

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

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

2.1.1 pH

PH adalah derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan "keasaman" di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai $pH=7$. Nilai $pH>7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai $pH<7$ menunjukan keasaman.

Nama pH berasal dari *potential of hydrogen*. Secara matematis, pH didefinisikan dengan $H = -\log_{10}[H^+]$. Kebanyakan mikroorganisme dapat hidup pada pH antara 6-9. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan. Untuk pH yang sesuai standart baku mutu dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 berkisar antara 6,5 - 8,5. Sedangkan pada air baku yang digunakan pH air sumur adalah 11.

2.1.2 DHL

DHL (Daya Hantar Listrik) atau konduktivitas adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai DHL. Konduktivitas dinyatakan dengan satuan $\mu\text{mhos/cm}$, dapat dideteksi dengan menggunakan alat EC-meter (Elektric Conductance). Pengukuran daya hantar listrik bertujuan mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik serta memprediksi kandungan mineral dalam air.

Konduktivitas air dapat dinyatakan dalam satuan mhos/cm atau Siemens/cm . Air tanah dangkal umumnya mempunyai harga 30-2000 $\mu\text{mhos/cm}$. Konduktivitas air murni berkisar antara 0-200 $\mu\text{S/cm}$ (low conductivity), konduktivitas sungai sungai

besar/major berkisar antara 200-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (*mid range conductivity*), dan air *saline* adalah 1000-10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (*high conductivity*). Nilai konduktivitas untuk air layak minum sekitar 42-500 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$. Nilai konduktivitas >250 mhos/cm tidak dianjurkan karena dapat mengendap dan merusak batu ginjal.

2.1.3 Suhu

Pada kualitas perairan suhu air sangat berkaitan, semakin tinggi suhu suatu perairan maka semakin menurun kualitasnya karena kandungan oksigen terlarut di perairan semakin kecil. Air di sini sering digunakan sebagai media pendingin pada suatu proses industri atau pembangkit tenaga listrik, hasil dari proses industri air yang sudah digunakan dengan kondisi suhu tinggi akan dikembalikan ke tempat asalnya yaitu badan air atau sungai. Sungai yang besar dan memiliki arus deras dapat membuat penetralan terhadap air panas tersebut dengan cepat, tetapi jika buangan air yang suhu tinggi dalam jumlah besar berakibat dapat merusak ekosistem di dalam sungai atau danau yang dikenal dengan polusi termal (Ningrum, 2008).

2.1.4 Kekeruhan

Kekeruhan adalah standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidity unit*) atau FTU (*formazin turbidity 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.

2.1.5 TDS

Zat padat terlarut TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam terlihat keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi di dalam air. Sedangkan pada musim kemarau, air terlihat berwarna hijau karena adanya genangan di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak terlihat oleh mata telanjang (Situmorang, 2007).

Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan ion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbon dioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd, 1982).

2.1.6 Fe

Besi terlarut dalam air dapat berbentuk kation ferro (Fe^{2+}) atau kation ferri (Fe^{3+}). Hal ini tergantung pada kondisi pH dan oksigen terlarut dalam air. Besi terlarut dapat berbentuk senyawa tersuspensi, sebagai butir koloidal seperti $\text{Fe}(\text{OH})_3$, FeO , Fe_2O_3 , dan lain-lain (Ronquillo, 2009).

Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas dapat menyebabkan berbagai masalah yaitu gangguan teknis berupa endapan korosif, gangguan fisik berupa timbul warna, bau, dan rasa yang tidak enak, serta gangguan kesehatan berupa menimbulkan rasa mual, merusak dinding usus, dan iritasi pada mata dan kulit (Ronquillo, 2009).

2.1.7 Mn

Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk Manganous (Mn^{2+}) dan Manganik (Mn^{4+}). Di dalam tanah, Mn^{4+} berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida. Kadar mangan pada perairan alami sekitar 0,2 mg/L. Kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam. Perairan asam dapat mengandung mangan sekitar 10-150 mg/L, sedangkan perairan laut mengandung mangan sekitar 0,002 mg/L. Kadar mangan pada perairan tawar sangat bervariasi antara 0,002 mg/L hingga lebih dari 4,0 mg/L. Perairan bagi irigasi pertanian untuk tanah yang bersifat asam sebaliknya memiliki kadar mangan sekitar 0,2 mg/L, sedangkan untuk tanah yang bersifat netral dan alkalis sekitar 10 mg/L (Effendi, 2003).

Konsentrasi standar maksimum untuk Mn yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 adalah sebesar 0,5 mg/L. Konsentrasi Mn yang lebih besar dari 0,5 mg/L dapat menyebabkan rasa yang aneh pada minuman dan meninggalkan warna coklat-coklatan pada pakaian cucian, dan dapat juga menyebabkan kerusakan pada hati.

2.1.8 Zat Organik

Zat organik adalah zat yang komponen utamanya adalah karbon, protein, dan lemak yang merupakan bahan makanan bakteri. Zat organik ini mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut (Asmadi, 2012). Kandungan zat organik yang melebihi batas memungkinkan pertumbuhan bakteri, di samping menunjukkan pengotoran zat-zat organik yang membahayakan kesehatan (Depkes RI, 1989). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017, baku mutu standar zat organik dalam air bersih ialah 10 mg/L.

2.1.9 Surfaktan

Salah satu limbah yang banyak mencemari sungai yaitu limbah dari pencucian rumah tangga. Hal ini dikarenakan limbah dari rumah tangga mengandung deterjen yang berbahaya yaitu dapat membentuk lapisan film di dalam air yang akan menyebabkan turunnya tingkat transfer ke dalam air, gangguan kesehatan pada manusia. Campuran antara polifosfat dengan surfaktan di dalam deterjen dapat meningkatkan kandungan fosfat di dalam air, sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi (pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrisi yang berlebih ke dalam ekosistem air) yang dapat menimbulkan warna pada air (Santi SS, 2009).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017, kadar anion surfaktan batas normal yaitu 0,05 mg/L. Apabila kadar tersebut melebihi ambang batas maka dapat menimbulkan dampak negatif seperti mempertinggi toksisitas racun, dapat menjadi zat karsinogenik atau penyebab kanker, menimbulkan rasa pada air apabila dikonsumsi, merusak insang dan organ nafas ikan, serta dapat mengganggu proses fotosintesis tanaman air.

2.1.10 Kesadahan Total

Kesadahan adalah gambaran kation logam divalen (valensi dua). Kation-kation ini dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan (presipitasi) maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan atau karat pada peralatan logam. Pada perairan tawar, kation divalen yang paling berlimpah adalah kalsium dan magnesium, sehingga kesadahan pada dasarnya ditentukan oleh jumlah kalsium dan magnesium. Kalsium dan magnesium berikatan dengan anion penyusun alkalinitas, yaitu bikarbonat dan karbonat. Keberadaan kation yang lain, misalnya strontium, besi valensi dua (kation ferro) dan mangan juga memberikan kontribusi bagi nilai

kesadahan total, meskipun perannya relatif kecil. Alumunium dan besi valensi tiga (kation ferri) sebenarnya juga memberikan kontribusi terhadap nilai kesadahan. Namun demikian mengingat sifat kelarutannya yang relatif rendah pada pH netral maka peran kedua kation ini sering kali diabaikan. Kesadahan dan alkalinitas dinyatakan dengan satuan yang sama, yaitu mg/L Ca (Efendi, 2003).

Sifat kesadahan sering kali ditemukan pada air yang menjadi sumber baku air bersih yang berasal dari air tanah atau daerah yang tanahnya mengandung deposit garam mineral dan kapur. Kesadahan pada air ini dapat berlangsung sementara maupun menetap. Kesadahan air yang bersifat sementara disebabkan oleh adanya persenyawaan dari kalsium dan magnesium dengan bikarbonat, sedangkan yang bersifat permanen terjadi bila terdapat persenyawaan dari kalsium dan magnesium dengan sulfat, nitrat, dan klorida. Kedua kesadahan tersebut dinamakan kesadahan total (Chandra, 2007).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Bar Screen

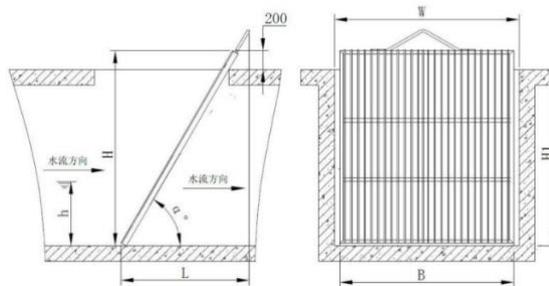
Pada umumnya *screen* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. *Screen* atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain *bar rack* atau *bar screen*, *coarse woven-wire screen* dan *communitor*. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 – 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe *screen* yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017).

Bar screen terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan *bar screen* yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (*bar*). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas *fixed screen* dan *movable screen*. *Fixed* atau *static screen* dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal.

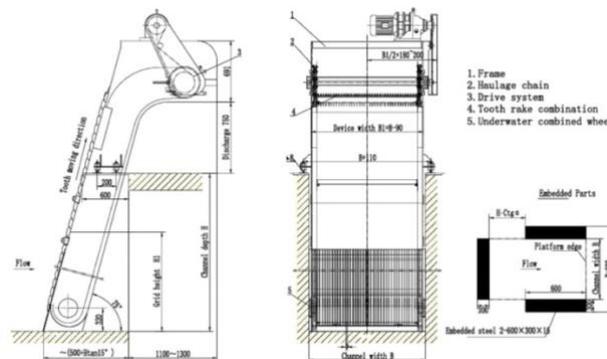
Movable screen harus dibersihkan secara berkala. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan *bar screen* antara lain adalah : (Said, 2017)

- a) Kecepatan atau kapasitas rencana
- b) Jarak antar bar
- c) Ukuran bar (batang)
- d) Sudut inklinasi
- e) *Headloss* yang diperbolehkan

Dalam pengolahan air limbah, screen digunakan untuk melindungi pompa, *valve*, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. *Bar screen* terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



Gambar 2.1 Manual Bar Screen



Gambar 2.2 Mechanical Bar Screen

(Sumber : Google)

Tabel 2.1 Kriteria Coarse Screen

Parameter	U.S Customary Units			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanikal	Unit	Manual	Mekanikal
Ukuran batang	in	0,2-0,6	0,2-0,6			
Lebar	in	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	5-15	5-15
Kedalaman	in	1,0-2,0	0,6-0,3	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang				mm	25-50	15-75
Kemiringan thd vertikal	o	30-45	0-30	o	30-45	0-30
		1,0-2,0	2,0-3,25		0,3-0,6	0,6-1,0
Kecepatan	ft/s		1,0-1,6	m/s		0,3-0,5
Max	ft/s	6	6-24	m/s	150	150-600
Min	in			mm		
Headloss						

(Sumber: Tabel 5-2 Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004)

Untuk saringan halus, dibagi menjadi 3 jenis yaitu *static (fixed)*, *rotary drum*, dan *step type*. Metode fine screen ini dapat meremoval BOD dan TSS, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut (Metcalf and Eddy, "Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse" 4th edition. hal 316).

Tabel 2.2 Klasifikasi Fine Screen

Permukaan Screen					
Jenis Screen	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran		Bahan Screen	Penggunaan
		In	Mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01 - 0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel	Pengolahan Primer
Drum (berputar)	Kasar	0,1 - 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel.	Pengolahan Pendahuluan
	Sedang	0,01 - 0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel.	Pengolahan Primer
	Halus		6 -35 μ m	Stainless-steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
<i>Horizontal reciprocating</i>	Sedang	0,06 - 0,17	1,6 – 4	Batangan stainless-steel	Gabungan dengan saluran air hujan
<i>Tangential</i>	Halus	0,0475	1200 μ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel	Gabungan dengan saluran pembawa

(Sumber : Tabel 5-4 Metcalf And Eddy WWET, And Reuse 4th Edition, 2004)

Tabel 2.3 Persen Removal Fine Screen

Jenis screen	Luas permukaan		Persen removal	
	in	mm	BOD (%)	TSS (%)
<i>Fixed parabolic</i>	0,0625	1,6	5 – 20	5 – 30
<i>Rotary drum</i>	0,01	0,25	25 – 50	25 – 45

(Sumber : Tabel 5-5 Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004)

2.2.2 *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):

A. *Intake* gravitasi

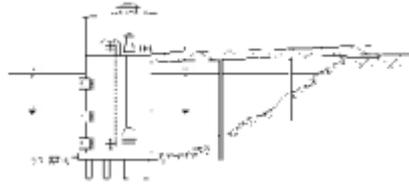
Intake gravitasi adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan prinsip gravitasi.

B. *Intake* pemompaan

Intake pemompaan adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan bantuan pompa. Berdasarkan sumber air permukaannya, bangunan *intake* pemompaan dapat dibagi menjadi 6 jenis (Kawamura, 1991). Salah satu *intake* yang digunakan yaitu *river intake*. Kriteria pemilihan lokasi *river intake* adalah sebagai berikut:

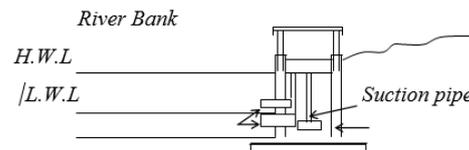
- a) Kualitas air;
- b) Kemungkinan perubahan yang terjadi
- c) Minimasi efek negatif;
- d) Adanya akses yang baik guna perawatan dan perbaikan (*maintenance*);
- e) Adanya tempat bagi kendaraan;
- f) Adanya lahan guna penambahan fasilitas pada masa yang akan datang;
- g) Kuantitas air;
- h) Efek terhadap kehidupan akuatik di sekitarnya;
- i) Kondisi geologis.

Biasanya *intake* sungai diletakan 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 2.3 Shore Intake

(Sumber : Google)



Gambar 2.4 River Intake

(Sumber : Google)

2.2.3 Aerasi

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-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 kalsium 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.

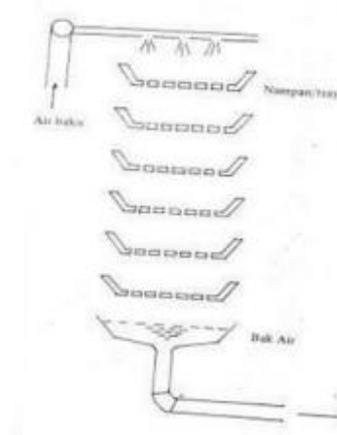
Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut berubah menjadi ferric (Fe) dan *manganic oxide hydrates* yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Dengan 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 aerator cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat korosif. Pengelolaan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan.

Jenis-Jenis metode aerasi antara lain :

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 2.5 Multiple Tray Aerator

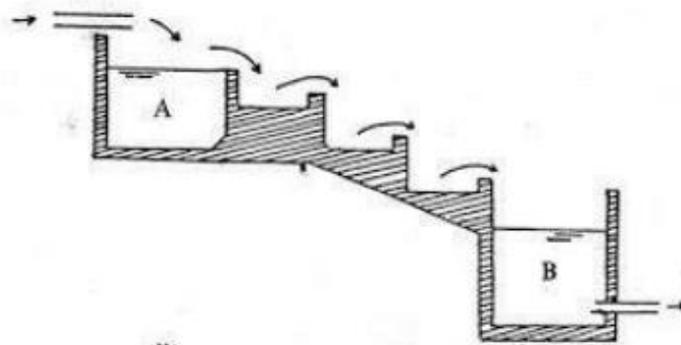
(Sumber : Google)

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 *asbestos cement* berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter 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/detik per-m². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang (tempat) yang diperlukan bagi *cascade aerator* agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2.6 Cascade Aerator

(Sumber : Google)

Keterangan : A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

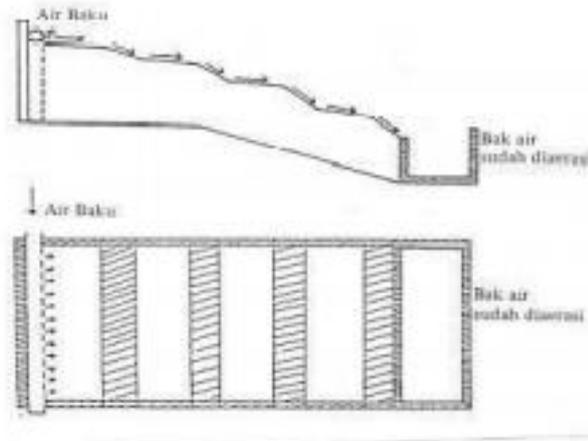
C = Inlet

D = Lubang pembersih

E = Outlet

c. *Sumberged Cascade*

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 0,5 m³/detik per-m².

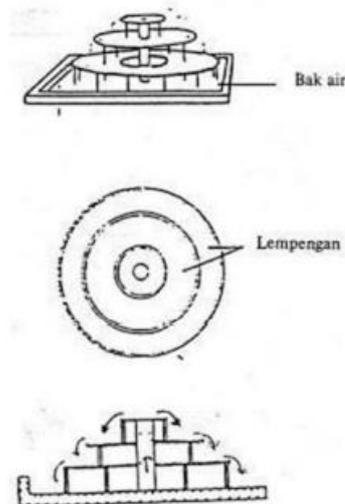


Gambar 2.7 Aerasi Tangga Aerator

(Sumber : Google)

d. *Multiple Plat Form Aerator*

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



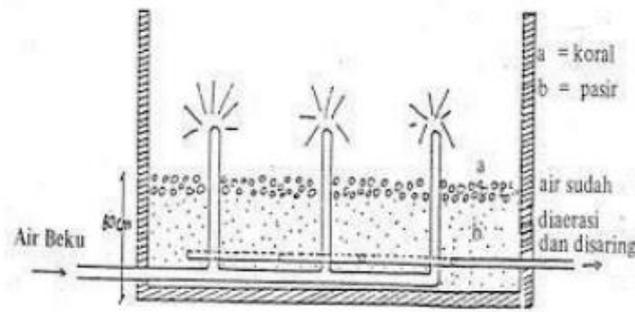
Gambar 2.8 Multiple Plat From Aerator

(Sumber : Google)

e. *Spray Aerator*

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (*Stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. *Spray aerator* sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawah setiap 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.

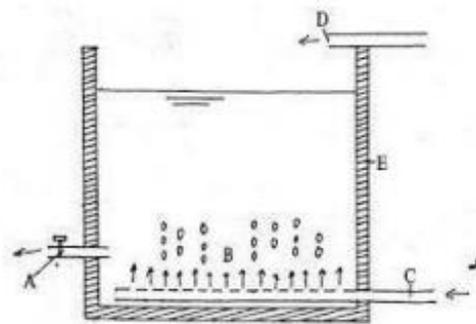


Gambar 2.9 Spray Aerator

(Sumber : Google)

f. Aerator Gelembung Udara (*Bubble aerator*)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi *bubble* (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari $0,3 - 0,5 \text{ m}^3 \text{ udara/m}^3 \text{ air}$ dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2.10 Bubble Aerator

(Sumber : Google)

- Keterangan :
- A = Outlet
 - B = Gelembung udara
 - C = Pipa berlubang buat udara
 - D = Inlet air baku
 - E = Bak air

g. *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 2.4 Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi:		
<i>Cascade</i>	20-45% CO ₂	Tinggi 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
<i>Packing Tower Tray</i>	> 95% VOC > 90% CO ₂	Diameter kolom maksimum: 3 m Beban Hidrolik:2000 m ³ /m ² .hari
Spray Aerator	> 90% CO ₂	Kecepatan 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ air Jarak rak (<i>tray</i>): 30-75 cm Luas: 50-160 m ² /m ³ .det
	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
<i>Aerator Terdifusi</i>	80% VOCs	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 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 m ³ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
<i>Aerator Mekanik</i>	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	waktu detensi: 10-30 menit kedalaman tangki: 2-4 m

(Sumber: Qasim, 2000)

2.2.4 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, $v_{horizontal}$ (v_h), 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 laminar).

2. Zona Pengendapan

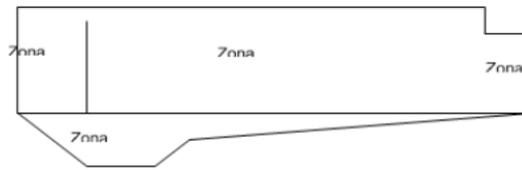
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.

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).



Gambar 2.11 Tampak samping unit prasedimentasi

(Sumber : Qasim, 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 2.5 Desain tipikal prasedimentasi

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment						
<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
Primary settling with waste activated-sludge return						
<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

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003 hal 398)

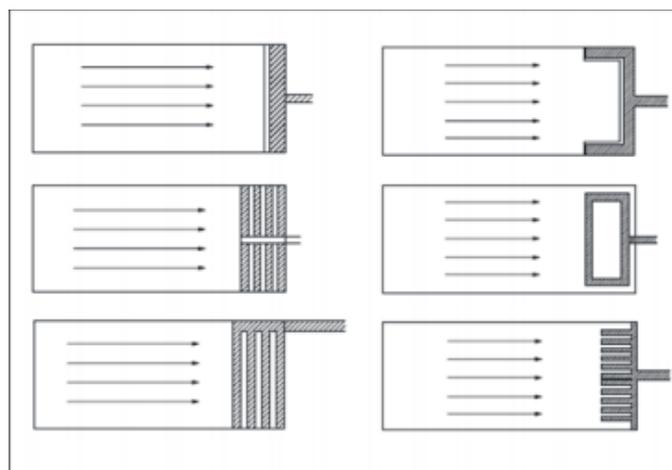
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. *Weir loading rate* adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading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

Tabel 2.6 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 <i>density current</i>
264	Kawamura, 2000	
125 – 250	Droste, 1997	
172,8 – 259,2	Huisman, 1977	

(Sumber : tertera)

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 2.12



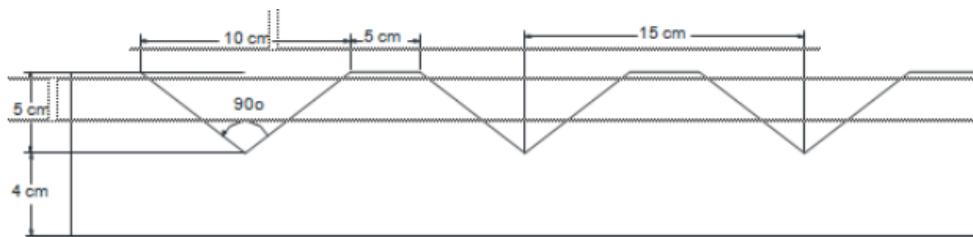
Gambar 2.12 Beragam Susunan Pelimpah pada Outlet

(Sumber : Qasim et al., 2000)

A. Bak Prasedimentasi Berbentuk Rectangular

Pemilihan desain outlet sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta weir loading rate, sehingga pada saat menetapkan bentuk outlet, ketiga hal

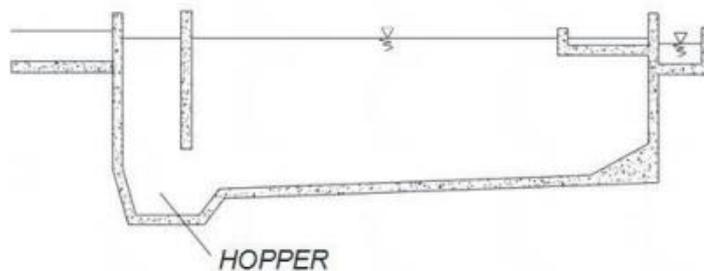
tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk rectangular dan v-notch, namun v-notch lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan *self cleansing* dan dapat meminimalisasi pengaruh angin.



Gambar 2.13 Contoh v-notch

(Sumber: Fair dkk., 1981)

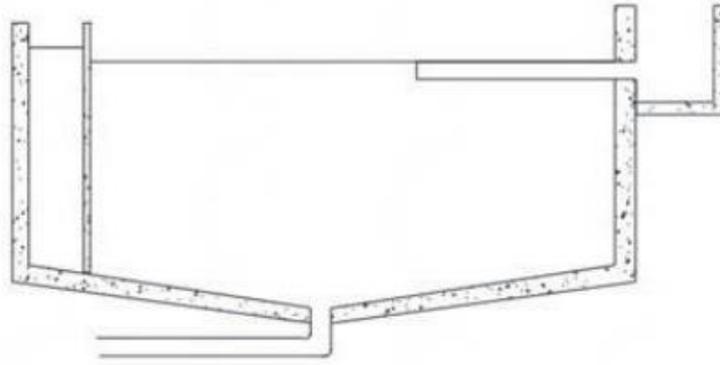
Selain menggunakan pelimpah, outlet unit prasedimentasi dapat menggunakan perforated baffle karena pada dasarnya outlet berfungsi untuk mengalirkan air yang telah terpisah dari suspended solid tanpa mengganggu partikel yang telah terendapkan di zona lumpur, sehingga perforated baffle dapat digunakan, hanya saja bukaan diletakkan 30-90 cm dari permukaan, dan tidak 29 diletakkan terlalu di bawah, sebab apabila bukaan diletakkan terlalu bawah, partikel yang telah terndapatkan dapat ikut terbawa ke outlet.



Gambar 2.14 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Rectangular

(Sumber: Fair dkk., 1981)

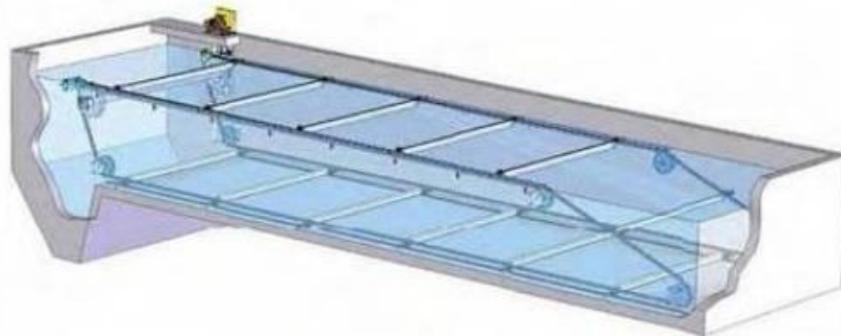
Selain diletakkan dekat dengan inlet, hopper juga dapat diletakkan secara dan juga dapat diletakkan di tengah bak seperti pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam scraper. Pada dasarnya, untuk bak rectangular terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe chain-and-flight dan travelling bridge dan memiliki scraper untuk mendorong lumpur masuk ke hopper, seperti pada Gambar 2.15 dibawah ini:



Gambar 2.15 Zona Lumpur pada Tengah Bak

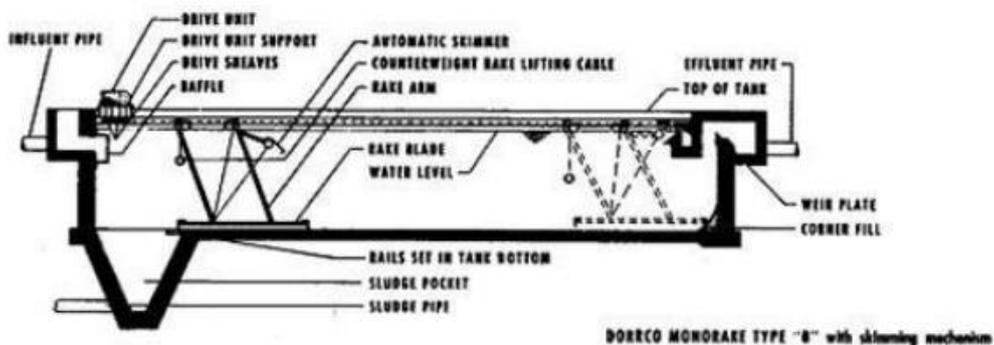
(Sumber: Fair dkk., 1981)

Pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam scraper. Pada dasarnya, untuk bak rectangular terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe chain-and-flight dan travelling bridge dan memiliki scraper untuk mendorong lumpur masuk ke hopper



Gambar 2.16 (a) Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight, (b) Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight 3 Dimensi

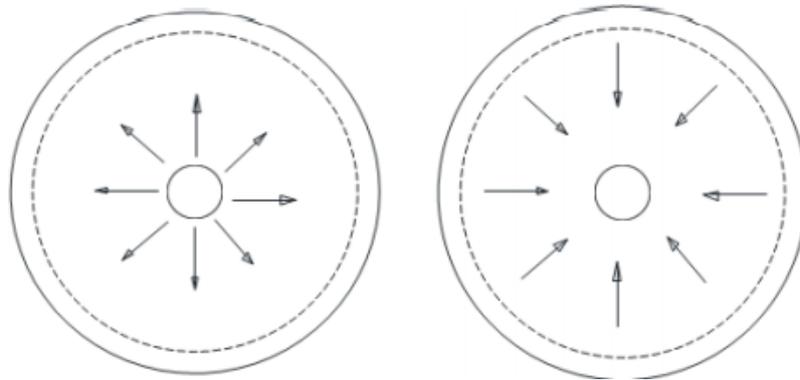
(Sumber: (a) Huisman, 1977 dan (b) Finnchain Oy)



Gambar 2.17 Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Travelling Bridge

(Sumber: Huisman, 1977)

B. Bak Prasedimentasi Berbentuk Circular



Gambar 2.18 Bak Prasedimentasi Bentuk Circular (a) Tipe Center Feed (b) Tipe Peripheral Feed

(Sumber: Google)

Bak prasedimentasi bentuk circular terbagi menjadi empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona outlet, serta zona lumpur. Berikut ini adalah pembahasan untuk masing- masing zona tersebut.

1) Zona Pengendapan (Settling Zone)

Pemilihan inlet maupun outlet untuk bak circular sangat tergantung pada kondisi zona pengendapan, sehingga zona pengendapan yang menentukan penempatan zona inlet maupun zona outlet. Oleh karena itu, perlu ditentukan lebih dahulu kondisi zona pengendapan yang efisien.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan pada bak circular sama dengan pada bak rectangular, hanya saja nilai Bilangan Reynolds dan Froude berubah sepanjang perubahan diameter. Hasil simulasi menunjukkan bahwa N_{re} dan N_{fr} akan cukup tinggi di tengah bak, dan akan semakin mengecil saat mendekati pinggir bak, sehingga kedua bilangan tersebut tidak akan dapat dipenuhi secara bersamaan. Penentuan acuan akan berpengaruh pada letak inlet dan outlet.

Jika unit prasedimentasi berupa *center feed*, maka pada saat air masuk, keadaan aliran akan cukup turbulen, mendekati outlet bak, aliran akan menjadi semakin laminar, sebaliknya jika unit prasedimentasi berupa *peripheral feed*, maka pada saat air masuk, keadaan air akan laminar, semakin mendekati outlet akan semakin turbulen. Letak outlet akan sangat mempengaruhi pemilihan acuan, seperti diketahui bahwa di dekat pelimpah, akan terjadi pergerakan air ke atas yang dapat menghambat partikel untuk mengendap, sehingga keadaan air yang turbulen juga akan menghambat

partikel untuk mengendap. Apabila kondisi turbulen terjadi pada saat air masuk, partikel-partikel besar yang dapat mengendap dengan cepat akan mengalami hambatan untuk mengendap, tapi seiring dengan perubahan kondisi aliran, partikel-partikel tersebut dapat mengendap.

Sebaliknya, jika kondisi turbulen terletak di dekat outlet, partikel-partikel yang sudah mengendap dapat tergerus kembali akibat kondisi aliran tersebut dan juga terdapat aliran air ke atas menuju pelimpah. Oleh karena itu, bak prasedimentasi tipe *center feed* merupakan tipe yang paling baik untuk bak prasedimentasi bentuk circular

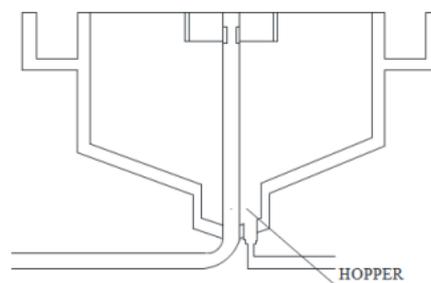
2) Zona Inlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka inlet yang paling tepat adalah terletak di tengah atau tipe *center feed*. Inlet bak tersebut dapat beragam, misalnya air dibiarkan melimpah melalui inlet di tengah bak atau dinding inlet dirancang berlubang- lubang, sehingga air akan mengalir melewati lubang-lubang tersebut. Selain itu, pada inlet juga dapat dipasang *baffle*. *Baffle* tersebut berfungsi untuk mereduksi energi kinetik air yang keluar melalui inlet.

3) Zona Outlet

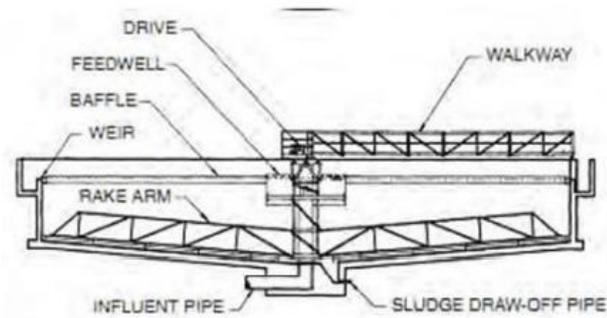
Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka outlet yang paling tepat bagi bak prasedimentasi bentuk *circular* terletak di sekeliling bak. Di sekeliling bak dipasang pelimpah, sehingga air yang telah melalui bak prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa *v-notch* atau rectangular weir. prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa *v-notch* atau rectangular *weir*.

4) Zona Lumpur (Sludge Zone)



Gambar 2.19 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Circular

(Sumber: Google)



Gambar 2.20 Mekanisme Pembersihan Lumpur dengan Scraper pada Bak Circular
(Sumber: Google)

Scraper yang digunakan untuk bentuk *circular* adalah tipe *radial* atau tipe *diametral*. Scraper tersebut bergerak pada sekeliling bak untuk mendorong lumpur agar masuk ke *hopper* yang terletak di tengah bak. Berbeda dengan prasedimentasi bentuk *rectangular*, bentuk *circular* memiliki *hopper* yang terletak di tengah bak, sebab pengendapan partikel yang terjadi pada bak *circular* ini terjadi di segala arah, sehingga untuk mempermudah pembersihan lumpur, *hopper* diletakkan di tengah bak.

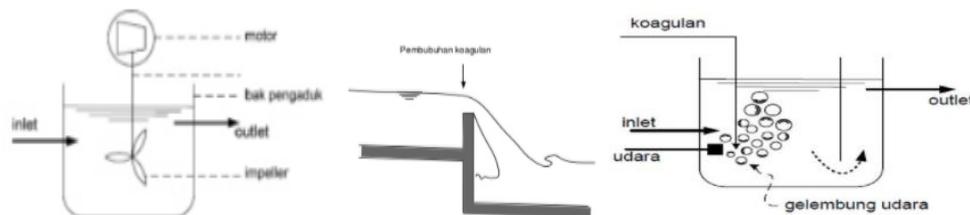
2.2.5 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya Tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil penggumpalan partikel tidak terjadi dan Gerakan brown menyebabkan partikel tetap menjadi suspensi. Melalui koagulasi maka akan terjadi destabilisasi sehingga partikel koloid menyatu dan menjadi besar, sehingga partikel koloid yang awalnya sulit dipisahkan dari air menjadi mudah dipisahkan dengan menambahkan flokulasi dan sedimentasi (Said, 2017).

Proses destabilisasi terjadi salah satunya akibat dari pengadukan cepat, pengadukan cepat bertujuan agar menghasilkan turbulensi pada air sehingga bahan kimia (koagulan) dapat didispersikan kedalam air. Secara umum pengadukan cepat ialah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan yang besar (300 sampai 1000/s) selama 5 hingga 60 detik yang bergantung pada maksud serta tujuan dari pengadukan itu sendiri (Masduqi, 2016).

Menurut caranya, pengadukan cepat dibagi menjadi tiga cara, yaitu pengadukan mekanis, pengadukan hidraulis, dan pengadukan pneumatis. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan dengan memakai peralatan mekanis yang terdiri

dari motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Pengadukan hidraulis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan yang dihasilkan dari energi hidraulis dari suatu aliran hidraulis yang dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau lompatan hidraulis pada suatu aliran. Sedangkan pengadukan pneumatis merupakan pengadukan yang memakai udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan (Masduqi, 2016).



Gambar 2.21 Pengadukan Mekanis, Pengadukan Hidraulis dan Pengadukan Pneumatis

(Sumber : Masduqi, 2016 dan Said, 2017)

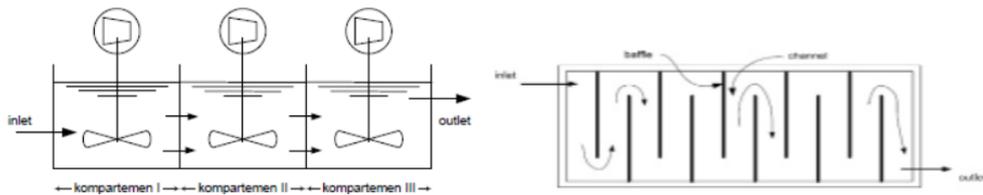
Bahan kimia yang biasanya dipakai untuk proses koagulasi umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan dipakai untuk menggumpalkan partikel yang tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi, serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan lebih efisien (Said, 2017).

2.2.6 Flokulasi

Pada hakikatnya flokulator adalah kombinasi antara pencampuran dan pengadukan sehingga flok-flok halus yang terbentuk pada bak pencampur cepat akan saling bertumbukan dengan partikel-partikel kotoran atau flok-flok yang lain sehingga terjadi gumpalan-gumpalan flok yang semakin besar (Said, 2017).

Proses flokulasi berfungsi untuk membentuk flok-flok agar menjadi besar dan stabil sehingga dapat diendapkan dengan mudah atau disaring. Untuk proses pengendapan dan penyaringan, partikel-partikel kotoran halus maupun koloid yang ada dalam air baku harus digumpalkan menjadi flok-flok yang cukup besar dan kuat untuk diendapkan atau disaring . Proses pembentukan flok dimulai dari proses koagulasi sehingga terbentuk flok-flok yang masih halus. Flok tersebut kemudian

akan saling bertumbukan dengan sesama flok atau dengan partikel kotoran yang ada dalam air baku sehingga akan menggabung membentuk gumpalan flok yang besar sehingga mudah mengendap. Umumnya pengadukan lambat dapat berupa pengadukan mekanis dengan memakai *impeller* atau berupa pengadukan hidraulis dengan *baffle channel* (Said, 2017).



Gambar 2.22 Pengadukan Lambat Secara Mekanis dan Secara Hidraulis

(Sumber : Said, 2017)

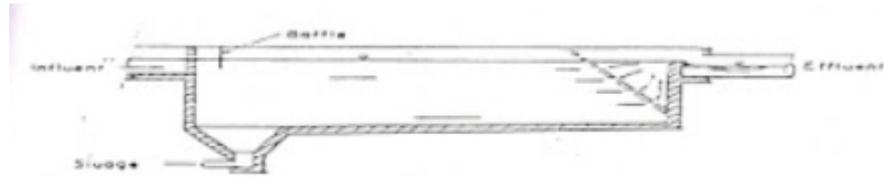
Dalam proses flokulasi beberapa hal berikut perlu diperhatikan : (Said, 2017).

- a) Proses flokulasi harus sesuai dengan cara pengadukan yang dilakukan agar pembentukan flok dapat berjalan dengan baik dan efektif
- b) Kecepatan pengadukan didalam bak flokulator harus bertahap dan kecepatannya semakin pelan ke arah aliran keluar
- c) Waktu pengadukan rata-rata 20-40 menit
- d) Perencanaan peralatan pengadukan didasarkan pada perhitungan gradien kecepatan dalam bak flokulator.

2.2.7 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan *solid* dan *liquid* dengan memakai pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Sedimentasi pada pengolahan air ditujukan untuk :

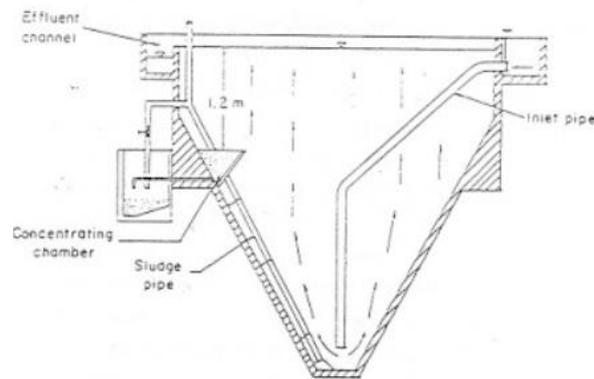
1. Pengendapan air permukaan untuk penyisihan partikel diskrit
 2. Pengendapan flok hasil koagulasi-flokulasi
 3. Pengendapan lumpur hasil pembubuhan soda kapur pada proses penurunan kesadahan
 4. Pengendapan presipitat pada penyisihan besi dan mangan dengan oksidasi
- Berdasarkan bentuknya, bak sedimentasi dibagi menjadi tiga, yaitu :
1. Segi empat (*rectangular*), dimana air mengalir horizontal dari inlet menuju outlet, sementara partikel mengendap kebawah



Gambar 2.23 Bak Sedimentasi Rectangular

(Sumber: Google)

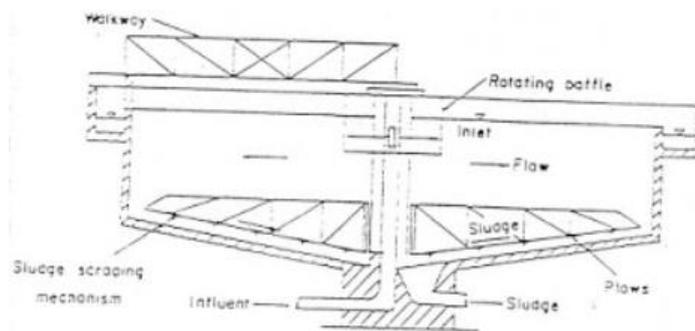
2. Lingkaran (*circular*) – *center feed*, dimana air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak



Gambar 2.24 Bak Sedimentasi Circular Center Feed

(Sumber: Google)

3. Lingkaran (*circular*) – *peripheral feed*, dimana air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horizontal mengalir menuju ke outlet di bagian bawah lingkaran.



Gambar 2.25 Bak Sedimentasi Circular Peripheral Feed

(Sumber: Google)

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

1. Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit
2. Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen

3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
4. Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016).

Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

2.2.8 Filtrasi

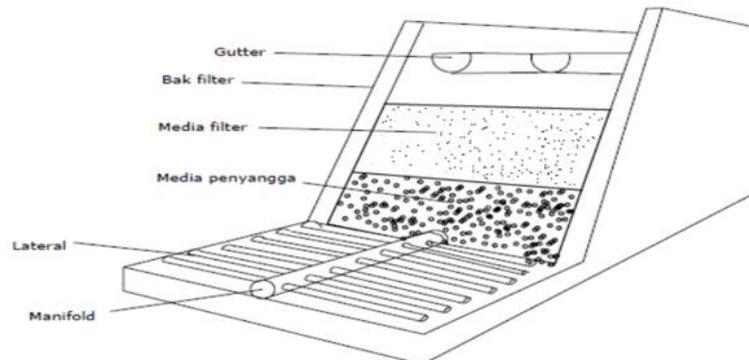
Filtrasi merupakan proses pemisahan zat padat dari suatu cairan yang membawanya dengan memakai medium berpori atau bahan berpori lain untuk menyisihkan zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada proses pengolahan air minum, filtrasi digunakan untuk menyaring hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga menghasilkan air dengan baku mutu yang baik (Masduqi, 2016).

Berdasarkan tipenya, filtrasi dibagi menjadi filtrasi pasir cepat dan filtrasi pasir lambat. Filtrasi pasir lambat merupakan filter yang memiliki kecepatan filter yang lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter ini cukup efektif digunakan untuk mereduksi kandungan bahan organik dan organisme patogen. Namun, kelemahan filter ini yaitu membutuhkan ukuran bed filter yang besar, kecepatan filter yang sangat lambat dan hanya efektif digunakan untuk mengolah air baku dengan kadar kekeruhan 50 NTU (Masduqi, 2016).

Sedangkan filter pasir cepat merupakan filter dengan kecepatan filtrasi yang cepat, yaitu sekitar 6-11 m/jam. Filter ini memiliki bagian-bagian sebagai berikut ; (Masduqi, 2016).

1. Bak filter yang berfungsi sebagai tempat proses filtrasi berlangsung
2. Media filter yang berupa media dengan bahan berbutir tempat berlangsungnya penyaringan

3. Sistem *underdrain* yang berfungsi sebagai system pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Sistem underdrain terdiri atas orifice, lateral, dan manifold



Gambar 2.26 Struktur Filter Pasir Cepat

(Sumber: Reynolds, 1996)

2.2.9 Activated Carbon Filter

Karbon adalah suatu material padat yang memiliki pori mengandung kurang lebih 90-99% senyawa karbon (Gultom, 2014; Mutiara, 2016). Karbon aktif banyak digunakan di dalam proses pemisahan, pemurnian gas, pendinginan, elektrokatalis, dan perangkat elektrokimia serta industri makanan, minuman, obat-obatan, dan pemurnian air (penjernihan air) (Khornia, 2017; Zhu, M. et al., 2017). Menurut Doke and Ejazuddin (2017), adsorben dari karbon aktif memiliki perbedaan unsur karbon dengan oksidasi dari atom karbon yang ditemukan pada permukaan luar dan dalam, sedangkan karbon aktif tersebut banyak digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai jenis logam berat yang beracun, polusi yang disebabkan oleh zat organik dan zat warna yang mencemari lingkungan dari limbah industri. Karbon aktif biasanya dibuat dari bahan berbasis karbon, seperti batubara, lignin, bahan lignoselulosa, polimer sintesis, dan limbah karbon (Rizhikovs et al., 2012).

Peningkatan kualitas sifat dan mutu karbon aktif didasarkan pada kemampuan adsorbsinya (Idrus, dkk., 2013). Adsorpsi adalah suatu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar atau limbah dalam air, dengan cara molekul dapat menempel pada permukaan zat adsorben (Reri dkk, 2012; Hanum dkk, 2017). Metode adsorpsi cukup efektif untuk membersihkan limbah cair dan terbukti menguntungkan dibandingkan proses yang lain, karena menghasilkan efektivitas biaya dan kualitas yang tinggi (Satriani dkk, 2016; Garcia et al., 2016).

Pori-pori karbon aktif perlu dilakukan aktivasi agar kinerja dalam adsorpsi lebih optimal. Tujuan proses aktivasi untuk menambah atau memperbesar diameter pori karbon dan mengembangkan volume yang terserap dalam pori serta untuk membuka pori-pori baru (Prabarini dan Okayadnya, 2014). Aktivasi merupakan suatu proses pembentukan karbon aktif yang berfungsi untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk dari proses karbonisasi melalui metode kimia atau fisika (Budiono dkk, 2009; Kurniawan, 2014).

2.2.10 Desinfeksi

Desinfeksi diartikan sebagai destruksi mikroba patogen. Desinfeksi pada pengolahan air memiliki beberapa metode, yaitu secara fisik, kimia dan radiasi. Pada metode fisik, perlakuan yang diberikan yaitu berupa cahaya dan panas, contohnya seperti memanaskan air yang akan diolah hingga titik didih dimana sel mikroba akan hancur. Pada metode secara radiasi, perlakuan yang diberikan yaitu dengan mengontakkan air yang akan diolah dengan sinar ultraviolet hingga sel mikroba menjadi hancur. Sedangkan pada metode kimia, perlakuan yang diberikan yaitu dengan membubuhkan zat kimia kedalam air yang akan diolah. Pada desinfeksi dengan metode kimia, yaitu dengan membubuhkan bahan kimia untuk proses desinfeksi, yaitu desinfektan. Bahan kimia yang umumnya digunakan yaitu klor dan senyawanya, bro, iodine, ozone, dan lain sebagainya. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi antara lain : (Masduqi, 2016)

1. Waktu kontak
2. Jenis desinfektan
3. Konsentrasi desinfektan
4. Suhu
5. Jumlah mikroba
6. Jenis mikroba

2.2.11 Reservoir

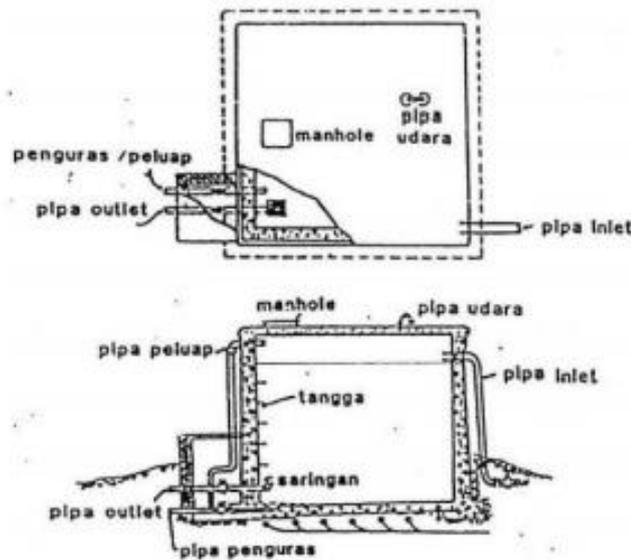
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan 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 relatif 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 2.27 Reservoir Permukaan

(Sumber: Google)

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



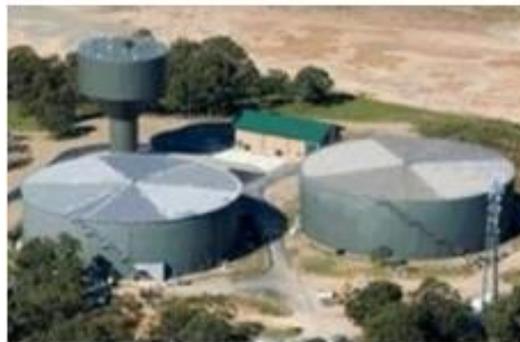
Gambar 2.28 Reservoir Menara

(Sumber : Google)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, jenis reservoir dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Reservoir Tanki Baja

Banyak reservoir menara dan “*stand pipe*” 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 2.29 Reservoir Tanki Baja

(Sumber : Google)

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 2.30 Reservoir Beton Cor

(Sumber : Google)

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 pasangan bata yang rapi sehingga membutuhkan plesteran yang cukup tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kecenderungan pemborosan dalam penggunaan material perekatnya.



Gambar 2.31 Reservoir Pasangan Bata

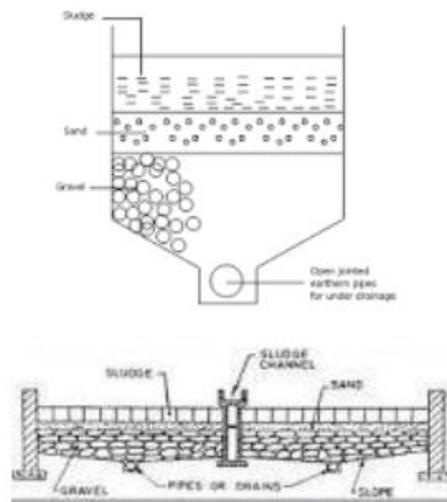
(Sumber : Google)

2.2.12 Sludge Drying Bed

Sludge drying bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur atau *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam yang memiliki kedalaman lapisan lumpur 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 meminimalisasi 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 2.32 *Sludge Drying Bed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

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 *scraper* 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).

2.3 Persen Removal

Berikut adalah persen removal pada setiap unit bangunan pengolahan air yang akan digunakan :

Tabel 2.7 Persen Removal Unit Pengolahan

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
Filtrasi	1. Fe 2. Mn	20-100%	Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment chapter 9</i> hal 224
	3. Surfaktan	60,2 – 61,45%	Anshori Nur Hidayat, 2019, Uji Kinerja Alat Pengolah Limbah Laundry 1.0 Pada Unit Pengolahan Awal

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
<i>Activated Carbon Filter</i>	1. Surfaktan	95,35%	Pengaruh Adsorben Komersial Terhadap Penurunan Fosfat Dan Surfaktan Anionik (Detergen) Pada Air Limbah Laundry, 2021
	2. Bahan Organik	99%	<i>Removal of potassium permanganate from water by modified carbonaceous materials, 2015</i>

(Sumber : tertera)

2.4 Profil Hidrolis

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan :

1. 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 pintu
- b) Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus
- c) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan assesoris
- d) Kehilangan tekanan pada perpipaan
Rumus yang digunakan : $L \times S$
- e) Kehilangan tekanan pada assesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S.

f) Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan, dsb.

g) Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

2. 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 sesudah intake.
- d) Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.