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). Berikut ini skema unit pengolahannya:



Gambar 2. 1 Skema Unit Pengolahan Air Sungai

Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air

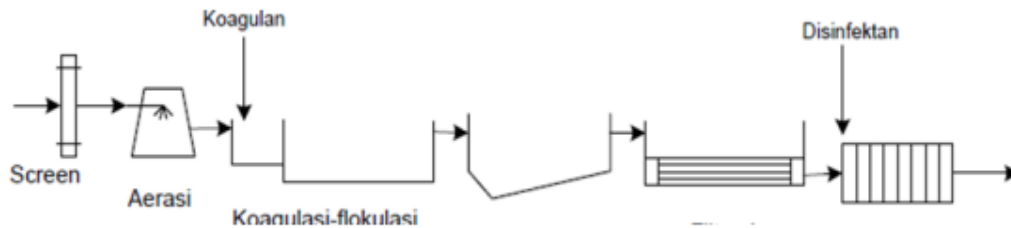
b) Air Danau Karakteristik

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

Berikut ini gambar skema unit pengolahannya:

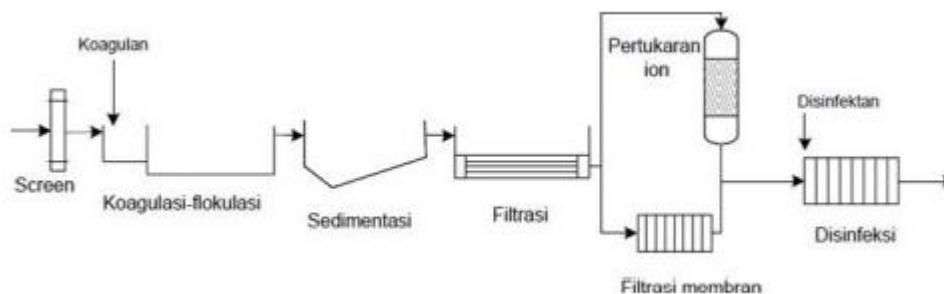


Gambar 2. 2 Skema Unit Pengolahan Air Danau

Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air

c) 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). Skema unit pengolahannya dapat dilihat pada gambar 2.3

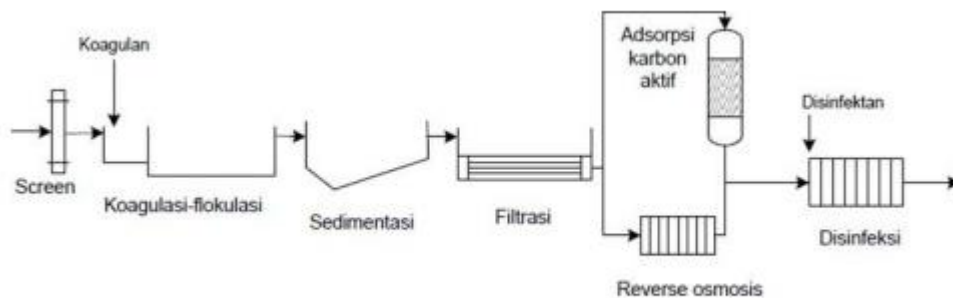


Gambar 2. 3 Skema Unit Pengolahan Air Payau

Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air

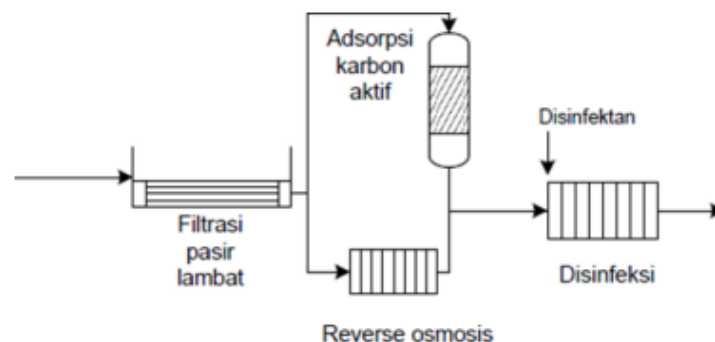
d) Air Gambut

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 2.4 dan 2.5 menunjukkan skema unit pengolahan air gambut.



Gambar 2. 4 Skema Unit Pengolahan Air Gambut dengan Partikel Koloid Tinggi

Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air



Gambar 2. 5 Skema Unit Pengolahan Air Gambut dengan Partikel Koloid Rendah

Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air

II.4 Unit Instalasi Pengolahan Air Minum

II.4.1 Intake

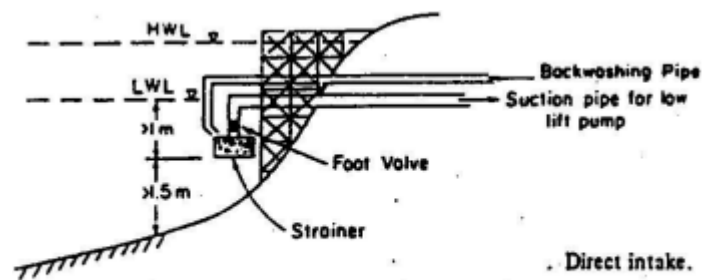
II.4.1.1 Gambaran Umum Unit Intake

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (up-lift);
4. Penempatan bangunan pengambilan disusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan disusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang bermacam-macam, antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (Direct Intake) Digunakan untuk sumber air yang dalam seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.

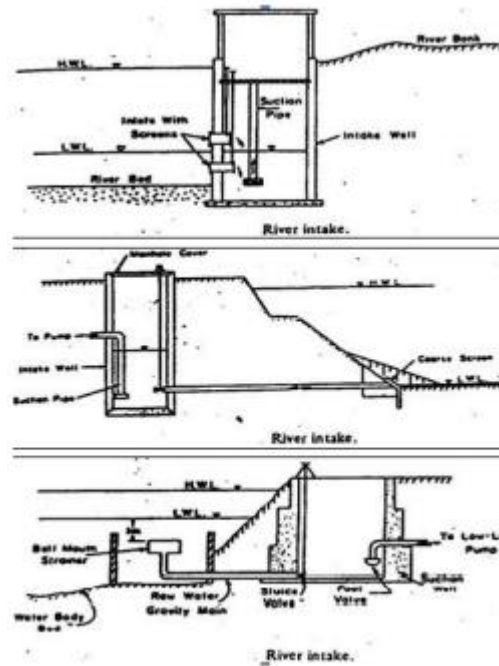


Gambar 2. 6 Direct Intake (Kawamaru,2000)

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (Indirect Intake)

a. River Intake

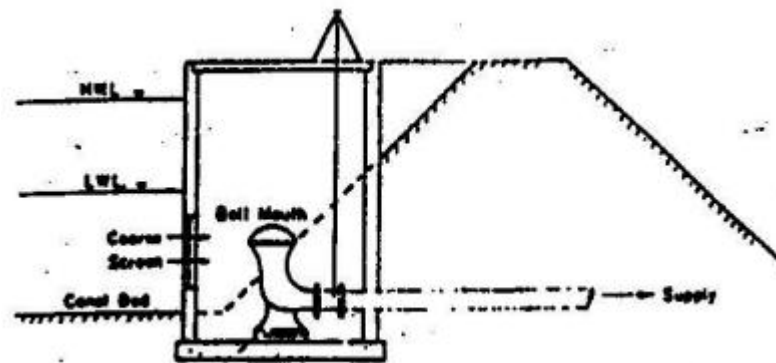
Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2. 7 River Intake (Kawamaru, 2000)

b. Canal Intake

Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.



Gambar 2. 8 Canal Intake (Kawamaru, 2000)

c. Reservoir Intake

Digunakan untuk air yang berasal dari dam (bendungan) dan dengan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan dam dibuat terpisah dan

diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.

d. Spring Intake

Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah.

e. Intake Tower

Digunakan untuk air permukaan dimana kedalaman air berada diatas level tertentu.

f. Gate Intake

Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.

II.4.1.1 Rumus Perhitungan

Unit Intake Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

1. Mencari Debit tiap Intake

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Q = debit (m³ /s)

Σ pipa = Jumlah Pipa Intake

2. Mencari Luas Penampang Pipa Inlet

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m²)

Q = debit (m³ /s)

v = Kecepatan (m/s)

3. Mencari Diameter Pipa Inlet

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

D = Diameter Pipa (m)

A = Luas Penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = Q/A \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

v = Kecepatan (m/s)

Q = debit (m³ /s)

A = luas penampang (m²)

5. Head Losses Mayor sepanjang Pipa

$$H_f = \left[\frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right] \times L \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

H_f = Headlosses Mayor (m)

Q = debit (m³ /s)

L = Panjang Pipa (m)

C = Koefisien Kekasaran Pipa

D = Diameter Pipa (m)

Tabel 2. 3 Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-Wiliams

Jenis Pipa	Nilai kekasaran pipa
Extremely smooth and straight pipes	140
New Steel or Cast Iron	130
Wood; Concrete	120
New Riveted Steel; vitrified	110
Old Cast Iron	100
Very Old and Corroded Cast Iron	80

Sumber : Evett & Liu (1987)

6. Head Losses Minor (Hm)

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

Hm = minor losses (m)

k = koefisien kehilangan energi

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

Tabel 2. 4 Nilai K untuk Kehilangan Energi

Valve, Fittings, and Specials	K value
Entrance, suction bell (32 in) 81 cm	0,004
90o elbow (24 in) 61 cm	0,3
Gate valve (24 in) 61 cm	0,19
Reducer (14 in) 35,5 cm	0,25
Check valve (20 in) 51 cm	2,5
90O elbow (20 in) 51 cm	0,3
Gate Valve (20 in) 51 cm	0,19
Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm	1,8

Sumber : Qasim (2000) Water Works Engineering Planning, Design, and Operation hal 203, 2000)

7. Mencari Slope Pipa

$$S_{HWL} = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

S = Slope Pipa (m/m)

L = Panjang Pipa (m)

H_f = Head Losses (m)

8. Jumlah Kisi pada Bar Screen (n)

$$D = n \times d \times (n + 1) \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

n = Jumlah Kisi

d = Lebar Batang Kisi (m)

r = Jarak Antar Kisi (m)

D = Lebar Screen (m)

9. Mencari Velocity Head (h_v)

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

h_v = Velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)10. Headloss melalui screen (H_{fscreen})

$$H_{fscreen} = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times H_v \times \sin \alpha \dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

β = Koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

Tabel 2. 5 Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai minor losses (β)
Shape edge rectangular	2,42
Rectangular with semicircular up stream face circular	1,83
Circular	1,79
Rectangular with semicircular up stream and down stream face	1,67
Tear shape	0,76

Sumber : Qasim (2000) Water Works Engineering Planning, Design, and Operation

II.4.2 Prasedimentasi

II.4.2.1 Gambaran Umum

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate, vhorizontal (vh), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996).

Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminer).

2. Zona Pengendapan

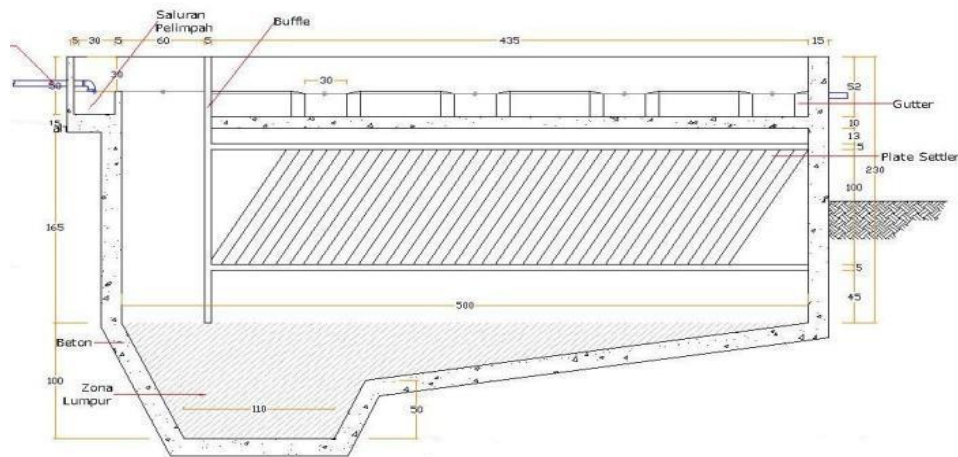
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



Gambar 2. 9 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Sumber: (<https://docplayer.info/51882098-Perencanaan-instalasi-pengolahan-air-limbah-ipal-industri-agar-agar.html>)

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Desain Tipikal Prasedimentasi

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment						
Detention time	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft ² .d	800-1200	1000	m ³ /m ² .d	30-50	40
Peak hourly flow	gal/ft ² .d	2000-3000	2500	m ³ /m ² .d	80-120	100
Weir loading	gal/ft.d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250
Primary settling with waste activated-sludge return						
Detention time	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft ² .d	600-800	700	m ³ /m ² .d	24-32	28
Peak hourly flow	gal/ft ² .d	1200-1700	1500	m ³ /m ² .d	48-70	60
Weir loading	gal/ft.d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250

Sumber: Metcalf & Eddy (2003 hal 398)

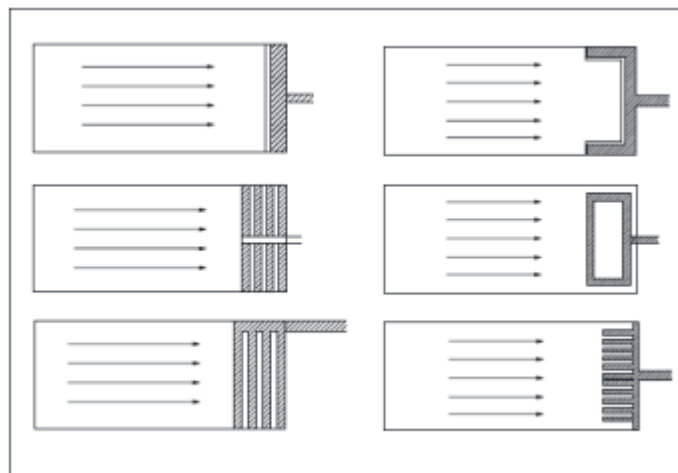
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading rate dari berbagai sumber.

Tabel 2. 7 Beragam Weir Loading rate dari Beragam Sumber

Weir Loading Rate (m ³ /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh density current
264	Kawamura, 2000	
125 – 250	Droste, 1997	
172,8 – 259,2	Huisman, 1977	

Berdasarkan sejumlah kriteria desain pada beragam sumber mengenai weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi density current, weir loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya

penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan weir loading rate dapat sekecil mungkin. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Beragam Susunan Pelimpah pada Outlet

Sumber: Qasim, 2000

II.4.2.2 Rumus Perhitungan Unit Prasedimentasi

Rumus-rumus yang biasanya dipergunakan dalam perhitungan prasedimentasi yaitu:

1. *Settling zone*

a. Kecepatan Pengendapan

$$v_s = \frac{g}{18} \times (S_{s-1}) d^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

g = percepatan gravitasi(m/d²)

S_s = berat jenis partikel

d = diameter partikel (m)

ν = viskositas kinematis (m^2/dt)

b. Kecepatan aliran (v_h)

$$v_h = \frac{l}{t_d} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

l = panjang (m)

t_d = waktu detensi (td)

c. Reynold number (N_{re})

$$N_{re} = \frac{v_h \times R}{\mu} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

v_h = kecepatan aliran (m/det)

R = jari-jari hidrolis (m)

μ = absolute viskositas (m/s)

d. Froude number (N_{fr})

$$N_{fr} = \frac{v_h^2}{g \times R} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

v_h = kecepatan aliran (m/det)

R = jari-jari hidrolis (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

e. Kecepatan scoring (V_{sc})

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (\rho_s - \rho_w) \times N_{fr}}{\alpha \times \rho_w}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

V_{sc} = kecepatan scoring (m/det)

$\rho_{sludge} = 2650 \text{ kg/m}^3$

ρ_w air = 997 kg/m³ (Reynold, 1996)

Kontrol pengerusan (scouring) $\beta = 0,02-0,12$; $\alpha = 0,03$

2. Inlet zone

a. Luas Permukaan pintu air

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

Q = debit (m³/s)

V = kecepatan aliran (m/s)

b. Headloss di Saluran Pengumpul

$$v = \frac{1}{n} \left(\frac{w \times h}{w+2h} \right)^{2/3} \left(\frac{H_f}{L} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

w = lebar saluran pengumpul

l = panjang saluran pengumpul

n = koef manning

c. Headloss Pintu air

$$H_f = \frac{Q}{2,746 \times H^{2/3} \times L_p} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

Q = debit (m³ /s)

h = tinggi saluran pengumpul

L_p = lebar saluran pengumpul

3. Outlet zone

Apabila menggunakan saluran pelimpah :

a. Tinggi Peluapan melalui V Notch (H)

$$Q = \frac{8}{15} (Cd) \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} H^{5/2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

Q = kapasitas tiap bak (m³/det)

Cd = koefisien drag

b = panjang weir keseluruhan (m)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

h = tinggi air diatas saluran pelimpah (m)

b. Saluran pengumpul

$$Q = 1,84 \times B \times h^{2/3} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

Q = kapasitas tiap bak (m³/det)

B = lebar pelimpah/gutter (m)

H = kedalaman gutter (m)

4. *Sludge zone*

Ruang lumpur berbentuk limas terpancung

$$V = \frac{1}{3} \times t \times (A1 + A2 + (A1 \times A)^{1/2}) \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

V = volume ruang lumpur (m³)

t = tinggi ruang lumpur (m)

A1 = luas atas (m²)

A2 = luas bawah (m²)

II.4.3 Aerasi

II.4.3.1 Gambaran Umum

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO_2) dan
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S), methan (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan calcium karbonat (CaCO_3) yang dapat menimbulkan masalah. Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferric (Fe) dan maganic oxide hydrates yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sendimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall aerators/aerator air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung-gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oksigen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (waterfall aerator) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

Penurunan carbon dioxide (CO₂) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan sarigan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan.

Jenis-Jenis Metode Aerasi

a. Waterfall aerator (aerator air terjun).

Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.



Gambar 2. 11 Multiple Tray Aerator

Sumber: (https://www.researchgate.net/figure/Multiple-tray-aerator_fig19_253953119)

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobang-lobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray- tray ini bisa dibuat dengan bahan yang

cocok seperti lempengan- lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiamter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

b. Cascade Aerator

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira- kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per meter². Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan effesien aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang (tempat) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebu rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

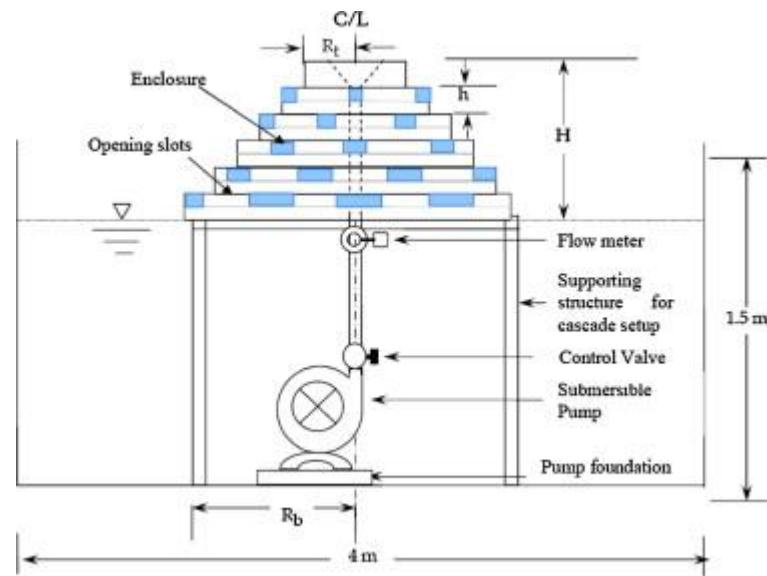


Gambar 2. 12 Cascade Aerator

Sumber: (<https://www.quora.com/Why-is-cascade-aerator-used-in-a-water-treatment-plant>)

5. Sumberged Cascade Aerator

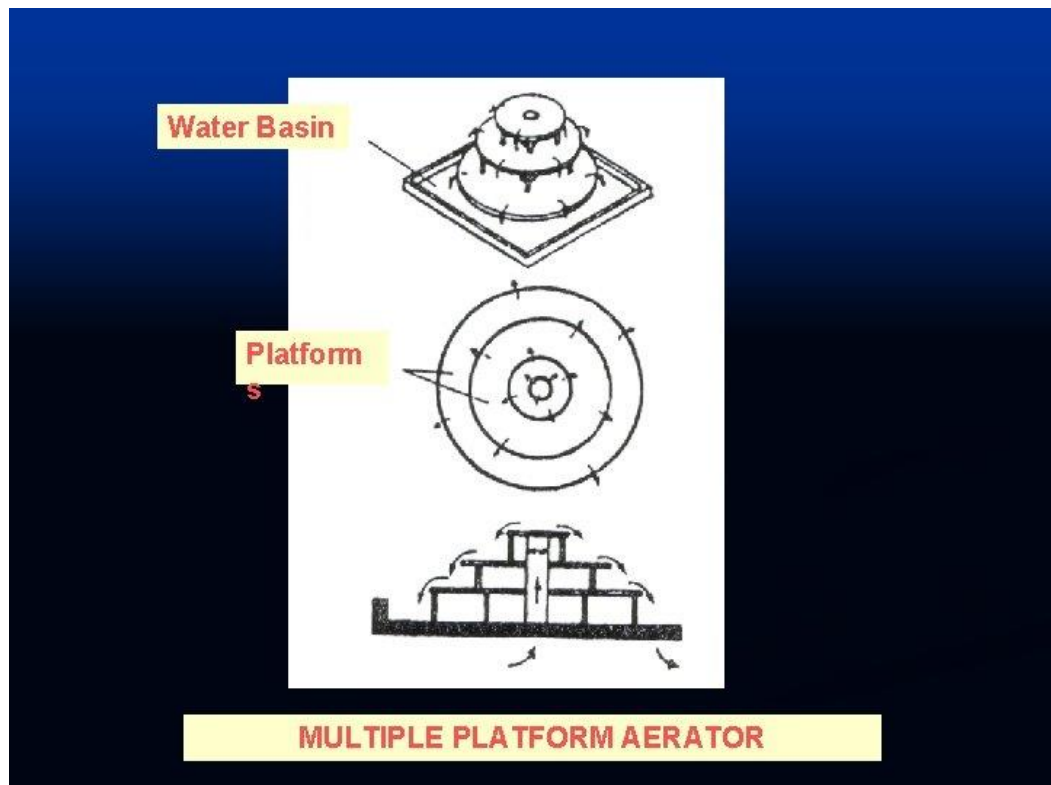
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung- gelembung udara kedalam air . Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m³ /det per meter luas.



Gambar 2. 13 Aerasi Tangga Aerator

6. Multiple Plat Form Aerator

Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.



Gambar 2. 14 Multiple Plat Form Aerator

Sumber: (<https://slidetodoc.com/water-water-treatment-objective-in-this-lesson-we/>)

7. Spray Aerator

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Spray aerator sederhana dierlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15 -20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawahsetiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nosel untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.

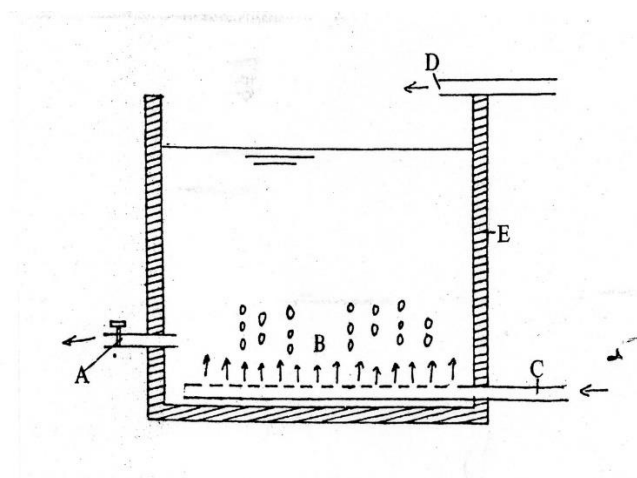


Gambar 2. 15 Spray Aerator

Sumber: (<https://portfolio.cept.ac.in/ft/water-waste-water-engineering-5076-monsoon-2016/spray-aerators-monsoon-2016-uc2214>)

8. Aerator Gelembung Udara (*Bubble aerator*)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³ air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 16 Bubble Aerator

Sumber: (<http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

9. Multiple-Tray Aerator

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (tray) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (tray) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (collecting ponds). Pemerataan distribusi air diatas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa dari mangan oksida. Multiple Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan. Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam (Qasim, 2000) sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Cascade	20-45% CO ₂	Tinggi 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Packing Tower	> 95% VOC > 90% CO ₂	Diameter kolom maksimum: 3 m Beban Hidrolik:2000 m ³ /m ² .hari
Tray	> 90% CO ₂	Kecepatan 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ air Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m ² /m ³ .det
Spray Aerator	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	Tinggi 1,2-9 m Diameter nozzle: 2,5-4 cm jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 l/det Luas Bak: 105-320 m ² /m ³ .det tekanan semprotan: 70 kPa
Aerator Terdifusi	80% VOCs	waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² air tangka - kedalaman: 2,7-4,5 - Lebar: 3-9 m - Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum: 150

		m3 Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator Mekanik	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	waktu detensi: 10-30 menit kedalaman tangki: 2-4 m

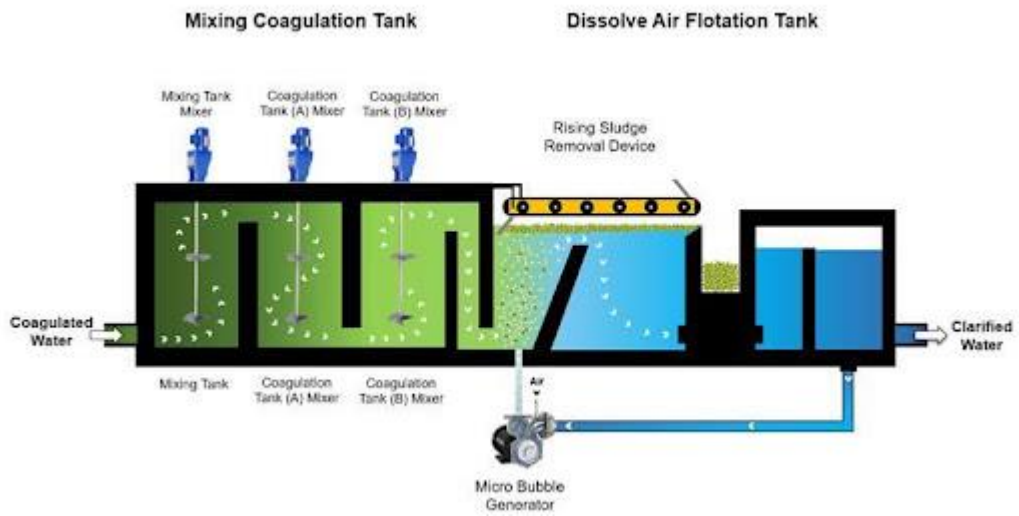
Sumber: Qasim, 2000

II.4.4 DAF (*Dissolved Air Flotation*)

II.4.1 Gambaran Umum

DAF adalah proses penyisihan minyak dan lemak yang melibatkan proses pemecahan emulsi di dalamnya. Dalam prosesnya, emulsi pada minyak dan lemak pada limbah dapat dipecahkan menggunakan berbagai cara, diantaranya proses pemanasan, destilasi, pelepasan gelembung udara, pembubuhan senyawa kimia, sentrifugasi, hingga filtrasi. Diantara proses tersebut, proses ultrafiltrasi merupakan proses yang paling efektif dalam memisahkan minyak dan asam lemak dari limbah industri yang diolah. Pada sistem (DAF), udara dilarutkan didalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang halus (30-120 mikron).

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif.



Gambar 2. 17 Proses DAF

Sumber: (<http://id.gyedaf.com/dissolved-air-flotation/daf-unit-water-treatment.html>)

➤ **Bak Pembunuh**

a. Kebutuhan koagulan

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{dosis koagulan} \times Q \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

Kebutuhan koagulan = jumlah koagulan tiap hari (kg/hari)

Dosis koagulan = dosis optimum koagulan (mg/L)

Q = debit air limbah (m³ /s)

Tabel 2. 9 Beberapa Jenis Koagulan dalam Proses Pengolahan Air

Nama Kimia	Nama Lain	Rumus Kimia	Berat Molekul	Wujud	Densitas Bulk (kg/m ³)	Specific Gravity	Kelarutan dalam air	Kadar Kimia (%w/w)	Kadar Air (% w/w)	pH Larutan
Aluminium Sulfat	Alum	Al ₂ (SO ₄) ₃ . 14, 3 H ₂ O	599,77	Putih terang Padat	1000-1096	1,25-1,36	Sekitar 872	Al :9,0-9,3	-	Sekitar 3,5
	Alum Cair	Al ₂ (SO ₄) ₃ . 49, 6 H ₂ O	1235,71	Putih atau terang abu – abu kekuningan, cair	-	1,30-1,34	Sangat larut	Al :4,0-4,5	71,2-74,5	-
Ferri Klorida	Besi (III) klorida, Besi Triklorida	FeCl ₃	162,21	Hijau-hitam, bubuk	721-962	-	Sekitar 719	Fe :Kira-kira 34	-	-
	Ferri klorin cair	FeCl ₃ . 6 H ₂ O	270,30	Kuning-coklat, bongkahan	962-102	-	Sekitar 814	Fe :20,3-21,0	-	-
		FeCl ₃ . 13,1 H ₂ O	398,21	Coklat kemerahan, cair	-	1,20-1,48	Sangat larut	Fe : 12,7-14,5	56,5-62,0	0,1-1,5
Ferri Sulfat	Besi (III) sulfat, Besi Persulfat	Fe ₂ (SO ₄) ₃ . 9H ₂ O	562,02	Merah-coklat, bubuk	1122-1154	-	-	Fe : 17,9-18,7	-	-
	Ferri sulfat cair	Fe ₂ (SO ₄) ₃ . 36,9H ₂ O	1064,64	Coklat kemerahan, cair	-	1,40-1,57	Sangat larut	Fe : 10,1-12,0	56,5-64,0	0,1-1,5
Ferro Sulfat	<i>Copperas</i>	FeSO ₄ .7 H ₂ O	278,02	Hijau, bongkahan kristal	1010-1058	-	-	Fe :Sekitar 20	-	-

(Sumber: Qasim, Syed R. 1985. Wastewater Treatment Plant: Planning, Design, and Operation, hal 161. New York: CBS College Publishing)

b. Volume tangki koagulan

$$V = \frac{\text{kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}} \times \text{periode pelarutan} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

V = volume koagulan (m³)

Kebutuhan koagulan = jumlah koagulan tiap hari (kg/hari)

koagulan = massa jenis koagulan (kg/m³)

Periode pelarutan = lama pelarutan (hari)

c. Kedalaman air di dalam tangki koagulan

$$V = V_{\text{koagulan}} + V_{\text{air pelarut}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

V = volume tangki koagulasi (m³)

V_{koagulan} = volume koagulan (m^3)

$V_{\text{air pelarut}}$ = volume air pelarut (m^3)

t_d = waktu detensi (s)

D = diameter tangki pembubuh (m)

H = kedalaman air dalam tangki pembubuh (m)

d. Suplai tenaga ke air

$$P = G^2 \times \mu \times V \dots\dots\dots(2.20)$$

(Sumber: Reynold, halaman 187)

Keterangan:

P = suplai tenaga ke air (watt)

G = gradien kecepatan (L/s)

μ = viskositas absolut (N.s/ m^2)

V = volume total tangki pembubuh (m^3)

Tabel 2. 10 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Waktu Pengadukan (t_d) (detik)	Gradien Kecepatan (L/detik)
20	1000
30	900
40	790
50 >	700

(Sumber: Reynolds, 1996, halaman 184)

e. Diameter *impeller*

$$D_i = \left(\frac{P}{K_T \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

D_i = diameter impeller/pengaduk (m)

P = suplai tenaga ke air (watt)

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

n = kecepatan putaran (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

Tabel 2. 11 Kriteria Impeller

Type <i>Impeller</i>	Kecepatan Putaran	Dimensi
<i>Paddle</i>	20-150 rpm	Diameter = 50-80% Lebar Bak Lebar = 0,1-0,167 Diameter Paddle
<i>Turbine</i>	10-150 rpm	Diameter = 30-50% Lebar Bak
<i>Propeller</i>	400-1750 rpm	Diameter = Max. 45 cm

(Sumber: Reynolds, 1996, halaman 184 dan 185)

Tabel 2. 12 Konstanta K_T dan K_L

Jenis Impeller	K_L	K_T
<i>Propeller, Pitch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, Pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan Turbine, 6 blades at 45°</i>	70	1,65
<i>Shrouded Turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded Turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12

<i>Flat Paddles, 2 blades (Single Paddle), $D_i/W_1 = 4$</i>	43	2,25
<i>Flat Paddles, 2 blades, $D_i/W_1 = 6$</i>	36,5	1,7
<i>Flat Paddles, 2 blades, $D_i/W_1 = 8$</i>	33	1,15
<i>Flat Paddles, 4 blades, $D_i/W_1 = 6$</i>	49	2,75
<i>Flat Paddles, 6 blades, $D_i/W_1 = 8$</i>	71	3,82

(Sumber: Reynolds, 1996, halaman 188)

f. Cek bilangan Reynold

$$NRe = \frac{(D_i)^2 \times n \times \rho}{\mu} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan: NRe = bilangan Reynold

D_i = diameter impeller/pengaduk (m)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

μ = viskositas absolut (N.s/m²)

(Reynold, 1996)

➤ **Bak Flotasi**

a. Tekanan Udara (P)

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 \times sa \cdot ((f \times P)^{-1})}{Sa} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan: P = Tekanan Udara (atm)

sa = Kelarutan udara (ml/liter)

f = Fraksi Kelarutan Udara

Sa = Influent Minyak & Lemak (mg/L)

A/S = Rasio Udara per Padatan (ml/mg)

b. Volume bak flotasi

$$V = (Q_{limbah} + Q_{pembubuh}) \times t_d \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan: V = Volume bak flotasi (m³)

Q limbah = Debit limbah masuk (m³ /detik)

Q pembubuh = Debit pembubuh (m³ /detik)

t_d = waktu detensi (detik)

c. Dimensi Bak Flotasi

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan : V = Volume bak flotasi (m³)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman air pada bak (m)

d. Kedalaman bak flotasi

$$H_{\text{total}} = H + \text{freeboard} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan: H_{total} = kedalaman bak (m)

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

Freeboard = 5% - 30%

e. *Surface Loading Rate* (SLR)

$$SLR = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan: SLR = Surface Loading Rate

Q = Debit Air Limbah (m³ /detik)

A = Luas permukaan (m²)

f. Jari- Jari Hidrolis

$$R = \frac{\text{Luas keliling basah}}{\text{Keliling penampang basah}} = \frac{B \times H}{B + (2H)} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan: R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

B = Lebar bak penampung (m)

➤ **Bak Penampung Minyak**

a. Minyak dan lemak tersisihkan

$$\text{Minyak dan lemak tersisih} = \text{Influent} \times \% \text{ removal} \dots\dots(2.29)$$

b. Massa Minyak dan lemak yang tersisihkan

$$m \text{ tersisih} = \text{Minyak dan lemak tersisih} \times Q \dots\dots\dots(2.30)$$

c. Debit Minyak dan lemak Tersisihkan

$$Q_m = \frac{m \text{ tersisih}}{\rho \text{ minyak}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan: Q_m = Debit minyak tersisihkan (m³ /hari)

m tersisih = massa minyak dan lemak tersisih (kg/hari)

ρ minyak = massa jenis minyak (kg/ m³)

d. Volume bak penampung

$$V_{\text{BPM}} = Q_m \times t_d \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan: V_{BPM} = volume bak penampung (m³)

Q_m = Debit minyak tersisihkan (m³ /hari)

t_d = waktu tinggal (hari)

e. Dimensi Bak Penampung

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.33)$$

$$H \text{ total} = H + \text{freeboard} \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan: V = Volume bak flotasi (m³)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman air pada bak (m)

$H \text{ total}$ = kedalaman bak (m)

Freeboard = 5% - 30%

➤ **Kebutuhan Udara**

a. Kebutuhan Teoritis

Kebutuhan Teoritis = Jumlah minyak & lemak yang tersisihkan
.....(2.35)

b. Kebutuhan O₂ teoritis

Kebutuhan O₂ teoritis = Kebutuhan teoritis × f
.....(2.36)

Keterangan : Kebutuhan teoritis = kebutuhan teoritis (kg/hari)
f = faktor desain

c. Σ Kebutuhan O₂ teoritis

Σ Kebutuhan O₂ teoritis = $\frac{\text{Kebutuhan O}_2 \text{ teoritis}}{\text{berat standar udara} \times \text{O}_2 \text{ dalam udara}}$ (2.37)

Keterangan : Kebutuhan O₂ teoritis = kebutuhan teoritis (kg/hari)
Berat standar udara = berat standar udara (kg/ m³)
O₂ dalam udara = Oksigen dalam udara (%)

d. Kebutuhan O₂ aktual

Kebutuhan O₂ aktual = $\frac{\Sigma \text{kebutuhan O}_2 \text{ teoritis}}{\text{Efisiensi diffuser}}$ (2.38)

Keterangan : Keb. O₂ aktual = Kebutuhan oksigen actual (m³ /menit)
Kebutuhan O₂ teoritis = kebutuhan teoritis (kg/hari)
Efisiensi diffuser = Efisiensi pada diffuser (%)

➤ **Desain Perpipaan Blower**

a. Panjang Pipa Lateral

$L_L = \frac{\text{Lebar bak flotasi} - \text{Ø pipa manifold}}{2} - \text{jarak pipa ke dinding} \dots(2.39)$

b. Jumlah pipa lateral pada tiap sisi pipa manifold

$L_M = n \cdot D_L + (n + 1) \cdot r_L \dots(2.40)$

c. Diffuser tiap pipa lateral

$$\text{Diffuser tiap pipa lateral} = \frac{\text{total pipa diffuser}}{\text{jumlah pipa lateral}} \dots\dots\dots(2.41)$$

d. Jarak antar diffuser

$$\frac{\text{panjang pipa lateral} - (\text{panjang diffuser} \times \text{jml diffuser tiap pipa lateral})}{\text{jumlah diffuser tiap pipa lateral}} \dots\dots\dots(2.42)$$

e. Jumlah lubang orifice pada tiap pipa lateral (n)

$$L_L = (n + 1) r + (n \times D_o) \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan: LM = panjang pipa manifold (m)
 LL = panjang pipa lateral (m)
 DM = Diameter pipa manifold (m)
 DL = Diameter pipa lateral (m)
 DO = diameter lubang orifice (m)
 rL = jarak antar pipa lateral (m)
 rO = jarak antar lubang orifice (m)

II.4.6 Sedimentasi

II.4.6.1 Gambaran Umum Unit Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.

- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

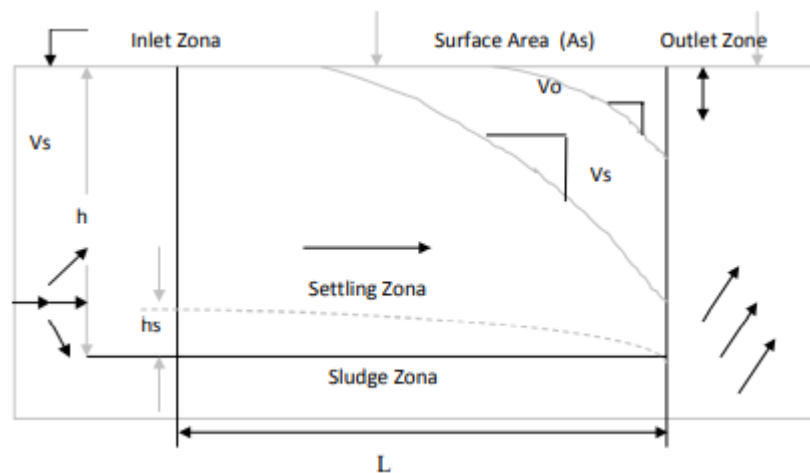
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
- b. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
- c. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
- d. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :



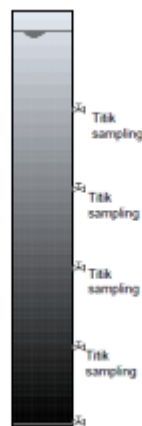
Gambar 2. 18 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, Water Supplay Engineering Design)

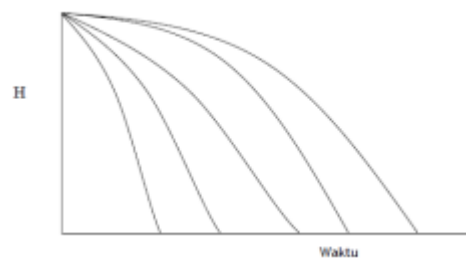
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- Zona Inlet = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak)
- Zona Settling = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada $1/5$ volume bak.
- Zona Outlet = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.

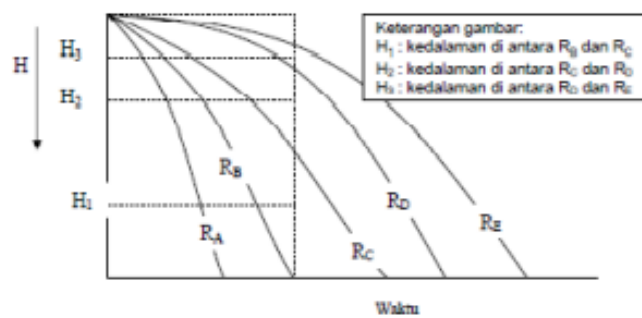


Gambar 2. 19 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2. 20 Grafik Isoremoval

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .



Gambar 2. 21 Penentuan Kedalaman H_1 , H_2 dst.

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) + \frac{H_3}{H} (R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamany waktu pengendapan dan surface loading atau overflow rate bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah :

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)

2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan overflow rate (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan overflow rate (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk overflow rate, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (Reynold dan Richards, 1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. Horizontal - flow Sedimentation

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah:

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah

- Operasional dan perawatannya mudah

Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. Upflow Sedimentation Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

II.4.6.2 Rumus Perhitungan Unit Sedimentasi

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh over flow rate, detention time dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari faktor- faktor tersebut adalah sebagai berikut :

1. Detention time (t) Membuat bak rectangular, aliran air memiliki kecepatan horisontal (V_o), sedangkan pengendapan partikel memiliki kecepatan pengendapan (V_s). Waktu detensi air secara teoritis adalah :

$$t = \frac{l}{v_o}$$

Keterangan:

l = panjang bak

Waktu detensi secara teoritis untuk pengendapan flok adalah:

$$t_s = \frac{h}{v_s}$$

Keterangan:

h = kedalaman bak

Sedangkan untuk removal partikel $t = t_s$, maka waktu detensi dapat ditentukan oleh faktor lebar dan kedalaman bak.

2. Over Flow Rate

$$S_o = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

S_o = Over flow rate (m/jam)

Q = Debit (m³/jam)

A_s = Surface area (m²)

Over flow rate ditentukan oleh surface area dimana semakin besar surface area, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin. Apabila o , maka semakin besar h akan menurunkan efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

3. Batch settling test

Batch settling test digunakan untuk mengevaluasi karakteristik pengendapan suspensi flokulen. Diameter column untuk tes 5 – 8 inch (12,7 – 20,3 cm) dengan tinggi paling tidak sama dengan kedalaman bak pengendap. Sampel dikeluarkan melalui pori pada interval waktu periodik. Prosentase penghilangan dihitung untuk masing – masing sampel yang diketahui konsentrasi suspended solidnya dan konsentrasi sampel. Prosentase penghilangan diplotkan pada grafik sebagai nilai penghilangan pada grafik waktu vs kedalaman. Lalu dibuat interpolasi antara titik – titik yang diplot dan kurva penghilangan, R_a , R_b , dst.

Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut adalah sebagai berikut :

- Jumlah bak minimum = 2
- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
- Waktu detensi = 1,5 – 4 jam
- Surface loading = 1,25 – 2,5 m/jam
- Panjang/lebar = minimum $\frac{1}{4}$

- Kedalaman air/panjang = minimum 1/15
- Weir loading rate = 9 – 13 m³/m.jam

Bak sedimentasi dapat berupa circular, rectangular atau square dengan kedalaman 2-5 m. Dimana rectangular mempunyai panjang sampai 50 m dan lebar 10 m sedangkan square tank mempunyai panjang \pm 2,5 m. Slope ruang lumpur berkisar antara 2% - 6%, bilangan Reynolds < 2000 agar aliran laminar.

II.4.7 Filtrasi

II.4.7.1 Gambaran Umum Unit Filtrasi

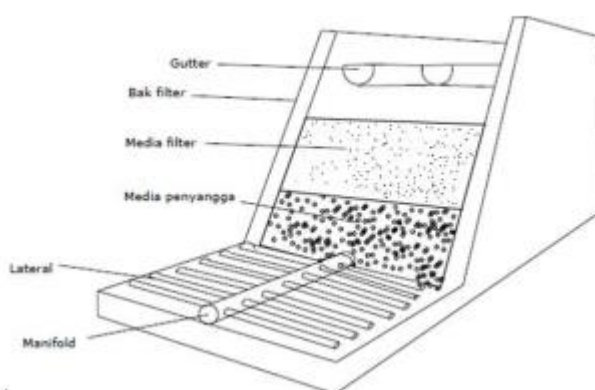
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri.

Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
- d. Proses adsorpsi atau proses eletrokinetik.
- e. Proses koagulasi di dalam filter.
- f. Proses biologis di dalam filter.
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flokyang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.21 dapat dilihat bagian-bagian filter



Gambar 2. 22 Bagian-bagian Filter

Sumber : Reynold/Richards (1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomaceous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, rapid sand filters memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m³ /m² .hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³ /m² .hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara

0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan slow sand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari headloss filter saat itu.

Keuntungan menggunakan rapid sand filters adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan slow sand filters. Sedangkan kekurangan dari rapid sand filters adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size).

Kriteria untuk keperluan rapid sand filter adalah: Singel media pasir:

$$UC = 1,3 - 1,7$$

$$ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$$

Untuk dual media:

$$UC = 1,4 - 1,9$$

$$ES = 0,5 - 0,7$$

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50
3	Dasar filter a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10

• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100
ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15
• Kedalaman (mm)	80 – 150	80 – 150
ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30
• Kedalaman (mm)	< 0,5	< 0,5
ukuran butir (mm)	> 4%	> 4%
• Kedalaman (mm)		
ukuran butir (mm) b.		
Filter Nozel		
• Lebar slot nozel (mm)		
• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)		

Sumber: SNI 6774-2008

2 Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
----------	--------------------

Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Effective size 0,25-0,3 mm, uniformity coefficient 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi Filter run	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir 20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

Sumber: Schulz & Okun (1984)

3 Filter Bertekanan

Filter bertekanan (pressure filter) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan

terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa atau dengan blower & atau surface wash 72 – 198 - - 30 – 50
3	Media pasir <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Media ganda • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas • Kadar SiO₂ 	300 – 700 600 – 700 300 – 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%
4	Media antransit <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • ES (mm) • UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas 	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
5	Dasar filter Filter Nozel	

<ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	<p>< 0,5</p> <p>> 4%</p>
--	--------------------------------

Sumber: SNI 6774-2008

4 Hidrolika Pencucian (Backwash)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (headloss) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (upflow) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu:

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter

II.4.8 Desinfeksi

II.4.8.1 Gambaran Umum Klorinasi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak

antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah :

1. Menghilangkan bau
2. Mematikan alga
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amina
5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

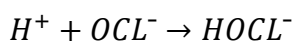
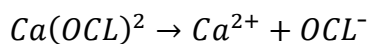
1. Waktu kontak
2. Konsentrasi desinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperature air
5. pH
6. adanya senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya.

1. Desinfeksi dengan Ozon Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

2. Desinfeksi dengan UV Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek garmicial adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam air kemudia diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu :



Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 syarat : - Dosis yang cukup - Waktu kontak yang cukup, minimum 30 menit

4 Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang

dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

II.4.8.2 Rumus Perhitungan Unit Klorinasi

Berikut rumusan untuk menghitung kebutuhan klor.

1. Penetapan DPC

$$DPC = ([1000/250 \times V \times M] - D) \text{ mg/l}$$

Keterangan:

V = ml larutan kaporit 0,1% yang ditambahkan

M = kadar kaporit dalam air (misalnya = 60%)

D = sisa klor dalam air

2 Hitung dosis klor

$$\text{Dosis klor (mg/L)} = DPC + \text{sisa klor}$$

3 Kebutuhan klor

$$Q \times \text{Dosis klor} \times \text{Kemurnian}$$

4 Volume klor

$$\text{Kebutuhan klor} / \text{Berat jenis klor}$$

5 Volume pelarut

$$\frac{100 - \text{konsentrasi larutan}}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$$

6. Volume Larutan Klor

$$\frac{100}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$$

7. Dimensi bak

$$\text{Dimensi bak} = p \times l \times t$$

II.4.9 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik.

Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah.



Gambar 2. 23 Reservoir Permukaan

Sumber: (http://ciptakarya.pu.go.id/pspam/?section=galeri_foto&page=4)

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



Gambar 2. 24 Reservoir Menara

Sumber: (<https://www.bermad.com.au/training-resources/videos/elevated-reservoir-level-control-altitude-pilot-modulating-altitude-valve/elevated-reservoir-level-control-altitude-pilot-modulating-altitude-valve/>)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Reservoir Tanki Baja

Banyak reservoir menara dan “standpipe” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap

karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “Cathodic Protection”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



Gambar 2. 25 Reservoir Tanki Baja

Sumber:(<https://www.toyaartasejahtera.net/wp-content/uploads/2020/05/a7361448-1476-402d-abe5-ef62a4f02d35-4-1.jpg>)

2. Reservoir Beton Cor

Tanki dan reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.



Gambar 2. 26 Reservoir Beton Cor

Sumber: (<https://readymix.co.id/aplikasi-dan-fungsi-ground-tank-beton-berikut-pemeliharaan/>)

3. Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan pengisi dinding bangunan sudah umum kita lihat diberbagai bangunan dari dulu hingga kini. Selain sudah teruji kekuatannya, untuk mendapatkan material ini pun tidak susah. Kelebihan dari menggunakan material ini adalah kekuatan, kekokohan serta tahan lama sehingga jarang sekali terjadi keretakan dinding. Kekurangannya adalah dari sulitnya membuat pasagan bata yang rapi sehingga membutuhkan plesteran yang cukup tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kecenderungan pemborosan dalam penggunaan material perekatnya.



Gambar 2. 27 Reservoir Pasangan Bata

Sumber:

(https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/aee05_3._Fungsi_Ground_Reservoir.docx.pdf)

4. Reservoir Fiberglass

Penggunaan fiberglass sebagai bahan untuk membuat reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tanki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



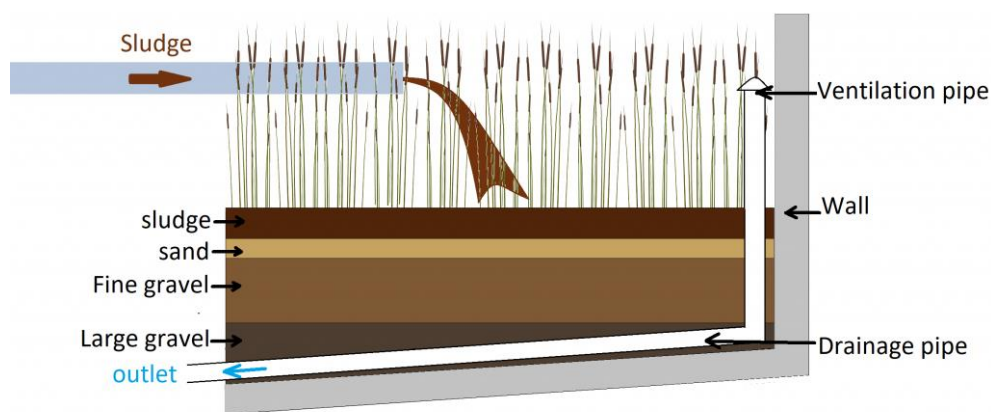
Gambar 2. 28 Reservoir Fiberglass

Sumber: (<http://www.garudajaya.com/product/tangki-fiberglass-untuk-cairan-kimia/>)

II.4.10 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / sludge dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / sludge diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam sludge drying bed terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari sludge drying bed diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. Sludge drying bed pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join). (Metcalf & Eddy, 2003)

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada sludge drying bed. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki effective size antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan sludge drying bed. (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 29 Sludge Drying Bed

Sumber : (<https://maji-solutions.com/planted-drying-beds-focus/>)

Pipa inlet pada bangunan sludge drying bed harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran sludge dilakukan dengan mengalirkan

air tegak lurus dengan posisi sludge drying bed guna mengurangi kecepatan alir saat sludge memasuki bangunan pengering. (Metcalf & Eddy, 2003)

Padatan pada sludge drying bed hanya dapat dikuras dari bangunan sludge drying bed setelah sludge mengering. Sludge / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam sludge / lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila sludge / lumpur telah dikeruk menggunakan scrapper atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan. (Metcalf & Eddy, 2003)

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor sludge drying bed dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003).

II. 5 Persen Removal

Tabel 2. 16 Persen Removal

NO	Bangunan	Parameter	%removal	Sumber
1.	Intake	-	-	-
2.	Prasedimentasi	BOD dan COD	40-60%	Syed R. Qasim, Wastewater Treatment Plants Design and Operation hal. 263
3.	Aerasi	Meremoval H ₂ S (Sulfida)	100%	Droste hal. 362
		menghasilkan DO sebesar 4,8 mgO ₂ /		Ali Masduqi,2016 , Operasi dan proses pengolahan air. Hal 291
		BOD	95%	(Limbah et al.,

				<p>n.d.)Limbah, K., Berdasarkan, C., Kimia, P., Rumah, O., Hewan, P., Jember, S. X., Dwi, E., Sari, A., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. (n.d.). <i>Digital Repository Universitas Jember Liquid Waste Content Based on Chemical Parameters at Animal Slaughterhouse ' s Inlet and Outlet Digital Repository Universitas Jember.</i> 2(September 2018), 88–94.</p> <p>- (Mirwan et al., 2010) Mirwan, A., Wijaya, U., Ananda, A. R., Wahidayanti, N., Yani, J. A., 36 Banjarbaru, K., & Selatan, K. (2010). Penurunan Kadar Bod, Cod, Tss, Co 2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. <i>Th.XXVIII</i>, 76, 72–77.</p>
		COD	39-90%	

		Mereduksi N-total pada perairan air baku	Nitrat : 0-2-% Nitrit : 20-60%	(Mueller & Boyle, 2020)Mueller, J. A., & Boyle, W. C. (2020). <i>Aeration : Principles and practice Aeration : Principles and practice</i> (Vol. 11).
5.	DAF			
	*Koagulasi	-	-	-
	* Flokulasi	-	-	-
	*Flotasi	Mereduksi Minyak lemak		
	*Skimming (DAF)	TSS	65-95%	Qasim hal 159
6.	Sedimentasi	TSS	60-80 %	Huisman Hal. 14
7.	Filtrasi menggunakan pasir silika	TSS	75%	Reynolds/Richards 2nd, Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, page 321
8.	Desinfeksi	Coliform	94,90%	David Hendrik Hal.607 (Water Treatment Unit Process)

II.6 Profil Hidrolis

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan dan kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.

a. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

a.) Kehilangan tekanan pada saluran terbuka

- b.) Kehilangan tekanan pada bak
- c.) Kehilangan tekanan pada pintu air
- d.) Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus

b. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu:

- a.) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
- b.) Kehilangan tekanan pada perpipaan
- c.) Kehilangan tekanan pada aksesoris
- d.) Kehilangan tekanan pada pompa

II.6.1 Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara: a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir b. Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well. c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama d. Jika tinggi muka air bangunan selanjutnya lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa untuk menaikkan air.