

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Pada perancangan instalasi pengolahan air baku dibutuhkan baku mutu agar dapat menilai bahwa air tersebut telah layak atau tidak untuk digunakan. Sehingga setelah mengetahui karakteristik limbah, maka karakteristik tersebut harus dibandingkan dengan karakteristik yang ada. Baku mutu yang digunakan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum bagi persyaratan air bersih. Baku mutu menurut PERMENKES Nomor 32 Tahun 2017 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Standar Baku Mutu

NO	Parameter	Satuan	Baku Mutu
FISIK			
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	TDS	mg/l	1000
3.	Suhu	°C	±3 suhu udara
BIOLOGI			
4.	Total coliform	CFU/100mL	50
5.	E.coli	CFU/100mL	0
KIMIA			
6.	pH	pH Unit	6,5-8,5
7.	MBAS/Detergen	µ/L	50
8.	Fe	mg/l	1
9.	Fluorida	mg/l	1,5
10.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
11.	Mangan	mg/l	0,5
12.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
13.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
14.	Sianida	mg/l	0,1
15.	Pestida total	mg/l	0,1

(Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Inonesia Nomor 32 Tahun 2017)

Dalam air baku yang digunakan yaitu air permukaan (air sungai) mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

2.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan adalah standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidy unit*) atau FTU (*formazin turbidy unit*), kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan disebabkan adanya kandungan TSS (total suspended solid) baik yang bersifat organik ataupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya.

Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi dari 25 NTU. Penurunan kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah, hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan.

2.1.2 TSS

Padatan tersuspensi atau biasa disebut *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan padatan yang mengandung senyawa organik maupun anorganik yang tersaring oleh kertas saring dengan pori 0,45 μm . kandungan yang ada didalam padatan tersuspensi umumnya memiliki dampak yang buruk bagi kualitas air karena kurangnya sinar matahari yang masuk kedalam badan air, sehingga mengakibatkan pertumbuhan organisme penting dalam air menjadi terhambat.

2.1.3 Total Coliform

Coliform adalah sekelompok bakteri termasuk sekitar 18 spesies bakteri, yang menunjukkan kualitas sanitasi air minum. Secara umum, *coliform* adalah bakteri non-patogen yang tidak menyebabkan penyakit. Namun, keberadaan coliform dalam air minum memberikan petunjuk bahwa bakteri patogen juga dapat memasuki sumber air minum tertentu bersama dengan kontaminasi limbah. Karena itu, *coliform* dalam air

minum dianggap sebagai bahaya kesehatan yang potensial untuk dikonsumsi manusia. Hasil tes laboratorium menunjukkan 'hadir *coliform*' atau '*coliform* absen'. Sampel yang diklasifikasikan sebagai '*absen coliform*' tidak mengandung *coliform* tunggal.

Ciri *coliform* yang paling signifikan adalah kemampuannya untuk memfermentasi laktosa, menghasilkan asam dan gas. Dua jenis *coliform* adalah *fecal coliforms* dan *non-fecal coliforms*. Fermentasi *coliform fecal laktosa* pada 44° C sedangkan fermentasi *coliform non-fecal* pada 37° C. Genera khas *coliform* adalah *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, dan *Escherichia*.

2.1.4 E.Coli

Bakteri *e. coli* merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, di mana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri *Coliform* ini menghasilkan *zat etionin* yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti *indol* dan *skatol* yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Pracoyo, 2006).

Bakteri *coliform* dalam air minum dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu *coliform total*, *fecal coliform*, dan *E. coli*. Masing-masing memiliki tingkat risiko yang berbeda. *Coliform total* kemungkinan bersumber dari lingkungan dan tidak mungkin berasal dari pencemaran tinja. Sementara itu, *fecal coliform* dan *E. coli* terindikasi kuat diakibatkan oleh pencemaran tinja, keduanya memiliki risiko lebih besar menjadi patogen di dalam air. *Bakteri fecal coliform* atau *E. coli* yang mencemari air memiliki risiko yang langsung dapat dirasakan oleh manusia yang mengonsumsinya. Kondisi seperti ini mengharuskan pemerintah bertindak melalui penyuluhan kesehatan, investigasi, dan memberikan solusi untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (Pracoyo, 2006).

2.1.5 MBAS/Deterjen

Deterjen adalah senyawa yang berasal dari bahan kimia organik sintetik (terutama surfaktan) yang memiliki daya yang kuat. Deterjen adalah media pembersih sintetik yang terdiri dari senyawa-senyawa yang mampu melepaskan kotoran, minyak dan membunuh bakteri yang berguna serta mendorong pertumbuhan alga jika terdapat dalam limbah yang masuk ke dalam badan air. Deterjen harus dihindari memasuki ke badan perairan untuk menghindari eutrofikasi lingkungan perairan, karena deterjen mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang bersifat patogen bagi spesies di alam dengan beban yang lebih tinggi di sungai (El-Gawad,2014). Deterjen memegang peran penting terhadap peningkatan pencemaran yang berasal dari air limbah pemukiman daerah dalam bentuk deterjen rumah tangga, limpasan pertanian dalam bentuk herbisida dan insektisida dari industri tertentu. Deterjen terdiri dari:

1. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan bahan utama deterjen
2. Builder (Permbentuk) berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air
3. Filler (pengisi) adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas
4. Aditif adalah bahan suplemen / tambahan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dst, tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. Additives ditambahkan lebih untuk maksud komersialisasi produk.

2.2 Unit Instalasi Pengolahan Air Minum

2.2.1 Intake

Intake adalah bangunan penangkap air dari sumber air baku yang berasal dari air permukaan (sungai atau danau). Fungsinya adalah untuk mengambil air baku dari air permukaan dan dialirkan ke unit-unit pengolahan. Bangunan intake menurut cara pengambilannya dibedakan menjadi dua jenis pembagiannya, yaitu terbagi dua (Kawamura, 1991):

1. Intake gravitasi

Intake gravitasi adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan prinsip gravitasi.

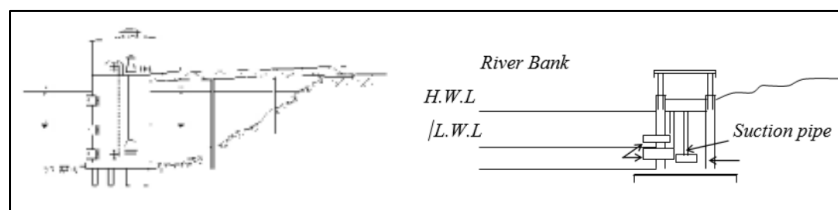
2. Intake pemompaan

Intake pemompaan adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan bantuan pompa. Selain itu berdasarkan sumber air permukaannya, bangunan intake juga dapat dibagi atas (Kawamura, 1991).

Salah satu intake yang digunakan yaitu river intake. Kriteria pemilihan lokasi river intake adalah sebagai berikut:

- 1) Kualitas air
- 2) Kemungkinan perubahan yang terjadi
- 3) Minimasi efek negative
- 4) Adanya akses yang baik guna perawatan dan perbaikan (*maintenance*);
- 5) Adanya tempat bagi kendaraan;
- 6) Adanya lahan guna penambahan fasilitas pada masa yang akan datang;
- 7) Kuantitas air;
- 8) Efek terhadap kehidupan aquatik di sekitarnya;
- 9) Kondisi geologis.

Biasanya intake sungai diletakkan di pinggir sungai. Lokasi perletakan intake dipilih pada daerah belokan sungai guna menghindari penumpukan sedimen. Tipe konstruksi *intake* yang digunakan umumnya pada intake sungai digunakan tipe *shore intake*. Selain itu ada juga yang menggunakan *tower intake*, *siphone well intake*, *suspended intake*, dan *floating intake*.



Gambar 2.1 Shore Intake dan River intake

(Sumber: Kawamura, 1991)

1. Mencari Debit tiap Intake

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}}$$

Keterangan : Q = debit (m³/s)
 Σ pipa = Jumlah Pipa Intake

2. Mencari Luas

$$A = \frac{Q_{\text{pipa intake}}}{v}$$

Penampang Pipa Inlet

Keterangan : A = Luas Penampang (m²)
 Q = debit (m³/s)
 v = Kecepatan (m/s)

3. Mencari Diameter Pipa Inlet

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5}$$

Keterangan : D = Diameter Pipa (m)
 A = Luas Penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = Q/A$$

Keterangan : v = Kecepatan (m/s)
 Q = debit (m³/s)
 A = luas penampang (m²)

5. Head Losses Mayor sepanjang Pipa

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

Keterangan : H_f = Headlosses Mayor (m)
 Q = debit (m³/s)
 L = Panjang Pipa (m)
 C = Koefisien Kekasaran Pipa
 D = Diameter Pipa (m)

Tabel 2.2 Koefisien Kekasaran Pipa Haen- Williams

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

Sumber : Evett & Liu (1987)

6. Head Losses Minor (H_m)

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2g}$$

Keterangan: H_m = minor losses (m)
 k = koefisien kehilangan energiv
 = kecepatan (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m²/s)

Tabel 2.3 Nilai K untuk Kehilangan Energi

Valve, Fittings, and Specials	K value
Entrance, suction bell (32 in) 81 cm	0,004
90° 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
90° 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

$$S_{HWL} = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan: S = Slope Pipa (m/m)

L =

Panjang

Pipa (m)

Hf

= Head Losses

(m)

8. Jumlah Kisi pada

Bar Screen (n)D

$$= n \times d \times (n+1) \times r$$

Keterangan : n = Jumlah Kisi

d = Lebar Batang Kisi (m)

r = Jarak Antar Kisi (m)

D = Lebar Screen (m)

9. Mencari Velocity Head (hv)

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan: hv = Velocity head (m)
 v = kecepatan (m/s)
 g = percepatan gravitasi (m2/s)

10. Headloss melalui screen (Hf_{screen})

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

dimana: β = Koefisien minor losses (m)
 w = lebar bar (cm)
 b = jarak antar bar (cm)

Tabel 2.4 Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> (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*

2.2.2 Prasedimentasi

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*, *v_{horizontal}* (vh), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996).

Proses pengendapan yang terjadi di unit prasedimentasi merupakan pengendapan partikel diskret. Partikel diskret adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun berat pada saat mengendap. Pada saat mengendap, partikel diskret tidak terpengaruh oleh konsentrasi partikel dalam air karena partikel diskret mengendap secara individual dan tidak ada interaksi antar partikel. Contoh partikel diskret adalah silika, silt, serta lempung. Partikel diskret memiliki spesifik gravity sebesar 2,65 dengan ukuran partikel < 1 mm dan kecepatan mengendap < 100 mm/detik.

Pengendapan partikel diskret merupakan jenis pengendapan tipe I, yaitu proses pengendapan yang berlangsung tanpa adanya interaksi antar partikel. Selain pengendapan partikel diskret, contoh lain pengendapan tipe I adalah pengendapan partikel grit pada grit chamber. Contoh partikel grit adalah pasir, dengan spesifik gravity antara 1,2-2,65 dengan ukuran partikel $\leq 0,2$ mm dan kecepatan pengendapan sebesar 23 mm/detik.

Konsentrasi SS yang tinggi tersebut dapat membebani unit-unit pada bangunan pengolahan air minum, sehingga diperlukan sebuah unit sebagai pengolahan pendahuluan agar tidak membebani unit selanjutnya. Pengolahan pendahuluan umumnya dilakukan dengan menggunakan unit prasedimentasi. Unit prasedimentasi merupakan unit dimana terjadi proses pengendapan partikel diskret. Partikel diskret adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun berat pada saat mengendap. Pengendapan dapat berlangsung dengan efisien apabila syarat-syaratnya terpenuhi. Menurut Lopez (2007), efisiensi pengendapan tergantung pada karakteristik aliran, sehingga perlu diketahui karakteristik aliran pada unit tersebut.

Adanya ketidakseimbangan pada zona inlet dapat menyebabkan adanya aliran pendek, turbulensi, dan ketidakstabilan pada zona pengendapan (Kawamura, 2000). Begitu juga halnya terhadap zona lumpur. Zona lumpur merupakan zona dimana terkumpulnya partikel diskret yang telah terendapkan. Apabila terjadi aliran turbulen,

partikel diskret yang telah terendapkan dapat mengalami penggerusan, sehingga partikel yang telah terendapkan dapat kembali naik. Zona outlet juga mempengaruhi karakteristik aliran, sehingga zona outlet harus didesain untuk meminimalisasi terjadinya aliran pendek.

Menurut Nurmalita (2013), kekeruhan yang terjadi pada air sangat ditentukan oleh besarnya kandungan *total suspended solids* (TSS) dan *total dissolved solids* (TDS). Dimana semakin tinggi TSS dan TDS di setiap stasiun pengukuran akan menghasilkan kekeruhan yang lebih tinggi.

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 laminar).

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)

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antarlain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.4 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

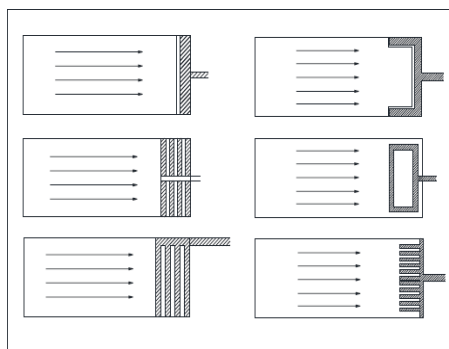
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. *Weir loading rate* adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya.

Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk *weir loading rate* dari berbagai sumber.

Tabel 2.5 Beragam Weir Loading Rate dari Beragam Sumber

<i>Weir Loading Rate</i> (m ³ /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
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.



Gambar 2.2 Beragam Susunan Pelimpah Pada Outlet

(Sumber: Qasim et al., 2000)

2.2.3 Biofiltrasi

Biofilter Aerob adalah unit pengolahan air limbah dengan prinsip biofilm atau biofilter terendam yang dialirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah terisi dengan media untuk pengembangbiakan bakteri dengan penambahan oksigen melalui aerasi. Terdapat beberapa cara untuk penginjeksian oksigen antara lain aerasi samping, aerasi tengah, aerasi merata, aerasi eksternal, aerasi dengan air lift pump, dan aerasi dengan cara mekanik. Sistem aerasi atau injeksi oksigen bergantung pada jenis media yang dipakai dan efisiensi yang akan dicapai (Said, 2017).

Menurut Said (2017), beban pencemar biofilter aerob lebih rendah sehingga ditempatkan setelah proses anaerob terjadi. Efluen pengolahan anaerobic masih mengandung zat organik dan nutrisi dikonversi menjadi sel bakteri baru, hydrogen maupun karbon dioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen. Parameter polutan yang ada pada air limbah seperti BOD, COD, ammonia, dan fosfor akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan media. Parameter polutan tersebut didegradasi oleh mikroorganisme yang terdapat pada lapisan biofilm dengan menggunakan oksigen yang terlarut. Sehingga energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa.

Air dilimpaskan menuju ke biofilter dari bak pengendap. Tujuan dari dilewatkannya dahulu air ke bak pengendap adalah untuk mengendapkan partake

lumpur, pasir dan kotoran organik yang tersuspensi. Bak pengendap juga berfungsi untuk mengatur aliran. Di dalam reaktor biofilter diisi dengan media plastik tipe sarang tawon serta pemberian aerasi dengan menghembuskan udara melalui diffuser untuk membantu mikroorganisme mengurai zat organik. Mikroorganisme akan tumbuh dan menempel pada media. Mikroorganisme yang tumbuh dapat secara tersuspensi maupun melekat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penguraian bahan organik, deterjen serta proses nitrifikasi dan penyisihan amoniak menjadi lebih besar. Proses ini merupakan aerasi kontak (Said, 2017). Media yang diisi pada ruang bed media memiliki kriteria tersendiri. Beberapa kriteria tersebut antara lain adalah mempunyai luas permukaan spesifik besar, tahan terhadap penyumbatan, dibuat dari bahan inert, harga per unit luas permukaannya murah, ringan, fleksibel, pemeliharaan mudah dan kebutuhan energi kecil. Tujuan dari pemilihan media ini adalah untuk memperoleh luas permukaan yang luas dan murah, biaya konstruksi reaktor rendah dan tidak adanya penyumbatan (Said, 2017)

Di dalam reaktor biofilter ini, mikroorganisme menempel, tumbuh dan melapisi keseluruhan permukaan media. Pada saat beroperasi air mengalir melalui celah-celah media dan berhubungan langsung dengan lapisan massa mikroba (biofilm). Permukaan media yang kontak dengan air yang mengandung polutan atau nutrisi yang terdapat dalam air buangan ini mengandung mikroorganisme yang membentuk lapisan aktif biologis. Proses awal pertumbuhan mikroba dan pembentukan lapisan film pada media membutuhkan waktu antara 15 sampai 60 hari, tergantung dari komposisi air yang akan diolah. Pada awalnya tingkat efisiensi penyisihan polutan sangat rendah, selanjutnya mengalami peningkatan dengan terbentuknya lapisan film yang setabil. Sehingga Penggunaan proses biofiltrasi dapat menghilangkan senyawa polutan yang tidak bisa dihilangkan dengan proses konvensional misalnya, zat organik, amoniak, deterjen, pestisida, dll. Senyawa tersebut dapat diuraikan dengan proses biologis secara alami (natural). Namun pembentukan biofilm tersebut semakin hari akan semakin tebal, maka dibutuhkan pergantian media biofilter secara berkala, berdasarkan jurnal

pergantian biofilm terjadi setiap 4-5 bulan, tergantung pada banyaknya polutan yang melewati biofilter. (Widayat, 2015)

Di dalam proses pengolahan air limbah secara anaerob, akan dihasilkan gas metan, amoniak dan gas H₂S yang menyebabkan bau busuk. Oleh karena itu untuk pengolahan air unit reaktor biofilter anaerob dibuat tertutup dan dilengkapi dengan pipa pengeluaran gas dan jika perlu dilengkapi dengan filter penghilang bau. (Pedoman Teknis Biofilter, 2011)



Gambar 2.3 Pipa Gas pada Biofilter Anaerob

(Sumber: Pedoman Teknis Biofilter, 2011)

Kriteria perencanaan menurut Said (2017), yaitu:

- Waktu tinggal (td) = 6 – 8 jam
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Volume media = 0,4 – 4,7 kg MBAS /m³hari
- Satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g/m².hari
- Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 0,9 – 1,5 m
- Efisiensi penyisihan = MBAS/detergen: 29-93%
- Media Biofilter
 - Tipe: Sarang tawon
 - Material: PVC Sheet
 - Ketebalan: 0,15 – 0,23 mm

- Luas Kontak Spesifik: 150 – 226 m²/m³
- Diameter lubang = 3 cm x 3 cm
- Berat Spesifik: 30 – 35 kg/m³
- Porositas Rongga: 0,98

2.2.4 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Yang terjadi dalam proses ini adalah dengan membubuhkan bahan kimia yang mempunyai kemampuan membasmi bakteri patogen seperti klor. Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara chlor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa chlor yang sering digunakan adalah kaporit $Ca(ClO)_2$ yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak chlorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis chlor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. *Chlorin* $Ca(ClO)_2$ merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan.

Karakteristik desinfektan yang baik:

1. Efektif membunuh mikroorganisme patogen
2. Tidak beracun bagi manusia/hewan domestik
3. Tidak beracun bagi ikan dan spesies akuatik lainnya
4. Mudah dan aman disimpan, dipindahkan, dibuang
5. Rendah biaya
6. Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
7. Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

Ada banyak hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah

1. oksidan kimia
2. iradiasi
3. pengolahan termal dan
4. pengolahan elektrokimia.

Jenis-jenis desinfeksi:

1. Desinfeksi Kimiawi

Desinfektan yang paling sering digunakan adalah kaporit $Ca(ClO)_2$ dan gas *chlor* (Cl_2).

Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 syarat:

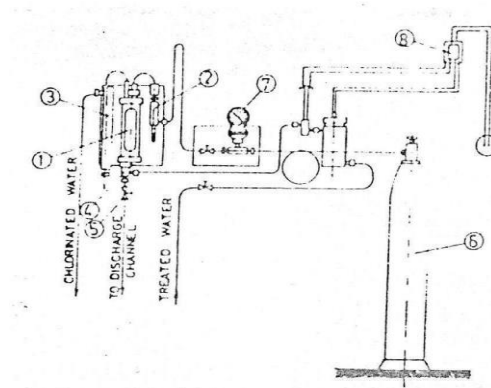
- 1) Dosis yang cukup
- 2) Waktu kontak yang cukup, minimum 30 menit

Selain itu diperlukan proses pencampuran yang sempurna agar desinfektan benar-benar tercampur. Desinfeksi menggunakan ozon lazim digunakan untuk desinfeksi hasil pengolahan *waste water treatment*.

2. Desinfeksi Fisik

Desinfeksi menggunakan ultraviolet lebih aman daripada menggunakan klor yang beresiko membentuk trihalometan yang bersifat karsinogenik, tetapi jika digunakan ultraviolet sebagai desinfektan maka instalasi distribusi harus benar-benar aman dan menjamin tidak akan ada kontaminasi setelah desinfeksi. Apabila kontaminan masuk setelah air didesinfeksi, maka kontaminan tersebut akan tetap berada dalam air dan sampai ke tangan konsumen. Selain itu, biaya yang diperlukan juga lebih besar dibandingkan dengan desinfeksi menggunakan

kaporit. Umumnya desinfeksi dilakukan sesaat sebelum air didistribusikan kepada konsumen.



Gambar 2.4 Bak klorinasi

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, yaitu:

- 1) Dosis *chlorine*
- 2) Senyawa chlorine yang biasa digunakan
- 3) Metode aplikasi
- 4) Desain bak
- 5) Meteran air klorinasi
- 6) Filter
- 7) Pipa pengadukan
- 8) Koneksisitas air
- 9) Out valve
- 10) *Cloryne clynder*
- 11) *Manometer*
- 12) *Relay*

Senyawa chlorine yang digunakan dalam pengolahan air minum adalah:

1. *Chlorine (Cl₂)*
 - a. Merupakan gas yang sangat beracun dan sangat korosif sehingga ventilasi pada permukaan atau level lantai diperlukan.

- b. Liquid dan gas chlorin ditangani dalam pipa besi tempa, tetapi larutan chlorin dengan korosif tinggi ditangani dengan pipa plastik.
 - c. Storage disediakan untuk supply 30 hari.
2. *Calcium Hypochlorite* $Ca(ClO)_2$
 - a. Merupakan senyawa chlor yang paling sering dipakai untuk desinfektan
 - b. Mengandung 70% Chlorine
 3. *Sodium Hypochlorite* ($Na(OCl)$)
 - a. Tersedia dengan jumlah 1,5 - 15%
 - b. Larutan dapat didekomposisi lebih cepat pada konsentrasi tinggi

2.2.5 Reservoir

Reservoir pada Instalasi Pengolahan Air Minum mempunyai fungsi untuk menampung air hasil olahan IPAM sebelum didistribusikan ke konsumen. Bangunan ini selain digunakan untuk keperluan konsumen juga digunakan untuk keperluan instalasi. Maksud dari keperluan instalasi disini misalnya untuk proses backwash, pembersihan instalasi, pelarutan bahan kimia dll. Reservoir bisa berupa ground reservoir dan elevated reservoir. Jenis-jenis reservoir berdasarkan perletakkannya antara lain:

1. *Elevated Reservoir* (menara reservoir)

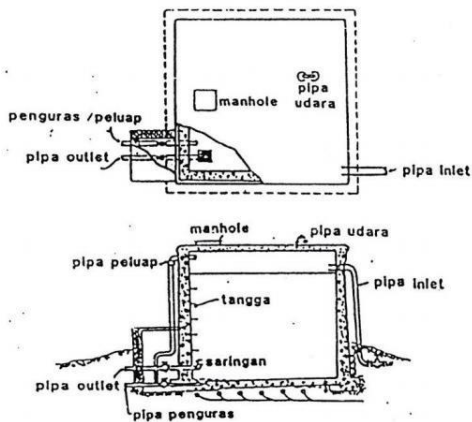
Menara *reservoir* dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalansi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalansi dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya. *Reservoir* ini digunakan bila head yang tersedia dengan menggunakan *ground reservoir* tidak mencukupi kebutuhan untuk distribusi. Dengan menggunakan *elevated reservoir* maka air dapat didistribusikan secara gravitasi. Tinggi menara tergantung kepada *head* yang dibutuhkan.



Gambar 2.5 Reservoir Menara

2. *Ground Reservoir*

Ground reservoir berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam *ground reservoir*, air tersebut harus diinjeksi dengan *chlor* yang sudah dilarutkan. *Ground reservoir* dilengkapi dengan *baffle* untuk mencampur dan mengaduk *chlor* dalam air. *Ground reservoir* dibangun di bawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. Reservoir ini digunakan bila *head* yang dimiliki mencukupi untuk distribusi air minum. Jika kapasitas air yang didistribusikan tinggi, maka diperlukan *ground reservoir* lebih dari satu.



Gambar 2.6 Reservoir Permukaan

3. *Stand Pipe*

Reservoir jenis ini hampir sama dengan *elevated reservoir*, dipakai sebagai alternatif terakhir bila *ground reservoir* tidak dapat diterapkan karena daerah pelayanan datar.

Untuk dapat merencanakan menara instalansi perlu diperhitungkan terlebih dahulu kebutuhan air untuk instalansi, dengan mengetahui jumlah kebutuhan dan jam-jam pemakaian air untuk instalansi, maka dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya. Adapun kebutuhan air untuk instalansi meliputi antara lain:

- a. Kebutuhan air untuk kantor
- b. Kebutuhan air untuk pelarutan koagulan dan desinfektan
- c. Kebutuhan air untuk filtrasi
- d. Kebutuhan air untuk sedimentasi

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang *reservoir* adalah:

1. Volume *reservoir*

Volume ditentukan berdasarkan tingkat pelayanan dengan memperhatikan fluktuasi pemakaian dalam satu hari di satu kota yang akan dilayani.

2. Tinggi elevasi energi

Elevasi energi *reservoir* harus bisa melayani seluruh jaringan distribusi. Elevasi energi akan menentukan sistem pengaliran dari *reservoir* menuju jaringan distribusi. Bila elevasi energi pada *reservoir* lebih tinggi dari sistem distribusi maka pengaliran dapat dilakukan secara gravitasi. Untuk kondisi sebaliknya, bila elevasi energi *reservoir* lebih rendah dari jaringan distribusi maka pengaliran dapat dilakukan dengan menggunakan pompa.

3. Letak *reservoir*.

Reservoir diusahakan terletak di dekat dengan daerah distribusi. Bila topografi daerah distribusi rata maka *reservoir* dapat diletakkan di tengah- tengah daerah distribusi. Bila topografi naik turun maka *reservoir* diusahakan diletakkan pada

daerah tinggi sehingga dapat mengurangi pemakaian pompa dan menghemat biaya.

4. Pemakaian pompa

Jumlah pompa dan waktu pemakaian pompa harus bisa mencukupi kebutuhan pengaliran air.

5. Konstruksi reservoir

a. Ambang Bebas dan Dasar Bak

b. Ambang bebas minimum 30 cm di atas muka air tertinggi

- Dasar bak minimum 15 cm dari muka air terendah
- Kemiringan dasar bak adalah $\frac{1}{1000} - \frac{1}{500}$ ke arah pipa penguras

c. Inlet dan Outlet

- Posisi dan jumlah pipa inlet ditentukan berdasarkan pertimbangan bentuk dan struktur tanki sehingga tidak ada daerah aliran yang mati
- Pipa outlet dilengkapi dengan saringan dan diletakkan minimum 10 cm di atas lantai atau pada muka air terendah
- Perlu memperhatikan penempatan pipa yang melalui dinding reservoir, harus dapat dipastikan dinding kedap air dan diberi flexible- joint
- Pipa inlet dan outlet dilengkapi dengan gate valve
- Pipa peluap dan penguras memiliki diameter yang mampu mengalirkan debit air maksimum secara gravitasi dan saluran outlet harus terjaga dari kontaminasi luar.

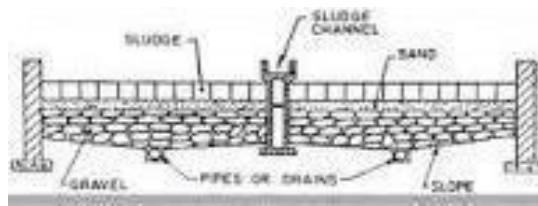
6. Ventilasi dan Manhole

- Reservoir dilengkapi dengan ventilasi, manhole, dan alat ukur tinggi muka air
- Tinggi ventilasi ± 50 cm dari atap bagian dalam
- Ukuran manhole harus cukup untuk dimasuki petugas dan kedap air.

2.2.6 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 2.7 Sludge Drying Bed

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)

2.2.7 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing – masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini. Profil Hidrolis IPAL adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan [*influent-effluent*] dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. *Head* ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.