

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Umum Kota Blitar

Secara geografis, Kota Blitar terletak di ujung selatan Jawa Timur dengan ketinggian 156 m dari permukaan air laut, pada koordinat $112^{\circ} 14' - 112^{\circ} 28'$ Bujur Timur dan $8^{\circ} 2' - 8^{\circ} 10'$ Lintang Selatan. Kota ini memiliki suhu udara cukup sejuk rata-rata $24^{\circ} C - 34^{\circ} C$ karena berada di kaki Gunung Kelud dan dengan jarak 160 Km arah tenggara dari Ibukota Propinsi Surabaya. Kota Blitar merupakan wilayah terkecil kedua di Propinsi Jawa Timur setelah Kota Mojokerto.

Menurut data dari BPS Provinsi Jawa Timur, jumlah penduduk Kota Blitar pada tahun 2023 adalah sekitar 153.541 jiwa. Luas Wilayah: Luas wilayah Kota Blitar adalah $32,57 \text{ km}^2$

Pemenuhan pelayanan air minum PDAM Kota Blitar menggunakan 7 sumur bor yang distribusikan untuk melayani di 3 wilayah pelayanan. Total jumlah penduduk 145.111 jiwa sekitar 38.160 jiwa aktif berlangganan PDAM. Cakupan pelayanan PDAM sebesar 26%, dengan keterangan 6.360 pelanggan yang aktif dari 11.940 sambungan terpasang. Cakupan pelayanan sebesar 26% untuk kota besar dinilai cukup rendah. Sedangkan pada RPJMD Kota Blitar menargetkan cakupan pelayanan mencapai 35% sambungan rumah pada tahun 2010-2015. Menurut RPJMD Kota Blitar akses air bersih keseluruhan (sambungan PDAM dan non sambungan) tahun 2015 sebesar 74,77 % ditargetkan pada tahun 2019 telah mencapai 100% akses air bersih. Berdasarkan hasil penelitian analisa kualitas pelayanan, PDAM Kota Blitar belum dapat memberikan kepuasan bagi pelanggannya. Dari kajian tersebut diharapkan bagi pihak PDAM Kota Blitar agar melakukan perbaikan terutama terkait dengan tingkat kejernihan air, bau dan rasa air karena kadar Fe dan Mn tinggi (Ichwan Rahmawan Widodo dan Hari Wiko Indarjanto, 2017). Pencemaran di air baku dapat menimbulkan ketersedian air baku semakin sedikit. Dikarenakan keterbatasan ketersediaan air yang dapat

dikonsumsi oleh manusia, maka diperlukan pengolahan air untuk keperluan sehari-hari dari air baku. Pengolahan air baku ini harus disesuaikan dengan baku mutu air yang terdapat melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021.

Dikutip dari berita kecamatan-di-blitar-dapat-dropping-air-bersih-saat-musim-kemarau, Lima Kecamatan di Kabupaten Blitar menerima dropping air bersih dari BPBD. Dropping air diberikan mulai pekan ini. Itu karena wilayah tersebut berpotensi mengalami kekeringan saat musim kemarau. Selain itu, ada empat kecamatan lainnya yang juga akan mendapatkan dropping air bersih di antaranya, Kecamatan Bakung, Wates, Binangun, Panggungrejo dan Wonotirto.

2.2 Karakteristik Air Baku

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, air yang didistribusikan harus memiliki kualitas yang baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dengan penglihatan bahwa air tersebut harus tidak berbau, tidak berwarna dan keruh serta layak didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- Kelas Satu (I)

Peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas Dua (II)

Peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas Tiga (III)

Peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau

peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- Kelas Empat (IV)

Peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Serta untuk parameter Total *Coliform* menggunakan baku mutu yaitu Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.

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

2.3 Parameter yang Terkandung dalam Air Baku

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat dilihat dari kandungan-kandungan yang ada didalamnya. Penentuan perencanaan pengolahan air minum, air baku yang digunakan yaitu air permukaan Sungai Bengawan Solo yang mempunyai beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut:

2.3.1 Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dapat dinilai dengan cepat oleh orang awam. Yang termasuk kedalam parameter fisik adalah sebagai berikut:

- a) Bau

Air minum yang berbau selain tidak estetis juga tidak akan disukai oleh

masyarakat. Bau air dapat memberikan petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh tumbuhan algae (Effendi, 2003).

b) Rasa

Air minum pada umumnya tidak memberikan rasa/ tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, asin, dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi, 2003).

c) Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar: Tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/ pipa, yang dapat membahayakan kesehatan. Menghambat reaksi reaksi biokomia di dalam saluran/ pipa. Mikroorganisma patogen tidak mudah berkembang biak, dan Bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

d) Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (nephelometric turbidity unit). Kekeruhan diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur didalam air. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS baik yang bersifat organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010).

Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam 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 desinfektan yang diberikan (Tri Joko, 2010).

e) *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS adalah bahan tersuspensi yang mengakibatkan kekeruhan air, terdiri dari pasir halus, lumpur, serta jasad-jasad renik yang berasal dari kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003).

TSS (Total Suspended Solid) merupakan senyawa berbentuk padat yang tersuspensi berada di dalam air. Padatan ini dapat berasal dari mineral-mineral misalnya silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil penguraian jasad makhluk hidup. TSS juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteria, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017).

2.3.2 Parameter Kimia

Karakter kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian terlebih dulu untuk mengetahui zat-zat yang terkandung didalamnya. Parameter kimiawi yang terdapat didalam air adalah sebagai berikut:

a) pH (Derajat Keasaman)

pH (Power of Hydrogen) menunjukkan adanya konsentrasi ion hidrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air dengan pH ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

b) Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) merujuk pada jumlah oksigen yang larut dalam air, yang berasal dari proses fotosintesis dan penyerapan dari atmosfer atau udara. DO memainkan peran penting dalam proses penyerapan makanan oleh organisme hidup dalam air. Untuk menilai kualitas air dalam suatu perairan, kita dapat mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin tinggi jumlah DO, maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut terlalu rendah, hal ini dapat menyebabkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin terjadi. (Salmin, 2005)

c) Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah indikator jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroba aerob untuk mengubah bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan sejauh mana proses respirasi mikroba aerob mengkonsumsi oksigen. Jika perairan memiliki kadar bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan bahan anorganik terlarut, maka BOD-nya juga akan tinggi. (Effendi, 2003).

d) Chemical Oxygen Demand (COD)

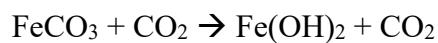
Chemical Oxygen Demand (COD) adalah ukuran jumlah bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia. Nilai COD biasanya lebih tinggi daripada Biological Oxygen Demand (BOD), meskipun kadang-kadang keduanya bisa sama. Hal ini karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, seperti lignin, dan hanya dapat teroksidasi secara kimia. Selain itu, zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat dalam proses oksidasi dapat meningkatkan kandungan organik dalam sampel. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat.

Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio $BOD/COD \geq 0.5$ maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika $BOD/COD < 0.3$ maka tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri.

e) Besi (Fe)

Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak dan menyebabkan warna air kekuningan/ kecoklatan pada air minum konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l.

Di dalam proses penghilangan besi dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity, $(\text{HCO}_3)^-$ yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat, $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Oleh karena bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada $(\text{HCO}_3)^-$, maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.



Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika CO_2 berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan. Baik hidroksida besi (valensi 2) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion). Selanjutnya Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relatif lambat, sehingga pada prakteknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah. Untuk aerator dengan difuser dilakukan dengan cara menyemburkan udara bertekanan ke dalam air melalui difuser yang berbentuk nozzle, pipa berlubang, atau difuser gelembung halus. Dengan cara demikian maka akan terjadi kontak yang efektif antara oksigen atau udara dengan zat besi yang ada di dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi zat besi membentuk oksida yang tak larut dalam air (Said, 2005).

2.3.3 Parameter Biologi

a) Total Coliform

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan koliform tidak termasuk

bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Koliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk bakteri aerobik dan fakultatif anaerobik. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotropik dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform digunakan sebagai indikator untuk mengindikasikan kemungkinan adanya mikroba lain dalam air tersebut, seperti mikroba patogen misalnya Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain. (Asyina dkk, 2019)

2.3 Unit Instalasi Pengolahan Air

2.4.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Proses pengolahan awal ini merupakan proses pada awal pengolahan secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar atau sedang dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Adapun tujuan pengolahan ini menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Berikut unit instalasi yang digunakan dalam perencanaan bangunan pengolahan air minum.

a) Bangunan Penyadap (*Intake*)

Bangunan ini memiliki peran sebagai penangkap air mentah dan dilengkapi dengan *Screen* untuk melindungi pipa dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan yang mungkin disebabkan oleh material yang melayang atau mengapung.

Dalam tugas ini intake yang digunakan adalah *River Intake*, karena air yang digunakan adalah air baku permukaan yang berasal dari sungai. Cara kerja *River Intake* yaitu :

- Dimulai dari *Screen* yang berfungsi untuk menyisihkan benda-benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya.
- Kemudian sumur pengumpul yang berfungsi untuk menampung air dari badan air melalui pipa *inlet* sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- *Strainer* yang berfungsi untuk menyaring benda-benda kecil misalnya kerikil, dan biji-bijian
- Terakhir *Suction pipe* fungsinya untuk mengambil air dari sumur pengumpul setelah memulai strainer kemudian diolah.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, Intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

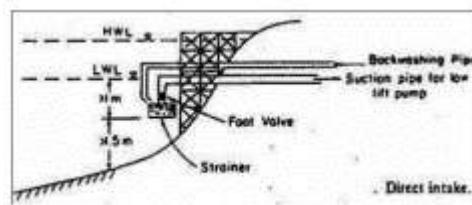
- 1) Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
- 2) Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain lain);
- 3) Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*up-lift*);
- 4) Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
- 5) Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
- 6) Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;

- 7) Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
- 8) Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun;
- 9) Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

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

a. *Direct Intake*

Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.



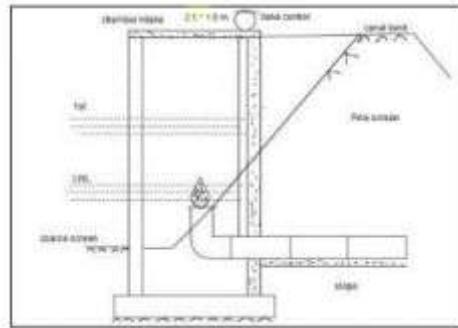
Gambar 2. 1 Direct Intake

(Sumber: <https://123dok.com/document/q2k9v1eq-perencanaan-bangunan-pengolahan-air-minu.html>)

b. *Indirect Intake*

- Canal Intake

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

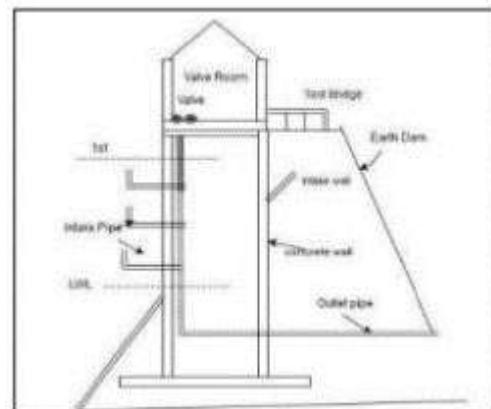


Gambar 2. 2 Canal Intake

(Sumber: <https://www.ques10.com/p/34138/explain-various-types-of-intake-structures/>)

- Reservoir Intake

Digunakan untuk air yang berasal dari dam (bendungan) dan dengan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan dam dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara



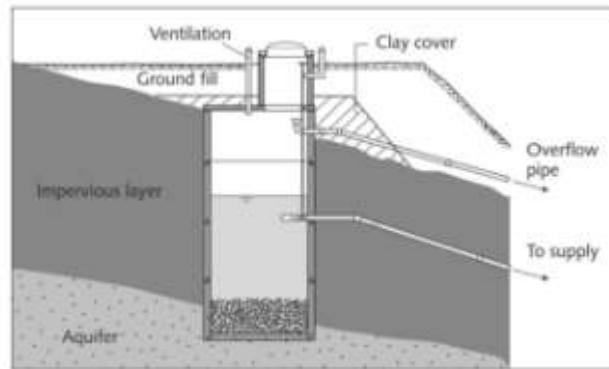
Gambar 2. 3 Reservoir Intake

(Sumber: <https://www.ques10.com/p/34138/explain-various-types-of-intake-structures/>)

- Spring Intake

Spring Intake biasanya digunakan untuk air baku yang berasal dari mata air atau air tanah. Ini adalah salah satu jenis bangunan intake yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengontrol aliran air yang akan dialirkan ke sistem

pengolahan air yang digunakan untuk air baku dari mata air atau air tanah.

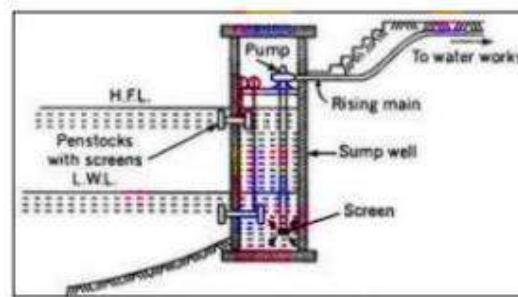


Gambar 2. 4 Spring Intake

(Sumber: <https://sswm.info/es/arctic-wash/module-4-technology/further-resources-water-sources/springs>)

- **River Intake**

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



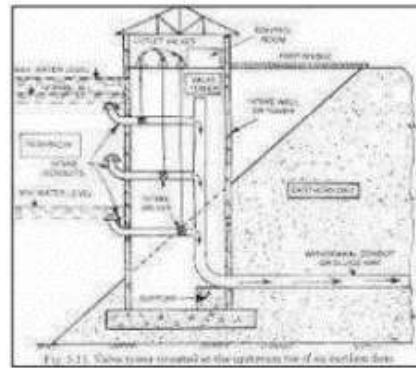
Gambar 2. 5 River Intake

(Sumber: <https://dreamcivil.com/intake-structure/>)

- **Intake Tower**

Intake Tower atau menara intake adalah bagian penting dari bangunan air, khususnya dalam proyek pembangunan seperti bendungan. Fungsi utama dari intake tower adalah sebagai pemasok air baku ke daerah tertentu. Bangunan ini biasanya

dilengkapi dengan pintu air, yang berfungsi untuk mengatur besarnya air yang diambil dan juga berfungsi sebagai pengendali saat banjir.

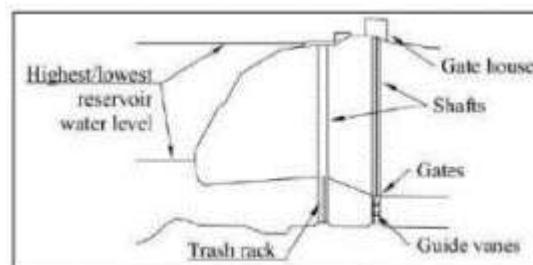


Gambar 2. 6 Intake Tower

(Sumber: <https://www.gla.ac.in/pdf/intake-for-water-collection.pdf>)

- Gate Intake

Gate Intake berfungsi untuk menyadap dan mengontrol air yang akan dialirkan ke saluran irigasi melalui kantong lumpur1. Bagian ini dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup, sehingga besar kecilnya air yang disadap dapat dikontrol. Gate Intake berfungsi sebagai screen dan sebagai pintu air pada prasedimentasi.



Gambar 2.7 Gate Intake

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Schematic-side-view-of-the-intake-gates-at-Homstol-reservoir-fig3_284727515)

Dalam perencanaan ini digunakan tipe River Intake karena ekonomis dan sesuai dengan kondisi air sungai yang memiliki perbedaan level muka air saat musim hujan dan musim kemarau.

Adapun beberapa kriteria perencanaan yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.

- Kecepatan aliran air = 0,6-1,5 m/s
- Panjang pipa = >15 m
- Tekanan air dalam pipa (minimum) = 1 atm
- Tekanan air pipa DCIP = 10 atm
- H pipa HWL = max 8 m
- H pipa LWL = max 6 m
- Tinggi hidrolis pipa minimum 5 m di atas pipa
- Kehilangan tekanan (Headloss) pipa tidak lebih dari 150 mm

(Sumber : Permen PU No. 18 Tahun 2007, Permen PU No. 28 Tahun 2015)

- Kemiringan dasar bak = 1-2%

(Sumber : Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Facilities". 1991)

b) *Screen*

Screening biasanya melibatkan batang paralel, kawat atau grating, piring berlubang, dan biasanya memiliki lubang berbentuk bulat atau persegi. Peralatan screen pada dasarnya dibagi menjadi dua jenis, yaitu screen kasar dan screen halus. Metode pembersihan bisa dilakukan secara manual atau mekanis. Perbedaan antara screen kasar dan halus terletak pada jarak antara bar screen. Prinsip kerjanya adalah untuk menghilangkan bahan padat kasar dengan serangkaian bahan baja yang dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/s agar bahan padat yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan bentuk penampang batang tersebut adalah

empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal. Ada beberapa jenis screening dijelaskan sebagai berikut.

- *Coarse screen* (Penyaring Kasar)

Dalam pengolahan air limbah, penyaring kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar disaring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Screening dengan pembersihan secara mekanik, bahannya terbuat dari stainless steel atau dari plastik. Terdapat beberapa tipe screen secara mekanik, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 8 Coarse screen

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/X6X4FKrgchnLyT6c6>)

Adapun beberapa kriteria perencanaan yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Kriteria Barscreen

Parameter	US Custom Unit		Satuan Internasional	
	Metode		Metode	
	Manual	Otomatis	Manual	Otomatis
[Ukuran Batang]				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	25 – 38
Jarak Antar Batang	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	25 – 50	15 – 75
[Parameter lain]				
Kemiringan thd vertikal (derajat)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0-3,25ft/s	0,3-0,6m/s	0,6-1,0m/s
Headloss (max)	6 in	5-24in	150mm	150-600mm

- *Fine Screen*

Penyaring halus (fine screen) berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Preliminary Treatment) maupun pengolahan pertama atau utama (Primary Treatment). Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Preliminary Treatment) adalah seperti, ayakan kawat (Static Wedge Wire), drum putar (Rotary Drum), atau seperti anak tangga (Step Type)..

Tabel 2. 2 Kriteria Finescreen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan		
	Klasifikasi Ukuran	Range ukuran					
		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 μm		Stainlees-steel dan kainpolyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder		
Horizont al Recipro cating	Sedang	0,06 – 0,17	1,6 – 4	Batangan Stainless-steel	Gabungan dengan saluran air hujan		
Tangensi al	Halus	0,0475	1200 μm	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel	Gabungan dengan saluran pembawa		

(Sumber: Metcalf and Eddy, 2004)

Untuk jenis fine screen, terdapat penurunan kadar untuk beberapa parameter dalam air baku. Persen penurunan atau persen removal tersebut dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 2. 3 Luas Permukaan Screen

Bentuk Kisi	B
Segi empat sisi runcing	2,42
Segi empat sisi bulat runcing	1,83
Segi empat dengan sisi bulat	1,67
Segi empat dengan sisi bulat	1,79
Segi empat dengan sisi bulat	0,76

(Sumber: Metcalf and Eddy, 2004)

c) Sumur pengumpul

Bak penampung merupakan bak yang digunakan untuk menampung air limbah yang berasal dari saluran pembawa. Bak penampung juga sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak penampung agar debitnya konstan.

Rumus perhitungan yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

1. Volume bak penampung ($A_{surface}$)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

V = Volume bak penampung (m^3)

Q = debit (m^3/s)

t_d = waktu detensi (s)

2. Dimensi bak penampung

$$V = L \times B \times H$$

Keterangan:

V = volume bak penampung (m^3)

L = panjang bak penampung (m)

B = lebar bak penampung (m)

H = kedalaman bak penampung (m)

3. Ketinggian total bak penampung (A_{cross})

$$H_{Total} = H + ((10\% - 30\%) \times H)$$

Keterangan:

H_{Total} = kedalaman bak (m)

H = ketinggian air dalam bak penampung (m)

Freeboard = 5% - 30%

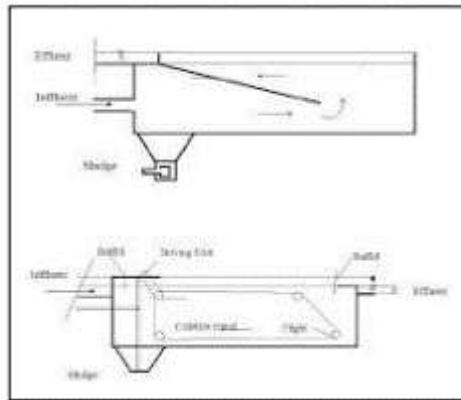


Gambar 2. 9 Bak Penampung

(Sumber: <https://ptnac.com/injeksi-bocor-bak-penampungan-air-limbah/>)

d) Pra sedimentasi

Prasedimentasi dapat 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 & Paul, 1996). Unit prasedimentasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 10 Unit Prasedimentasi

(Sumber: <http://caracararaaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruanganya itu (Qasim dkk, 2000):

- Zona inlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran steadyuniform di zona *settling* (aliran laminer)

- Zona pengendapan

Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskit pada air

- Zona lumpur

Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur

- Zona outlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran efluen, serta mengatur debit efluent

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

Tabel 2. 4 Desain Tipikal Prasedimentasi

<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>					
Detention time (h)	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Average flow (gal/ft ² .d)	gal/ft ² .d	800-120	m ³ /m ² .d	30-50	40
Peak hourly flow (gal/ft ² .d)	gal/ft ² .d	2000	m ³ /m ² .d	80-120	100
Weir loading (gal/ft ² .d)	gal/ft ² .d	10.000	m ³ /m ² .d	125-500	250
<i>Primary settling with waste activated-sludge return</i>					
Detention time (h)	h	2	m ³ /m ² .d	1,5-2,5	2
Average flow (gal/ft ² .d)	gal/ft ² .d	700	m ³ /m ² .d	24-32	28
Peak hourly flow (gal/ft ² .d)	gal/ft ² .d	1500	m ³ /m ² .d	48-70	60
Weir loading (gal/ft ² .d)	gal/ft ² .d	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003. page 398)

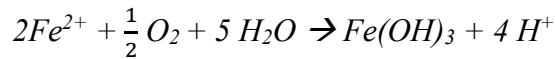
2.4.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

a) Aerasi

Aerasi merujuk pada proses di mana udara atau oksigen ditambahkan ke dalam air, menciptakan interaksi dekat antara keduanya. Ini bisa dilakukan dengan cara menyemprotkan air ke udara atau dengan memasukkan gelembung udara kecil dan membiarkannya naik melalui air. Proses ini memfasilitasi transfer gas dari atmosfer ke air, yang menghasilkan peningkatan 25% dalam oksigen terlarut. Hal ini mempercepat oksidasi besi, mangan, dan logam lainnya ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan kurang larut. Endapan yang dihasilkan kemudian dapat dihilangkan di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada didalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan (O_3), hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter

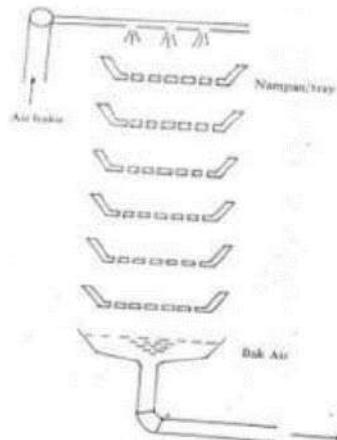
organik dan chemical oxygen demand (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung (Izzati Istihara, 2019):



Jenis-jenis metode aerasi, antara lain:

1. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

Pengolahan aerasi dengan metode waterfall/multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubanglubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara parallel.



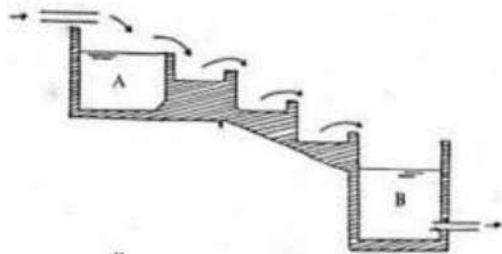
Gambar 2. 11 Waterfall Aerator

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/metode-apa-saja-yang-dapat-dilakukan-untuk-melakukan-aerasi/111420/2>)

2. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri dari 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01

$\text{m}^3 / \text{det per meter}$. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peraltan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerator, ruang (tempat) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

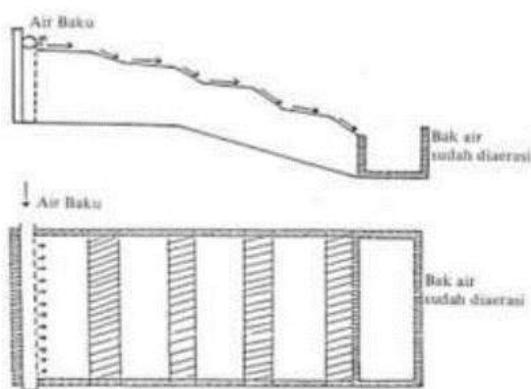


Gambar 2. 12 Cascade Aerator

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/metode-apa-saja-yang-dapat-dilakukan-untuk-melakukan-aerasi/111420/2>)

3. Submerged Cascade Aerator

Aerasi tangga 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 $0,5 \text{ m}^3 / \text{det per meter luas}$.

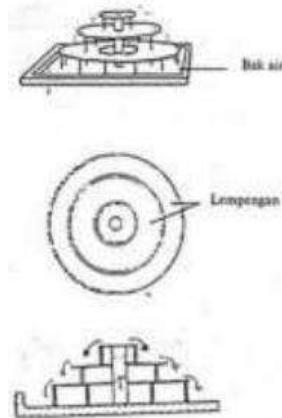


Gambar 2. 13 Submerged Cascade Aerator

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/metode-apa-saja-yang-dapat-dilakukan-untuk-melakukan-aerasi/111420/2>)

4. *Multiple Plat Form Aerator*

Multiple Plat Form Aerator memakai prinsip yang sama, yaitu memiliki lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh terhadap air.

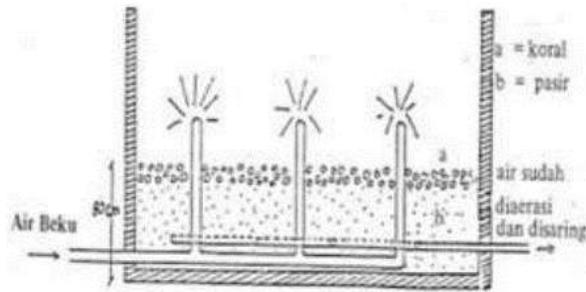


Gambar 2. 14 Multiple Plat Form Aerator

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/metode-apa-saja-yang-dapat-dilakukan-untuk-melakukan-aerasi/111420/2>)

5. *Spray Aerator*

Spray Aerator terdiri atas nozzle 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 sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozzle untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nozzle yang dapat berputar-putar

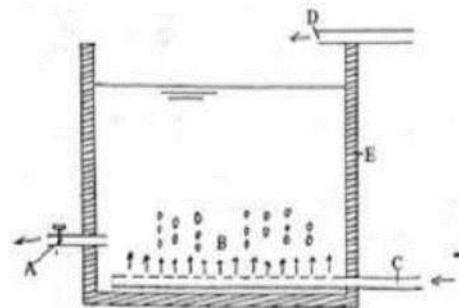


Gambar 2. 15 Spray Aerator

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/metode-apa-saja-yang-dapat-dilakukan-untuk-melakukan-aerasi/111420/2>)

6. Bubble Aerator (Aerator Gelembung Udara)

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



Gambar 2. 16 Bubble Aerator

(Sumber: <https://www.dictio.id/t/metode-apa-saja-yang-dapat-dilakukan-untuk-melakukan-aerasi/111420/2>)

7. 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 pons*). 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 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

Multiple tray aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan yang 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. 5 Penggolongan Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: Cascade	20 - 45% CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Tinggi: 1-3 m - Luas: 85-105 m² /m².det - Kecepatan aliran: 0,3 m/det
<i>Packing tower</i>	>95% VOC >90% CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Diamer kolom maksimum: 3 m - Beban hidrolik: 2000 m³/m² .hari - Kecepatan aliran: 0,3 m/det
<i>Tray</i>	>90% CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan: 0,8-1,5 m³ /m² . menit

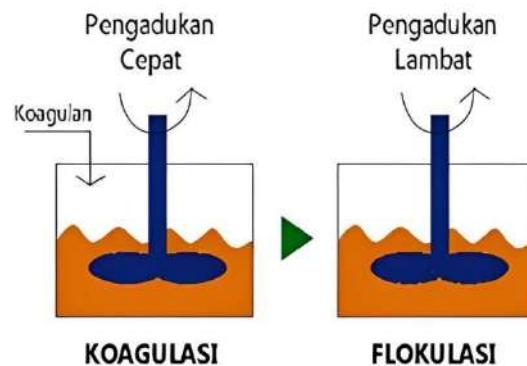
		<ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan udara: $7,5 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{air}$ - Jarak rak (tray): 30-75 cm - Luas: $50-160 \text{ m}^2 / \text{m}^3 \cdot \text{Det}$
<i>Spray Aerator</i>	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> - Tinggi: 1-2,9 m - Diameter nozzle: 2,5-4 cm - Jarak nozzle: 0,6-3,6 m - Debit nozzle: 5-10 l/det
<i>Aerator Bedifusi</i>	80% VOC	<ul style="list-style-type: none"> - Luas bak: 105-320 m³ / m² . det - Tekanan semprotan: 70 kPa - Waktu detensi: 10-30 menit - Udara: $0,7-1,1 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{air}$ - Tinggi kedalaman: 2,7-4,5 m oLebar: 3-9 m - Lebar/kedalaman: <2 volume - Maksimum: 150 m³
<i>Aerator mekanis</i>	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	<ul style="list-style-type: none"> - Diameter lubang diffuser: 2-5 mm

		<ul style="list-style-type: none"> - Waktu detensi: 10-30 menit - Kedalaman tangki: 2-4 m
Harga		Rp45.000.000,00

(Sumber: *Qasim et al., 2000*)

b) Koagulasi – Flokulasi

Proses koagulasi dan flokulasi melibatkan penambahan bahan kimia ke dalam air baku atau air limbah untuk membentuk fлок dan menyatukannya dengan partikel tersuspensi, sehingga dapat mengendap. Koagulasi melibatkan pengadukan cepat dengan koagulan untuk menghasilkan destabilisasi koloid dan suspended solid, sehingga membentuk partikel yang stabil. Sedangkan flokulasi melibatkan pengadukan lambat untuk mengumpulkan partikel yang stabil dan mengendapkannya pada bak sedimentasi.



Gambar 2. 17 Koagulasi dan Flokulasi

(Sumber : <https://www.temukanpengertian.com/2015/05/pengertian-metode-desinfeksi.html>)

Ketika memasuki proses koagulasi, terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan). Koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan

ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & Assomadi, 2016). Bila koagulan ditambahkan ke dalam air, reaksi yang terjadi antara lain:

- Pengurangan zeta potensial (potensial elektrostatis) hingga suatu titik dimana gaya van der walls dan agitasi yang diberikan menyebabkan partikel yang tidak stabil bergabung serta membentuk flok
- Agregasi partikel melalui rangkaian inter partikulat antara grup-grup reaktif pada koloid
- Penangkapan partikel koloid negatif oleh flok-flok hidroksida yang mengendap.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain:

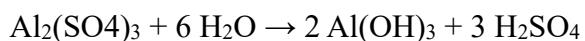
- Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan
- Jumlah dan karakteristik koloid
- Derajat keasaman air (pH)
- Pengadukan cepat, dan kecepatan paddle
- Temperatur air
- Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur
- Karakteristik ion-ion dalam air

Bahan kimia koagulan diperlukan untuk membantu mengendapkan partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya melalui gaya gravitasi. Salah satu cara menghilangkan kekeruhan dan warna dalam air limbah adalah dengan menambahkan koagulan atau bahan kimia lainnya. Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat, dimana koagulan ditambahkan pada bak pengaduk cepat dan pada bak pengaduk lambat terjadi pembentukan flok yang lebih besar untuk

memudahkan pengendapan pada bak sedimentasi. Beberapa jenis koagulan yang umum digunakan meliputi:

1. Koagulan Aluminium Sulfat (Alum) – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$

Alumunium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini biasanya disebut tawas, bahan ini dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Koagulan ini membutuhkan kehadiran alkalinitas dalam air untuk membentuk flok. Dalam reaksi koagulasi, flok alum dituliskan sebagai $\text{Al}(\text{OH})_3$. Mekanisme koagulasi ditentulkan oleh pH, konsentrasi koagulan dan konsentrasi koloid. Koagulan dapat menurunkan pH dan alkalinitas karbonat. Rentang pH agar koagulasi dapat berjalan dengan baik antara 4,5 – 7 (Eckenfelder, 2000). Adapun reaksi dasarnya adalah sebagai berikut.



2. Koagulan Ferrie Chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

3. Koagulan Ferrous Sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Dikenal sebagai Copperas, bentuk umumnya adalah granular. Ferrous Sulfate dan lime sangat efektif untuk proses penjernihan air dengan pH tinggi ($\text{pH} > 10$)

4. Koagulan Chlorinated Copperas ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Dibuat dengan menambahkan klorin untuk mengioksidasi Ferrous Sulfate. Keuntungan penggunaan koagulan ini adalah dapat bekerja pada jangkauan pH 4,8 hingga 11.

5. Koagulan Sodium Aluminate (NaAlO_2)

Digunakan dalam kondisi khusus karena harganya yang relatif mahal. Biasanya digunakan sebagai koagulan sekunder untuk menghilangkan warna dan dalam proses pelunakan air dengan lime soda ash.

6. Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)

Polimer alumunium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah alumunium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al-OH.

PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan aids yaitu perlu pengarahan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

Pengadukan merupakan operasi yang mutlak diperlukan pada proses koagulasi dan flokulasi. Pengadukan cepat berperan penting dalam pencampuran koagulan dan destabilisasi partikel. Pengadukan lambat berperan dalam upaya penggabungan flok. Jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukan. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Berikut ini adalah penjelasannya :

a. Pengadukan cepat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 20 - 60 detik, dengan gradien kecepatan 700 – 1000 /detik. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik, pengadukan pneumatis, dan baffle basins (Reynolds & Richards, 1996).

b. Pengadukan lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel

hingga berukuran besar (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 15 - 30 menit, dengan gradien kecepatan 20 -70 /detik. Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik dan pengadukan hidrolis (Reynolds & Richards, 1996).

c. Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling - baling).

Power yang dihasilkan dari berbagai impeller dapat ditentukan dengan menggunakan hubungan yang dikembangkan oleh Rushton. Daya tangki tidak sama, sesuai dengan nilai konstanta impeller, KT dan KL

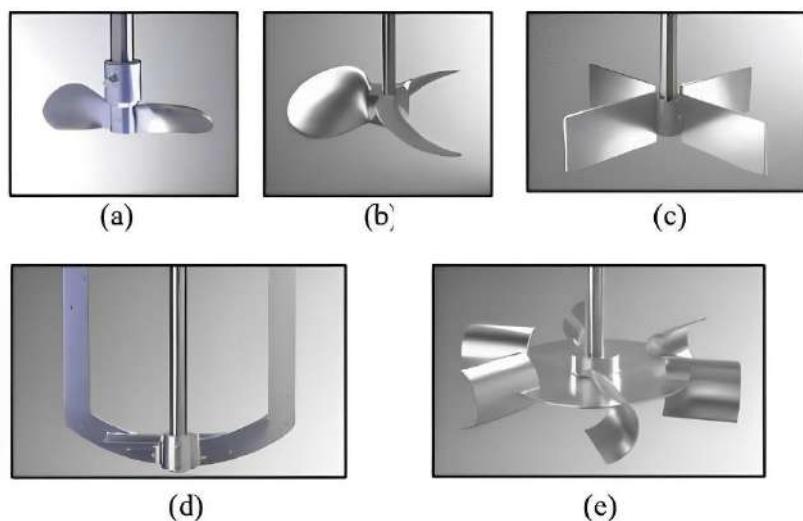
Tabel 2. 6 Konstanta KT dan KL

Jenis impeller	KT	KL
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41,0	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1,00
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60,0	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65,0	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70,0	4,80
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70,0	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddle), $Di/Wi = 4$</i>	43,0	2,25
<i>Flats paddles, 2 blades, $Di/Wi = 6$</i>	36,5	1,70
<i>Flats paddles, 2 blades, $Di/Wi = 8$</i>	33,0	1,15
<i>Flats paddles, 4 blades, $Di/Wi = 6$</i>	49,0	2,75

<i>Flats paddles, 6 blades, Di/Wi = 8</i>	71,0	3,82
---	------	------

(Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:188)

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td . Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih besar daripada G di kompartemen II, dan G di kompartemen III yang paling kecil. Pengadukan mekanis umumnya digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.



Gambar 2. 18 (a) 2 blade impeller (b) 3 blade impeller (c) 4 blade impeller (d) Anchor Type Impeller (e) Agitator Impeller

(Sumber: <https://www.directindustry.com/prod/lightnin/product-24564-%2059977.html>)

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi-Flokulasi

Parameter	Besar satuan	Sumber
Waktu tinggal di dalam bak (td)	20 – 60 detik	Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003.
Gradien kecepatan (G)	700 – 1000 / detik	Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182
Diameter paddle (Di)	50 – 80% diameter bak	Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003.
Lebar paddle (Wi)	1/6 – 1/10 diameter paddle	Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 185
Kecepatan putaran paddle (n)	20 -150 rpm	
Kedalaman bak (H)	1 – 1,25 diameter	Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003.
Jarak paddle dari dasar	30-50% D	Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 184
Reynold number (N _{RE})	>10.000	Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003.
		Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 187

(Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018 Halaman 41)

Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan unit koagulasi-flokulasi adalah sebagai berikut :

A. Bak Pembubuh Koagulan

- **Kebutuhan Koagulan Harian**

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{Dosis koagulan} \times Q$$

Keterangan:

Kebutuhan koagulan = Jumlah koagulan dibutuhkan (kg/hari)

Dosis koagulan : Dosis optimum koagulan (mg/L)

Q = Debit air limbah (m^3 /detik)

- **Debit koagulan per hari**

$$Q = \frac{\text{Kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ Koagulan}} \times td$$

Keterangan:

Q = Debit koagulan (L/hari)

Kebutuhan koagulan = Jumlah koagulan dibutuhkan perhari (kg/hari)

ρ koagulan = Massa jenis koagulan (kg/L)

td = Periode / lama pelarutan (hari)

- **Debit air pelarut**

$$Q \text{ pelarut} = \frac{100 - \% \text{ pelarutan}}{\% \text{ pelarutan}} \times Q \text{ koagulan}$$

Keterangan:

Q air pelarut = Air yang dibutuhkan melarutkan koagulan (m^3 /hari)

Kadar air pelarut = Persen kandungan air dalam larutan

Q koagulan : Debit koagulan per hari (m^3 /hari)

- **Total debit tangki pembubuh**

$$Q \text{ Total} = Q \text{ Koagulan} + Q \text{ air pelarut}$$

Keterangan:

Q koagulan = Volume koagulan per hari (m^3 /hari)

Q pelarut = Volume air pelarut per hari (m^3 /hari)

- **Volume tangki pembubuh (pembubuhan dilakukan 1 hari)**

$$V = Q \text{ total} \times Td$$

Keterangan:

Q total = Debit total tangki pembubuh (m³ /hari)

td = Periode / lama pelarutan (hari)

- **Kedalaman air pada bak pembubuh**

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H$$

Keterangan:

V = Volume tangki pembubuh (m³)

D = Diameter tangki pembubuh (m)

H air : Kedalaman air dalam bak pembubuh (m)

- **Supply tenaga ke air/ daya pengaduk**

$$P = G^2 \mu V$$

P = Supply tenaga ke air (Watt)

G = Gradien kecepatan (L/s)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)

V = Volume bak pembubuh (m³)

- **Diameter impeller**

$$Di = \left(\frac{P}{K_T \eta^3 \rho} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Keterangan:

P = Supply tenaga ke air (Watt)

KT = Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

η = Kecepatan putaran (rps)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

- **Jarak impeller dengan dasar (Hi)**

$$Hi = \% \times Di$$

Keterangan:

Hi = Jarak impeller dengan dasar (m)

Di = Diameter impeller

% = Persentase diameter (30 – 50% Di)

- **Cek diameter impeller**

$$\text{Cek D} = \frac{\text{Diameter Impeller}}{\text{Diameter Tangki}} \times 100\%$$

Keterangan:

D impeller = Diameter impeller tangki (m)

D tangki = Diameter tangki (m)

Cek D harus memenuhi range 30-50%

- **Lebar Impeller**

$$Wi = \frac{1}{x} \times D.Tangki$$

Keterangan:

Wi = Lebar impeller (m)

D.Tangki = Diameter tangki (m)

Lebar impeller = 1/6 – 1/10

- **Cek bilangan Reynold**

$$N_{Re} = \frac{Di^2 \times n \times \rho \text{ air}}{\mu}$$

Keterangan:

Nre = bilangan Reynold

Di = Diameter impeller/pengaduk (m)

n = Kecepatan putaran (rps)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

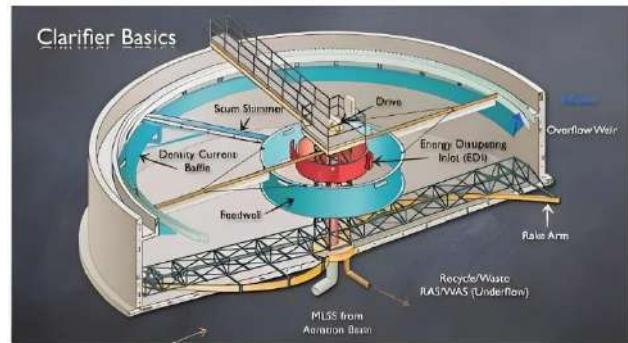
μ = Viskositas absolut (N.s/m^2)

c) Sedimentasi

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

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.

3. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing alum, soda, NaCl, dan chlorine.
4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.



Gambar 2. 19 Unit Sedimentasi

(Sumber: <https://www.anakteknik.co.id/chandra25/articles/apa-itu-unit-water-treatment-plant-dan-demineralizer>)

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

1. Pengendapan Tipe I (Free Settling).
2. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling).
3. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling).
4. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling).

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini, Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

1. Zona Inlet

Pada zona inlet terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak)

2. Zona Settling

Pada zona settling terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.

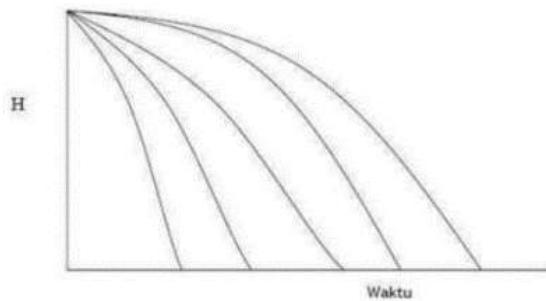
3. Zona Sludge

Zona sludge merupakan ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.

4. Zona Outlet

Zona outlet menghasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

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



Gambar 2. 20 Grafik Isoremoval

(Sumber: *Al Layla, Water Supply Engineering Design*)

Berikut merupakan rumus-rumus yang biasa digunakan dalam perhitungan unit sedimentasi atau *Clarifier*.

- Diameter Bak

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

Keterangan:

D = Diameter bak (m)

A = Luas area surface (m^2)

- Kedalaman bak

$$H = \frac{Q \times td}{A}$$

Keterangan:

Q = Debit masuk (m³ /hari)

Td = Waktu detensi (detik)

A = Luas area surface (m²)

- Kecepatan pengendapan partikel (vs)

$$Vs = \frac{H}{Td}$$

Keterangan:

Vs = kecepatan pengendapan (m/s)

H = tinggi clarifier (m)

Td = waktu detensi (s)

- Diameter Partikel (Dp)

$$Dp = \sqrt{\frac{vs \times 18 \times v}{g (S_s - 1)}}$$

Keterangan:

Vs = kecepatan pengendapan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

v = viskositas kinematis (m²/s)

S_s = specific gravity

- Kecepatan Horizontal di bak (vh)

$$Vh = \frac{Q_{in}}{\pi \times D \times H}$$

Vh = kecepatan horizontal (m/s)

Q_{in} = debit yang masuk ke clarifier (m³/s)

D = diameter clarifier (m)

H = tinggi clarifier (m)

- MLVSS pada Clarifier

$$MLVSS_{Clarifier} = MLVSS_{total} - MLVSS_{as}$$

Keterangan:

MLVSS_{as} = kebutuhan MLVSS yang tetap ada di bak activated sludge

- Massa Solid total pada Clarifier

$$M.\text{solid total} = \text{MLVSS clarifier} \times V.\text{clarifier}$$

Keterangan:

$M.\text{solid total}$ = massa solid total di clarifier

MLVSS clarifier = kebutuhan MLVSS yang ada di clarifier

2.4.3 Pengolahan Lanjutan (*Secondary Treatment*)

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan tahap kedua ini, proses yang terjadi yaitu secara biologis. Pada proses ini berutujuan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya.

a) Filtrasi

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

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

Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah sebagai berikut:

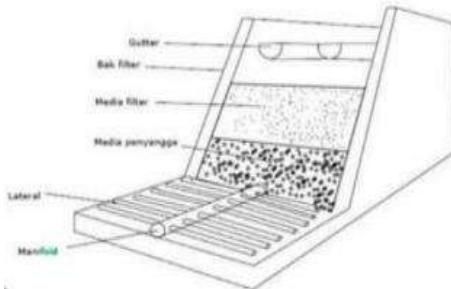
1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
4. Proses adsorpsi atau proses eletrokinetik

5. Proses koagulasi di dalam filter
6. Proses bilogis di dalam filter
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomaceous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla pada tahun 1980, pada proses purifikasi air, rapid sand filters memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara $4-5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ (namun terkadang laju filtrasinya dapat lebih dari $6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$).

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

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



Gambar 2. 21 Skema Sand Rapid Filter

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996)

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat.

Fraksi berat ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya. Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan rapid sand filter sebagai berikut.

- Single media pasir:

UC= 1,3-1,7

ES = 0,45-0,7 mm

- Dual media:

UC= 1,4-1,9

ES = 0,5-0,7 mm

1. Filter Pasir Cepat (*Sand Rapid Filter*)

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2. 8 Kriteria Filter Pasir Cepat

No.	Unit	Saringan Biasa <i>Gravity</i>	Saringan <i>Backwash</i>
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11
2.	Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit)	36-50 10-15	36-50 10-15
3.	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24
4.	Ekspansi (%)	30-50	30-50
5.	Dasar filter Lapisan penyangga dari atas ke bawah a. Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm)	80-100 2-5	80-100 2-5
	b. Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm)	80-100 5-10	80-100 5-10

c. Kedalaman (mm)	80-100	80-100
Ukuran butir (mm)	10-15	10-15
d. Kedalaman (mm)	80-150	80-150
Ukuran butir (mm)	15-30	15-30
e. Filter Nozel Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5
f. Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%
Harga	Rp3.800.000,00	

(Sumber: SNI 6774-2008)

2. Filter Pasir Lambat (*Sand Slow Filter*)

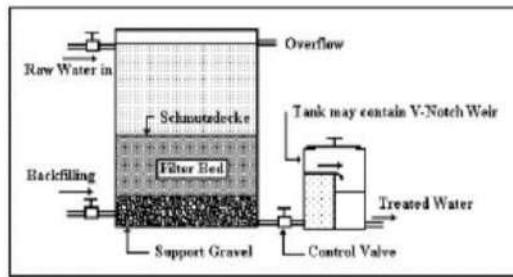
Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogea atau schmutzdeeecke.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

Tabel 2. 9 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan Filtrasi	0,1-0,4 m ³ /jam
Ukuran bed besar	2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Effective size 0,25-0,3 mm,

	uniformity coefficient 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20-60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2-0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah
Harga	Rp1.700.000,00

(Sumber: Schulz & Okun, 1984)



Gambar 2. 22 Filter Pasir Lambat

(Sumber: 62.pdf.undip.ac.id)

3. Filter Bertekanan (Pressure Filter)

Pada dasarnya Filter bertekanan (pressure filter) mempunyai prinsip yang sama dengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya

didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada dilter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karen itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel dibawah.

Tabel 2. 10 Kriteria Filter Pasir Bertakanan

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

No.	Unit	Nilai/Keterangan
5.	Dasar Filter	
	Nozel Lebar slot nozel (mm)	<0,5
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

2.4.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya. Unit pengolahan tersier ini terdiri dari:

a) Desinfeksi

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

Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan

adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum yaitu:

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

Adapun beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8. Oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003). Berikut adalah

berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbedabeda beserta penjelasannya:

1. Desinfeksi dengan Ozon

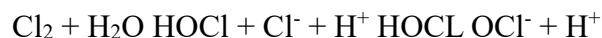
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam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

2. Desinfeksi dengan UV

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

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

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



4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari

lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit.

b) *Reservoar*

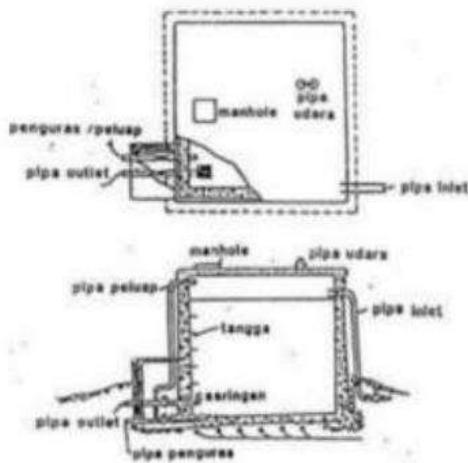
Reservoar adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoar ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoar mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan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

Fungsi utama dari reservoar 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 reservoar, dan digunakan kembali untuk memenui kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Berdasarkan tinggi relative reservoar terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoar dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Reservoar Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoar pemukaan adalah reservoar yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoar tersebut terletak dibawah permukaan tanah.



Gambar 2. 23 Reservoar Permukaan

(Sumber: BPSDM PU)

2. Reservoar Menara (Elevated Reservoir)

Reservoar menara adalah reservoar yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



Gambar 2. 24 Reservoar Menara

Sumber: (BPSDM PU)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoar dapat diklasifikasikan sebagai berikut yakni:

- Reservoar Tanki Baja

Banyak Reservoar menara dan “standpipe” atau Reservoar tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “Cathodic Protection”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



Gambar 2. 25 Reservoar Tangki Baja

(Sumber: <http://ibb.jatimprov.go.id/product/detail/919>

- Reservoar Beton Cor

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



Gambar 2. 26 Reservoar Beton Cor

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

- Reservoar Fiberglass

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



Gambar 2. 27 Reservoar Fiberglass

(Sumber: <http://www.pancawira.com/reservoir.html>)

2.4.3 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka didapatkan hasil berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak

mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- 3 Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untuk menimbulkan bau.
- 4 Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- 5 Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

1. Mereduksi kadar lumpur
2. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur.

Pengolahan ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu intalasi pengolahan air limbah domestik. Pengolahan lumpur memiliki beberapa tujuan, yakni mengurangi kadar air, menstabilkan, serta menghilangkan mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar lumpur yang telah diproses dapat lebih aman ketika dibuang atau dimanfaatkan untuk keperluan terbatas. Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena berikut ini: (Metcalf & Eddy et al., 2007). Adapun beberapa teknologi dalam pengolahan lumpur antara lain sebagai berikut.

a) *Sludge Drying Bed*

Prinsip bak pengering lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan bak pengering lumpur. Bak pengering berupa bak dangkal yang berisi media penyaring pasir, batu kerikil sebagai penyangga pasir serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar dibuat saluran pembuangan air dan di atasnya diberi lapisan kerikil dan lapisan pasir kasar. Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengering alami dengan matahari, maka air akan berkurang melalui saringan dan proses penguapan. Kelebihan bak pengering lumpur adalah sistem operasi yang mudah dan sederhana serta biaya operasional rendah. Kelemahan bak pengering lumpur adalah membutuhkan lahan yang cukup luas dan sangat bergantung dengan cuaca (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Adapun kriteria perencanaan untuk unit SDB antara lain sebagai berikut :

Tabel 2. 11 Kriteria Desain Unit Bak Pengering Lumpur (SDB)

Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
Tebal pasir	23 – 30	cm	
Tebal kerikil	20 - 30	cm	
Sludge loading rate	100 - 300	kg/m ² .tahun	
Tebal bed	20 - 30	cm	
Lebar bed	5 – 8	m	
Panjang bed	6 – 30	m	
Waktu pengeringan	10 - 15	hari	
Uniformity Coefficient	<4		
Effective size	0,3 – 0,75	mm	

Qasim, 1985

Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
V air dalam inlet	0,75	m/detik	
V air dalam drain	0,75	m/detik	
Tebal lumpur	200 – 300	mm	
Kecepatan Pipa Underdrain	0,75	m/detik	Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003
Koef. Keseragaman	<4	-	
Ukuran Efektif	0,3 – 0,785	%	
Slope	>1	%	
Rasio lebar : panjang	6 : 6 – 30	-	

(Sumber: Ditjen Cipta Karya, 2018)

Adapun rumus yang digunakan pada unit pengolahan Sludge Drying Bed (SDB) adalah sebagai berikut:

- Tebal media

$$\text{Tebal media} = \text{Tebal pasi} + \text{Tebal kerikil} + \text{Tebal cake}$$

- Volume *cake sludge*

$$V_i = \frac{V \text{ lumpur} \times (1-P)}{1-P_i}$$

Keterangan:

P = kadar air

P_i = berat air dalam *cake* (60 – 70%)

- Volume bed

$$V = V_i \times t_d$$

Keterangan:

V_i = volume *cake sludge* (m³)

T_d = waktu detensi (detik)

- Volume tiap bed

$$V_b = \frac{V}{\text{Jumlah bed}}$$

Keterangan:

V = volume bed (m³)

- Dimensi tiap bed

$$A = \frac{V}{tebal\ cake}$$

$$A = L \times W$$

Keterangan:

V_b = volume tiap bed (m^3)

L = panjang (m)

W = lebar (m)

- Kedalaman *Underdrain*

$$H = \frac{V_a}{A}$$

Keterangan:

V_a = volume air

A = luas tiap bed

- Kedalaman total

$H = Tinggi\ cake + Tinggi\ media$

$$H_{total} = H + F_b$$

Keterangan:

H_{total} = kedalaman total bak (m)

F_b = Freeboard (10-30% kedalaman)

- Diameter pipa *Underdrain*

$$Q = \frac{V_a}{td}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi}}$$

Keterangan:

V_a = volume air

td = waktu detensi

- Volume air

$$V_a = \frac{volume\ cake\ sludge - volume\ padatan}{Jumlah\ bed} \times td$$

Keterangan:

td = waktu detensi

b) Sludge Thickener

Bak Pemekat Lumpur (Sludge Thickener) Sludge Thickener merupakan unit turunan dari circular clarifier. Memiliki cara kerja yang identik namun dalam perancangannya, sludge thickener di desain untuk menghasilkan sludge yang lebih pekat dengan aliran rendah. *Sludge thickener, clarifier, dan classifier* merupakan unit-unit yang digunakan dalam proses sedimentasi dan pengolahan/pemisahan lumpur, diperlukan pilot test dan uji laboratorium dalam menentukan dimensi dan juga keefektifan unit yang akan digunakan (Brazil & Summerfelt, 2006).

Tabel 2. 12 Perbedaan 3 Unit dalam Thickener

Jenis unit	Parameter		Karakteristik Hasil Akhir Lumpur		
	Solid in Liquid	Liquid in Solid	Solid concentration	Solid Dense	Particel Size
Clarifier	Baik	Buruk	Rendah	Kurang padat	Halus
Classifier	Buruk	Buruk	Medium	Padat	Kasar

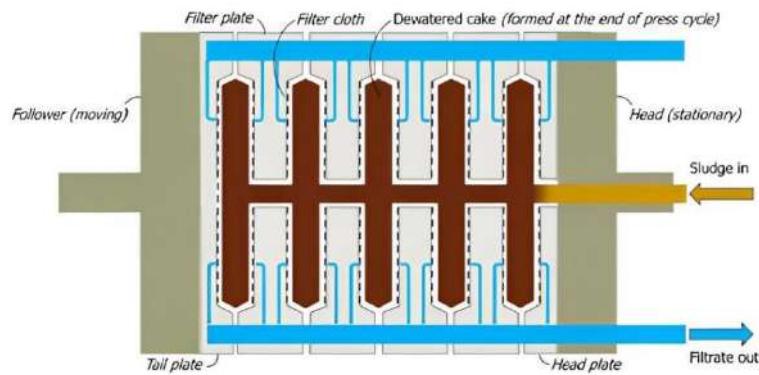
(Sumber: Trevi Environmental Solutions, 2014)

c) Filter Press

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Slurry dipompa menuju plate dan frame menggunakan tekanan $350-1575 \text{ kN/m}^2$ (50-225 psi) (Qasim, 1985) dan mengalir melalui saluran pada frame sehingga slurry memenuhi frame. Filtrat mengalir melalui kain saring dan padatan menumpuk dalam bentuk cake pada kain saring. Proses tersebut memakan waktu 20-30 menit. Filtrat mengalir antara kain saring dan plate melalui saluran keluar.

Proses penyaringan terus berlangsung sampai bahan padat mengisi setiap bingkai. Menurut Qasim (1985), waktu yang dibutuhkan dalam proses penyaringan ini berkisar antara 1 hingga 4 jam. Kebanyakan filter dilengkapi dengan saluran pembuangan terpisah untuk setiap bingkai

sehingga memudahkan untuk mengecek apakah filtratnya jernih atau tidak. Jika filtratnya tidak jernih, bisa jadi penyebabnya adalah kerusakan pada kain penyaring atau hal lainnya. Setelah bingkai dan pelat dipisahkan dan cake dihilangkan, filter dipasang kembali dan digunakan. Filter press terdiri dari beberapa jenis, seperti washing, non washing, open delivery, dan closed delivery. Filter kain menutupi setiap sisi dari setiap pelat, kemudian disatukan dengan tenaga mekanik menggunakan screw atau hidrolis.



Gambar 2. 28 Filter Belt Press

(Sumber: <https://www.sludgeprocessing.com/transforms/teaserimages/22721>)

d) Sludge Digester

Sludge digester berfungsi untuk menstabilkan sludge yang dihasilkan dari proses lumpur aktif dengan mengkomposisi organik material yang bersifat lebih stabil berupa anorganik material sehingga lebih aman untuk dibuang.

2.1 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar tersebut dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Setiap bangunan memiliki kemampuan menurunkan beban pencemar yang berbeda-beda. Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman (%) penyisihan untuk air limbah industri minuman ringan beserta sumber yang tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 2. 13 Persen Removal Tiap Bangunan Pengolahan

Jenis Bangunan	Kemampuan Removal	Sumber
Intake	-	-
Pra-sedimentasi	Partikel diskrit	
Aerasi	Besi (Fe): 60-90%	<i>Ronald Droste. 1997. 55 Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9 page</i>
	BOD: 90%	<i>Mirwan A, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOS, COD, TSS, dan CO2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol. Oktober No.76.</i>
	COD: 39-90%	<i>Mirwan A, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOS, COD, TSS, dan CO2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol. Oktober No.76</i>
	Penambahan Do: 4,8 mg/L	<i>Ali Masduqi. 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 216.</i>
Koagulasi	-	-
Flokulasi	-	-
Sedimentasi	TSS: 55%	<i>Ronald Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Page 272</i>
	Cd: 72,8%	<i>Silaban, D. S., 2017. Efektivitas Variasi Dosis Ferri Klorida $FeCl_3$ Sebagai Koagulan dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air Lindi TPA Jatibarang Semarang</i>

Jenis Bangunan	Kemampuan Removal	Sumber
Filtrasi	TSS: 60-90%	<i>Yong Sin Sze et.al. 2021. Performance of Sand Filtration System with Different Sand Bed Depth for Polishing Wastewater Treatment. Vol. 9 No. 2. Page 452-457</i>
	BOD: 80-90%	<i>Syed R. Qasim, water Treatment Plant 7.23</i>
	COD: 70-90%	<i>Syed R. Qasim, water Treatment Plant 7.28</i>
Desinfeksi	Total coliform: 90-100%	<i>Ronald Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9. Page 224</i>
	<i>Fecal coliform:</i> 90-100%	<i>Ronald Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9. Page 224</i>

(Sumber: Hasil analisis, 2023)

2.2 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. 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. Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat Profil Hidrolis yaitu:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu air
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus dihitung secara khusus

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen Willam” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.

- b. 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.

- a. Kehilangan tekanan pada pompa

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

- b. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

3. 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. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada clear well. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
- c. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.