

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Kondisi Umum Kota Samarinda**

Kota Samarinda adalah salah satu kota di Kalimantan Timur yang memiliki luas wilayah sebesar 718 km<sup>2</sup> dengan total 10 kecamatan dan 59 desa. Posisi geografi Kota Samarinda terletak antara 116°15'16" sampai dengan 117°24'16" Bujur Timur dan 0°21'81" sampai dengan 10°9'16" Lintang Selatan serta dilalui garis ekuator dan garis khatulistiwa pada garis lintang 0°. Kondisi topografi Kota Samarinda memiliki ketinggian 0-200 mdpl yang dilalui aliran sungai Mahakam sepanjang 920 km. Suhu udara berkisar antara 28,5°C sampai dengan 36,2°C dengan tingkat curah hujan rata-rata sekitar 91,8-282,5 mm per hari pada tahun 2021 (BPS Kota Samarinda, 2022)

Wilayah Kota Samarinda diapit oleh 5 Kecamatan di Kutai Kartanegara, yaitu:

- Sebelah Barat : Kecamatan Tenggarong Seberang dan Muara Badak (Kabupaten Kutai Kartanegara)
- Sebelah Utara : Kecamatan Muara Badak, (Kabupaten Kutai Kartanegara)
- Sebelah Timur : Kecamatan Muara Badak, Anggana, dan Sanga-sanga, (Kabupaten Kutai Kartanegara)
- Sebelah Selatan : Kecamatan Loa Janan, (Kabupaten Kutai Kartanegara)

Berdasarkan fisiografinya, Kota Samarinda terbagi atas:

1. Daerah patahan yakni patahan kasar dan menurun, memiliki permukaan yang besar dan kemiringan tanahnya sangat bervariasi. Tanah jenis ini memiliki nilai persentase 41,12 % dari wilayah Kota Samarinda
2. Daerah rawa pasang surut (tidal swamp) yakni daerah dataran rendah di tepi pantai yang dipengaruhi pasang surut air laut dan ditumbuhi hutan mangrove serta nipah, permukaannya datar dengan variasi lereng kurang dari 2 % dan perbedaan tinggi kurang dari 2 meter.

3. Daerah dataran alluvial (alluvial plain) yaitu daerah dataran yang terbentuk dengan proses pengendapan, baik di daerah muara maupun daerah pedalaman. Daerah persebarannya sebesar 13,20 % dari luas Kota Samarinda.
4. Daerah berombak/bergelombang yakni daerah dengan konfigurasi medan berat ditandai dengan penyebaran daerah perbukitan 8,15 %. Daerah berombak di Kota Samarinda seluas 9636 ha, sedangkan daerah bergelombang seluas 1527 ha.
5. Daerah dataran (plain) yaitu daerah endapan, dataran karst, dataran vulkanik, dataran batuan beku (metamorf) masam, dataran basalt dengan bentuk wilayah bergelombang sampai berbukit, variasi lereng 2 s/d 15.94% dengan beda ketinggian kurang dari 50 meter. Kota Samarinda memiliki daerah dataran sebesar 14,66 %.
6. Daerah berbukit (hill) yaitu daerah bukit endapan dan ultra basa, system punggung sedimen, metamorf dan kerucut vulkanik yang terpotong dengan pola drainase radial. Bentuk wilayah bergelombang sampai agak bergunung, variasi lereng 16 s/d 60%, dengan beda ketinggian antara 50 sampai 150 meter. Daerah berbukit hanya sebesar 0,88 % dari wilayah Kota Samarinda.
7. Daerah sungai (river). Daerah ini berfungsi sebagai daerah reterdam, daerah pengendali atau waterponds. Kota Samarinda memiliki daerah sungai sebesar 5379 ha atau 7,49% dari luas wilayah. (BPS Kota Samarinda, 2022)

Adapun sungai-sungai yang melintas di Kota Samarinda memiliki pengaruh yang cukup besar pada perkembangan kota. Sebagai salah satu pusat perekonomian regional terpenting di Kalimantan Timur, Kota Samarinda memiliki posisi dan kedudukan strategis bagi berbagai kegiatan industri, perdagangan barang dan jasa serta pemukiman yang berwawasan lingkungan dan hijau. (BPS Kota Samarinda, 2022)

Serta Jenis-jenis tanah yang terdapat di Kota Samarinda, menurut Soil Taxonomy USDA tergolong ke dalam jenis tanah: Ultisol, Entisol, Histosol, Inceptiols dan Mollisol atau bila menurut Lembaga Penelitian Tanah Bogor terdiri dari jenis tanah: Podsolik, Alluvial, Organosol. (BPS Kota Samarinda, 2022)

## II.2 Karakteristik Air Baku

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 115 tahun 2003, Mutu Air adalah kondisi kualitas air yang ditetapkan berdasarkan hasil uji parameter-parameter dengan metode tertentu sesuai peraturan dalam perundang-undangan yang berlaku. Penggolongan mutu air di Indonesia didasarkan pada pembagian kelas-kelas air. Dalam perundang-undangan mengenai baku mutu air yang terbaru, yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tahun 2021, mutu air atau kualitas air diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu:

1. Kelas I, yaitu air yang diperuntukkan sebagai air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II, yaitu air yang diperuntukkan sebagai prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III, yaitu air yang diperuntukkan sebagai media pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV, yaitu air yang diperuntukkan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Menurut PP No.22 Tahun 2021, Sungai Mahakam dapat diklasifikasikan ke dalam kelas sungai IV karena memiliki nilai TSS dalam *range* 100-400 mg/L. Dengan nilai tersebut, sungai Mahakam memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai air baku dalam pengolahan air minum. Adapun karakteristik air sungai Mahakam dipengaruhi oleh kegiatan di sekitarnya. Termasuk kegiatan tambang batu bara terbuka di kecamatan paralan yang berbatasan langsung dengan Sungai Mahakam serta kegiatan di Pelabuhan sebagai pintu gerbang pengiriman logistic dari Samarinda dan Hulu Mahakam ke Surabaya dan Jakarta, begitu pun sebaliknya. (BPS Kota Samarinda, 2022)

### **II.3 Parameter yang Terkandung dalam Air Baku**

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat dilihat dari kandungan-kandungan yang ada didalamnya. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut:

#### **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. Kekeruhan**

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (Nephelometrix Turbidity Unit). Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1mg/liter SiO<sub>2</sub>. 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 itu sendiri (Hefni, 2003). Tingkat kekeruhan air biasa disebut turbiditas. Turbiditas pada air disebabkan oleh adanya materi suspensi, seperti tanah liat/lempung, endapan lumpur, partikel organik yang koloid, plankton, dan organisme mikroskopis lainnya. (NN, 1998)

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).

##### **b. TSS**

TSS merupakan material tersuspensi dalam air (>1 µm) yang masih dapat tertahan jika disaring menggunakan kertas saring dengan diameter pori-pori 0,45 µm. (Fajarwati and Putri, 2022) materi tersebut dapat berupa lumpur, pasir halus, serta jasad-jasad renik akibat kikisan tanah yang terbawa ke badan air sehingga menyebabkan kekeruhan (Nurfatimah dkk., 2019; Wisha & Ondara, 2017). Adanya

kekeruhan pada air dapat mengganggu penetrasi (penembusan) cahaya matahari ke dalam air sehingga menghambat regenerasi oksigen yang mempengaruhi DO (Admin, 2020) Adapun Tanah liat (clay) merupakan padatan tersuspensi koloid yang umum ditemukan di dalam air permukaan (Suprihatin & Suparno, 2013).

Selain itu, kandungan total padatan tersuspensi (TSS) menyebabkan air tidak dapat diterima secara estetika dan meningkatkan pemakaian bahan kimia koagulan dalam proses pengolahan air bersih koagulasi-flokulasi yang mempengaruhi efisiensi unit pengolahan utamanya dalam proses desinfeksi (Rinawati dkk., 2016; Suprihatin & Suparno, 2013). Menurut PP No. 22 Tahun 2021, baku mutu padatan tersuspensi total pada air kelas 1 adalah sebesar 40 mg/L.

## **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 (derajat keasaman) mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena pengaruhnya terdapat kehidupan jasad renik. pH dapat diukur berdasarkan jumlah ion hidrogen dengan rumus  $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$ . Air murni dengan kandungan ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  dalam jumlah seimbang akan menghasilkan pH 7 (netral). Apabila jumlah kandungan  $\text{OH}^-$  dalam air makin banyak, maka nilai pH air tersebut juga akan tinggi (basa), begitu pula sebaliknya apabila kandungan ion  $\text{H}^+$  dalam air makin tinggi maka pH air tersebut akan makin rendah (asam) (Riyandini, 2020)

Tingkat toksisitas suatu senyawa kimia dalam air salah satunya juga dipengaruhi oleh pH. Apabila pada pH rendah maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan tinggi, begitu pula sebaliknya apabila nilai pH tinggi maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan turun. Selain itu rendahnya nilai pH suatu perairan juga akan meningkatkan konsentrasi logam berat (Sarjono, 2009).

pH menunjukkan kadar asam atau basa suatu larutan, melalui konsentrasi ion hidrogen  $H^+$ . Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengetahui reaksi kimiawi dalam ilmu teknik lingkungan, karena:

1.  $H^+$  ada dalam keseimbangan dinamis dalam air yang membentuk suasana untuk reaksi kimiawi yang berkaitan dengan pencemaran air.
2.  $H^+$  tersusun juga oleh banyak unsur lain. Ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$  selalu berada dalam keseimbangan kimiawi yang dinamis dengan  $H_2O$ . Dalam air murni konsentrasi  $[H^+]$  sama dengan konsentrasi  $[OH^-]$  dan dianggap sebagai keadaan netral karena tidak ada pengaruh zat lain. (Buku Panduan Praktikum Analisis Pencemar Lingkungan, 2020)

#### **b. BOD**

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umayal dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). BOD dinyatakan dengan BOD 5 hari pada suhu  $20^\circ C$  dalam mg/L atau ppm. Pemeriksaan BOD<sub>5</sub> diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air permukaan serta digunakan untuk menentukan unit pengolahan yang sesuai.

#### **c. COD**

COD merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan untuk mengurai zat organik yang biodegradable, selulosa, N organik biodegradable maupun nonbiodegradable, dan hidrokarbon aromatik (Buku Petunjuk Praktikum, 2021)

Nilai COD memiliki hubungan dengan kadar oksigen terlarut (DO). Parameter DO merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan massa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi (Rohilan, 1992). Tingginya nilai COD akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

#### **d. DO**

Menurut United States Environment Protection Agency (EPA), Dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut adalah jumlah oksigen yang ada dalam air.

Oksigen terlarut (Dissolved Oxygen = DO) dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Dalam pengolahan air, oksigen dapat disuplai menggunakan aerator.

#### e. Besi ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan Mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ )

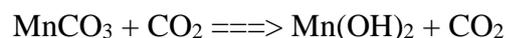
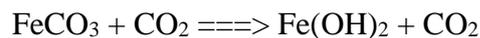
Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak dan menyebabkan warna air kekuningan/ kecoklatan pada air minum konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l. Mangan merupakan unsur berlimpah di kerak bumi (sekitar 0,1%) yang terjadi secara alamiah.

Mangan merupakan logam keras dan sangat rapuh. Sulit untuk meleleh, tetapi mudah teroksidasi. Mangan bersifat reaktif ketika murni, sebagai bubuk akan terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air dan larut dalam asam encer (Rahayu dkk, 2020).

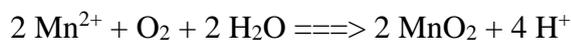
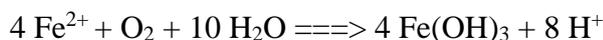
Di dalam proses penghilangan besi dan mangan dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity,  $(\text{HCO}_3)^-$  yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi atau mangan berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat,  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  atau mangan bikarbonat,  $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$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



Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika  $\text{CO}_2$  berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut :



Baik hidroksida besi (valensi 2) maupun hidroksida mangan (valensi 2) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut :



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen dan setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 0,29 mg/l. 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 atau mangan yang ada di dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi zat besi atau mangan membentuk oksida yang tak larut dalam air (Said, 2005).

#### **f. Cadmium**

Cadmium (Cd) merupakan hasil sampingan dari pengolahan bijih logam seng (Zn), yang digunakan sebagai pengganti seng. Unsur ini bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah serta dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain seperti nikel, perak, tembaga, dan besi. Senyawa Cadmium juga digunakan bahan kimia bahan fotografi, pembuatan bahan kimia, bahan fotografi, pembuatan tabung TV, cat, karet, sabun, kembang api, percetakan tekstil dan pigem untuk gelas dan email gigi (Dewa, R.P, dkk, 2015).

Mineral ± mineral bijih yang mengandung cadmium diantaranya adalah sulfide green ockite (xanthochroite), karbonat otavite, dan oksida cadmium. Mineral-mineral tersebut terbentuk berasosiasi dengan bijih sfalerit dan oksidanya, atau diperoleh dari debu sisa pengolahan dan lumpur elektrolitik. Cadmium mempunyai titik didih rendah dan mudah terkonsentrasi ketika memasuki atmosfer. Air dapat juga tercemar apabila dimasuki oleh sedimen dan limbah pertambangan mengandung Cd, sementara ketika bercampur dengan asap akan membentuk pencemaran terhadap udara (Dewa, R.P, dkk, 2015).

### **3. Parameter Biologi**

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Kedalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan fecal coliform dan total koliform.

#### **a. Total Coliform**

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negative. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotropik dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air (Asyina dkk, 2019).

#### **b. Fecal Coliform**

Parameter biologi merupakan parameter yang berhubungan dengan keberadaan populasi mikroorganisme akuatik di dalam air, yang berakibat pada kualitas air. Indikator yang baik untuk mengetahui kualitas air minum adalah jumlah koloni bakteri Fecal Coli. Bakteri coliform adalah mikroorganisme yang terdapat pada kotoran manusia maupun hewan. Kehadiran bakteri ini dalam air menunjukkan kemungkinan kehadiran bakteri patogen lain. Contoh bakteri coliform adalah *Escherichia coli* (Wahyudi, 2003). Bakteri *e. coli* merupakan golongan mikroorganisme yang lazim digunakan sebagai indikator, di mana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak.

## **II.4 Unit Instalasi Pengolahan Air**

### **II.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. Selain itu

*pre-treatment* juga berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya. Unit proses pengolahan untuk *pre-treatment* untuk kawasan industri meliputi:

#### **A. Intake (Saluran Pembawa)**

Bangunan ini berfungsi sebagai penyadap air baku, Bangunan ini dilengkapi dengan *Screen*, agar dapat melindungi perpipaan dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan – penyumbatan yang diakibatkan oleh adanya material 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 :

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

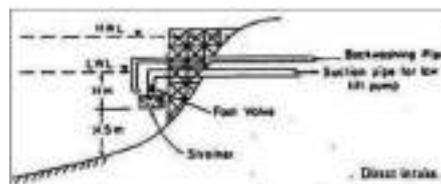
Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, *Intake* adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan *intake* yang digunakan harus disesuaikan 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**



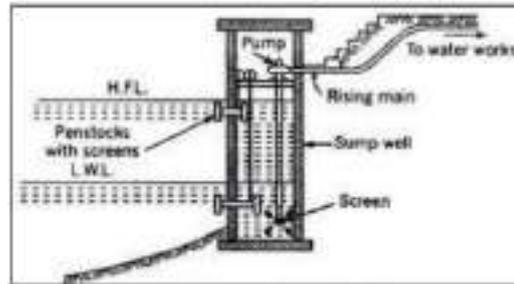
**Gambar 2. 1** Direct Intake

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

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.

### b. Indirect *Intake*

- River *Intake*

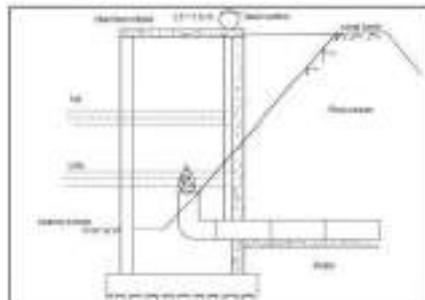


**Gambar 2. 2** Indirect *Intake*

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

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.

- Canal *Intake*

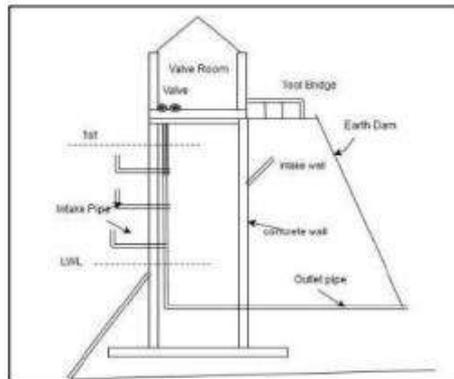


**Gambar 2. 3** Canal *Intake*

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

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

- Reservoir *Intake*



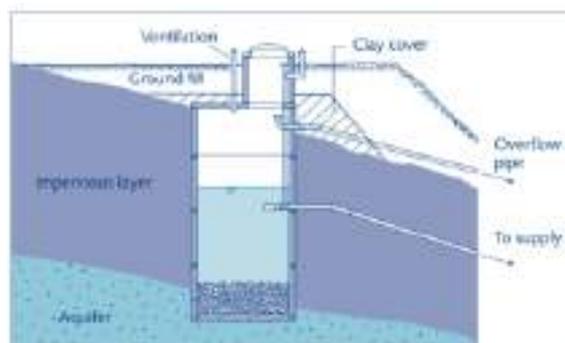
**Gambar 2. 4** Reservoir *Intake*

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

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.

- Spring *Intake*

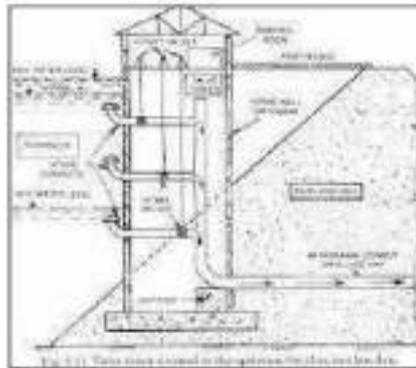
Digunakan untuk air baku dari mata air atau air tanah.



**Gambar 2. 5** Spring *Intake*

(Sumber: [Springs | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management!](#))

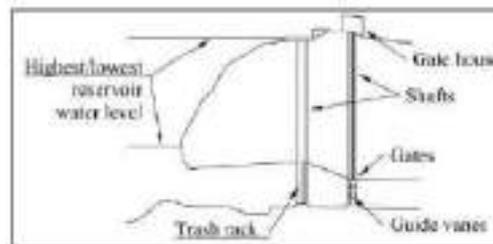
- *Intake Tower*  
Digunakan untuk air permukaan.



**Gambar 2. 6** *Intake Tower*

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

- *Gate Intake*  
*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](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.

#### **Kriteria Perencanaan**

- 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 terdiri dari batang paralel, kawat atau *grating*, *perforated plate* dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Secara umum peralatan *screen* terbagi menjadi dua tipe yaitu *screen* kasar dan *screen* halus. Dan cara pembersihan ada dua cara yaitu secara manual dan mekanis. Perbedaan *screen* kasar dan halus adalah pada jauh dekatnya jarak antara *bar screen*. Prinsipnya digunakan untuk menghilangkan bahan padat kasar dengan sederet bahan baja yang dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/s sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan berbentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk *bar screen* yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal. *Screening* mempunyai beberapa tipe, antara lain sebagai berikut:

### **1. 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> )



**Gambar 2. 9** Bar screen secara Mekanik

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/DjKgAZY79gMSkxZX7> )

**Tabel 2. 1** Kriteria Desain *Bar screen*

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran batang						
Lebar	In	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5,0-15	5,0-15
Kedalaman	In	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang	In	1,5-2,0	0,3-0,6	mm	25-50	15-75
Kemiringan terhadap vertical	°	30-45	0-30	°	30-45	0-30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Minimum	Ft/s		1,0-1,6	m/s		
Headloss	In	6	Jun-24	m	150	150-600

(Sumber: Metcalf and Eddy, 2004)

## 2. 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*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/*primary clarifier*) karena *Screen* tipe ini dapat meremoval *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS).



**Gambar 2. 10** Fine Screen

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/Rc14eedS1sSMJf3k6>)

**Tabel 2. 2** Kriteria Screen

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	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 - 35µm	Stainless-steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
Horizontal reciprocating	Sedang	0,06 – 0,17	1,6 - 4	Batangan stainless-steel	Gabungan dengan saluran air hujan
Tangential	Halus	0,0475	1200µm	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.

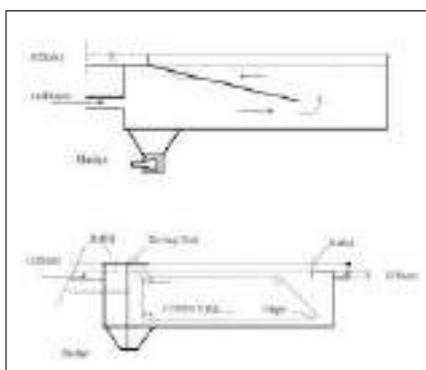
**Tabel 2. 3** Luas Permukaan *Screen*

Jenis <i>Screen</i>	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: Metcalf and Eddy, 2004)

### C. 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 ( $v_h$ ), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Paul, 1996). Unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



**Gambar 2. 11** Unit Prasedimentasi

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

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangnya yaitu (Qasim dkk, 2000):

1. *Zona inlet*

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

2. *Zona pengendapan*

Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air

3. *Zona lumpur*

Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur

4. *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 2.4**.

**Tabel 2. 4** Desain Tipikal Prasedimentasi

<b>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</b>						
<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 <sup>2</sup> .d	800-1200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	2000-3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	80-120	100
<i>Weir loading</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250
<b>Primary settling with waste activated-sludge return</b>						
<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 <sup>2</sup> .d	600-800	700	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	24-32	28
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	1200-1700	1500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	48-70	60
<i>Weir loading</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250

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

## II.4.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

### A. 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). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan 25 oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

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. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut:

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )
- c. Menghilangkan hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ), methan ( $\text{CH}_4$ ) dan berbagai senyawa organik lain yang bersifat volatile (menguap)

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  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 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, 2019):



Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada sampel limbah. Sementara itu, sama seperti halnya pada pengujian BOD terjadi penurunan yang cukup besar. Hal ini disebabkan terjadinya asupan oksigen ke air limbah mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme yang baik (Hadisantoso 26 dkk, 2018).

Jenis-jenis metode aerasi yakni sebagai berikut:

a. *Waterfall Aerator*

Pengolahan air aerasi dengan metoda 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 lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlubang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m<sup>2</sup> permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan absetos cement berlubang-lubang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel (Widarti, 2016).

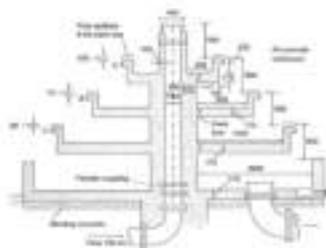


**Gambar 2. 12** Waterfall Aerator

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/yk3Gtu9PYj9FKTMt9> )

b. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan  $0,01 \text{ m}^3/\text{det}$  per  $\text{m}^2$ . Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang yang diperlukan bagi cascade aerators lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

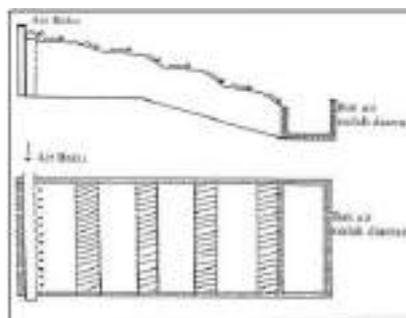


**Gambar 2. 13** Cascade Aerator

(Sumber: <https://ketavconsultant.com/cascade-aerator/> )

c. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh + 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara  $0,005$  dan  $0,5 \text{ m}^3/\text{det}$  per  $\text{m}^2$ .



**Gambar 2. 14** Submerged Cascade Aerator

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

#### d. *Multiple Platform Aerator*

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



**Gambar 2. 15** Multiple Platform Aerator

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/ubRAquJXMHs7Yw4YA> )

#### e. *Spray Aerator*

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

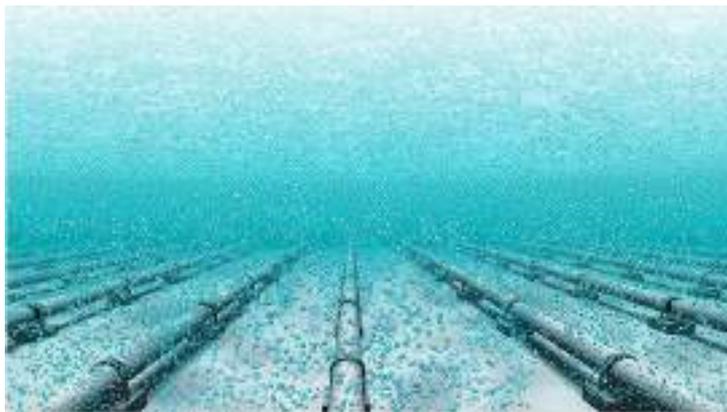


**Gambar 2. 16** Spray Aerator

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/SjovVzozYgSZNvGZ9> )

f. *Bubble Aerator (Aerasi Gelembung Udara)*

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

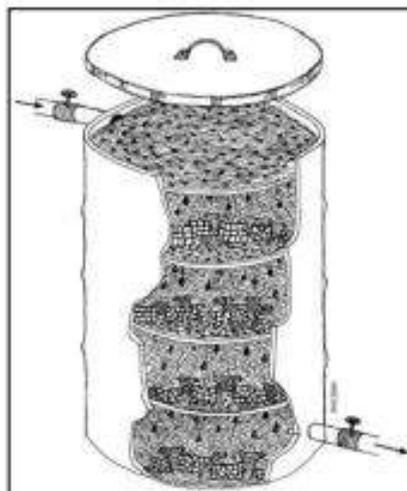


**Gambar 2. 17** Bubble Aerator

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/dHKx82NvZgJhh7YX8> )

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 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 2-6 inch (5-15 cm) sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa dari mangan oksida.



**Gambar 2. 18** Multiple-Tray Aerator

(Sumber : [https://www.researchgate.net/figure/Multiple-tray-aerator\\_fig19\\_253953119](https://www.researchgate.net/figure/Multiple-tray-aerator_fig19_253953119))

#### **Kriteria Perencanaan Bak Aerasi dan Aerator**

- Tipe aerasi yang digunakan adalah *surface aerator*
- Tinggi bak aerasi = 1,2 – 9 m  
(*Sumber : Qasim et al. 2000*)
- Kecepatan pipa *inlet* = 0,6 – 1,5 m/s
- Kecepatan pipa *outlet* = 0,3 – 2,5 m/s  
(*Sumber : M. Razif. Bangunan pengolahan air minum jilid 2*)
- Jarak Nozzle = 0,6 – 3,6 m
- Tekanan semprot = 5 – 500 psi  
(*Sumber : Spesifikasi merk nozzle BETE*)

#### **Kriteria Perencanaan MLSS dan MLVSS**

- F/M dengan oksigen murni = 1,5  
(*Sumber : M.J. Hammer, 1986*)
- MLVSS = 65-75% dar MLSS  
(*Sumber : Nusa Idaman Said dan Kritianto Utomo, 2007*)
- % Removal BOD = 90-99%  
(*Sumber : Fajrin Anwari dkk, 2011*)
- % Removal COD = 80-90%

(*Sumber : Mirwan A. dkk, 2010*)

- Baku mutu BOD = 2 mg/l
- Baku mutu COD = 10 mg/l

(*Sumber : PP Nomor 22 Tahun 2021*)

## B. Koagulasi Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Wang dkk, 2016).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat inimerupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Mayasari, 2018).

Pada **Tabel 2.5** berikut, data koagulan yang umum digunakan pada proses pengolahan air.

**Tabel 2. 5** Jenis Koagulan Dalam Pengolahan Air

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi Dengan Air	pH Optimum
Aluminium Sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium Aluminat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Poly Aluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferri Sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4-9
Ferri Klorida	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4-9
Ferro Sulfat	$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$	Kristal halus	Asam	>8,5

*Sumber:* Sugiarto, 2006

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

- Pengaruh pH. Koagulan memiliki *range* pH optimum. Luasnya *range* pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral)
- Pengaruh Temperatur. Temperatur rendah akan terjadi reaksi yang lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap
- Dosis Koagulan Pengadukan (*mixing*). Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi
- Pengaruh Garam. Garam tersebut dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992)

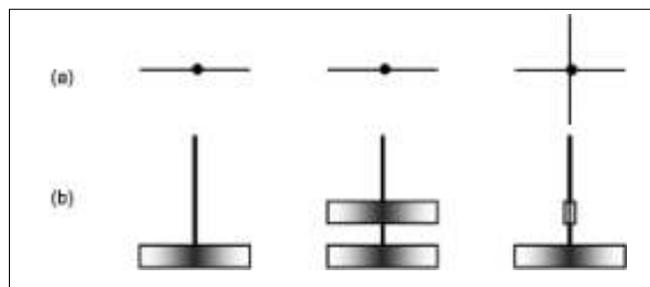
Pada proses pengolahan air minum ini, dilakukan penambahan koagulan  $\text{FeCl}_3$  untuk meremoval logam cadmium. Menurut Nusa

Idaman Said, Untuk menurunkan konsentrasi Kadmium di dalam air limbah sampai konsentrasi yang diperbolehkan ( $< 0,1$  mg/l) tidak dapat dilakukan hanya dengan proses pengendapan dengan pengaturan pH saja. Pengendapan logam Kadmium dapat dilakukan dengan penambahan senyawa karbonat, fosfat, sulfida atau hidroksida sehingga membentuk endapan. Untuk pengendapan kadmium hidroksida dapat dilakukan dengan penambahan soda kaustik (NaOH). Pengendapan kadmium hidroksida sangat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu konsentrasi logam kadmium yang ada di dalam air dan pH air atau larutan. Pengendapan kadmium dapat dilakukan dengan penambahan karbonat, fosfat atau sulfida selanjutnya dilakukan pengendapan kadmium karbonat, kadmium fosfat atau kadmium sulfida dengan penambahan garam kalsium ( $\text{CaCO}_3$ ) atau besi ( $\text{FeCl}_3$ ). Pengendapan kadmium sebagai karbonat efektif dilakukan pada pH 7,5 – 8,5. Adapun dosis optimum  $\text{FeCl}_3$  untuk menurunkan Cd menurut penelitian sebelumnya yaitu 17 mg/L. Efektivitas penurunan kadar Kadmium (Cd) yang disebabkan oleh pemberian Ferri klorida pada dosis 7 gram yaitu 21,1 %, pada dosis 12 gram yaitu 41,3 % dan pada dosis 17 gram yaitu 72,8%. (Devi, et all.) Adapun hasil penelitian menunjukkan nilai pH setelah pemberian koagulan 17 gram masih memenuhi standar baku pH air minum

Ulangan	Pretest	Post		
		Dosis 7 gr	Dosis 12 gr	Dosis 17 gr
1	7	7	7	7
2	7	7	7	7
3	7	7	7	7
4	7	7	7	7
5	7	7	8	7
6	7	7	7	7
Rata-rata	7	7	7,16	7

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros

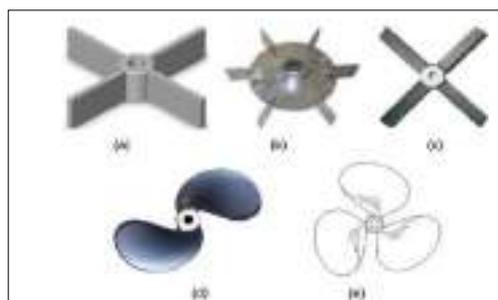
pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling- baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada **Gambar 2.19** dan **Gambar 2.20**. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada Tabel 2.6. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu  $G$  dan  $td$ . Tabel 2.7 dapat dijadikan patokan untuk menentukan  $G$  dan  $td$ . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta  $KL$  dan  $KT$  yang dapat dilihat pada Tabel 2.8.



**Gambar 2. 19** Tipe Paddle

a. tampak atas, (b) tampak samping

(Sumber : <https://slidetodoc.com/unit-pengadukan-ali-masduqi-masduqiits-ac-id-unit/>)



**Gambar 2. 20** Tipe tuubiner dan propeller

(a) turbin blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan,  
(c) turbin dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade,  
(e) propeller 3 blade

(Sumber : Qasim et al, 2000)

**Tabel 2. 6** Kriteria Impeller

<i>Tipe Impeller</i>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Ket.</b>
<i>Paddle</i>	20-150 rpm	Diameter: 50-80% lebar bak Lebar: 1/6-1/10 diameter <i>paddle</i>	
<i>Turbine</i>	10-150 rpm	Diameter: 30-50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400-1750 rpm	Diameter: maks. 45 cm	Jumlah <i>pitch</i> 1-2 buah

*Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 185*

**Tabel 2. 7** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan(detik-1)
20	1000
30	900
40	790
50 $\geq$	700

*Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 184*

**Tabel 2. 8** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

<i>Jenis Impeller</i>	KL	KT
<i>Propeller, putch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, putch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan turbine, 6 blades at 45o</i>	70	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), D<sub>1</sub>/W<sub>1</sub>=4</i>	43	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, D<sub>1</sub>/W<sub>1</sub>=6</i>	36,5	1,7
<i>Flat paddles, 2 blades, D<sub>1</sub>/W<sub>1</sub>=8</i>	33	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, D<sub>1</sub>/W<sub>1</sub>=6</i>	49	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, D<sub>1</sub>/W<sub>1</sub>=8</i>	71	3,82

*Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 188*

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. Thermal motion, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai Flocculation Perikinetik
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

Pengadukan lambat (agitasi dan *stirring*) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar.

#### **Kriteria Perencanaan Koagulasi**

- Dosis FeCl<sub>3</sub> = 17 mg/L  
(*Sumber : Silaban, D. S., 2017. Efektivitas Variasi Dosis Ferri Klorida FeCl<sub>3</sub> Sebagai Koagulan dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air Lindi TPA Jatibarang Semarang*)
- Berat jenis FeCl<sub>3</sub> (ρ) = 126,751 g/cm<sup>3</sup>  
= 126,751 kg/L
- Gradien kecepatan (G) pengadukan cepat = 500 – 1500 putaran/sekon  
(*Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater engineering : treatment and Reuse 4th edition, page 348. McGraw Hill Companies: New York*)
- Diameter propeller (Di) = max. 18 inchi
- Kecepatan putaran propeller (n) = 400 – 1750 rpm

(*Sumber : Reynolds & Richards. 1996. Unit operation and processes in environmental engineering 2nd edition, page 185. PWS Publishing Company: Boston*)

### **Kriteria Perencanaan Flokulasi**

- Gradien kecepatan (G) = 10 - 75 /s

- Waktu detensi (Td) = 10 - 90 menit

(*Sumber: Al-Layla. 1980. Water Supply Engineering Design*)

- Kecepatan (v) = 0,1 - 1 m/s

(*Sumber: Reynolds. 1982. Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*)

- Luas paddle = 5 - 20% area bak

(*Sumber: Kawamura. 1991. Integrated Design Of Water Treatment Facilities*)

- Jarak antar baffle = > 45 cm

- Jarak baffle dengan dinding = > 60 cm

- Kedalaman air (H) = > 1 m

- Koef kekasaran dinding (f) = 0,3

(*Sumber: Wahyono Hadi. Hal. 70*)

- Nre laminer = < 2000

- NFr = >  $10^{-5}$

(*Sumber: Reynolds. 1982. Unit Operation and Processes in Environmental Engineering. Hal. 224*)

- Massa jenis air 28°C = 996 kg/m<sup>3</sup>

- Viskositas absolut 28°C =  $8,363 \times 10^{-4}$  N.s/m<sup>2</sup>

(*Sumber: Reynolds. 1982. Unit Operation and Processes in Environmental Engineering. Hal. 762*)

### C. Filtrasi (Rapid Sand Filter)

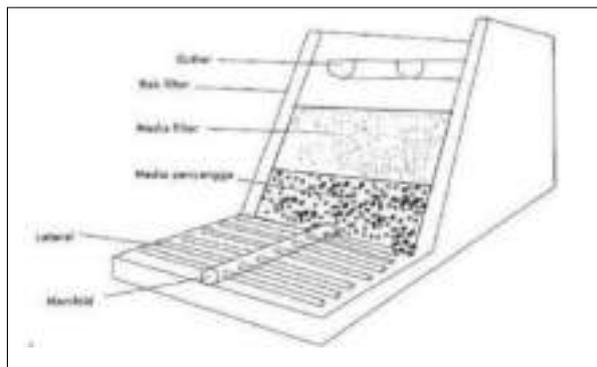
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan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

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

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. Pada **Gambar 2.21** dapat dilihat bagian-bagian filter.



**Gambar 2. 21** Bagian-Bagian Filter

(Sumber : Reynold& Richards, 1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Filter dual media menggunakan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Hal ini memberikan keuntungan yakni kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan hemat biaya. Multi media filter biasanya terdiri dari media antrasit, pasir dan garnet atau dolomit (Reynolds, 1992).

Menurut Al-Layla (1978), pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 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 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapidsand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu.

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, 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, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

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

Single media pasir:  $UC = 1,3-1,7$

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

Dual media:  $UC = 1,4-1,9$

$ES = 0,5-0,7 \text{ mm}$

### **1. Filter Pasir Cepat**

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen

filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

**Tabel 2. 9** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11
2.	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem pencucian</li> <li>• Kecepatan (m/jam)</li> </ul>	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36-50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36-50
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lama pencucian (menit)</li> <li>• Periode antara dua pencucian (jam)</li> <li>• Ekspansi (%)</li> </ul>	10-15 18-24 30-50	10-15 18-24 30-50
3.	Dasar filter <p>a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)</li> </ul> <p>b. Filter nozel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebar slot nozel (mm)</li> <li>• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)</li> </ul>	80-100 2-5 80-100 5-10 80-100 10-15 80-150 15-30  <0,5 >4%	80-100 2-5 80-100 5-10 80-100 10-15 80-150 15-30  <0,5 >4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

## 2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di

beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

**Tabel 2. 10** Kriteria Filter Pasir Lambat

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai/Keterangan</b>
Kecepatan filtrasi	0,1-0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m
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 dipermukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2-0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(*Sumber: Schulz & Okun, 1984*)

### **3. Filter Bertekanan**

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

didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki.

Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada **Tabel 2.11.**

**Tabel 2. 11** Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12-33
2.	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem pencucian</li> <li>• Kecepatan (m/jam)</li> <li>• Lama pencucian (menit)</li> <li>• Periode antara dua pencucian (jam)</li> <li>• Ekspansi (%)</li> </ul>	Tanpa/dengan blower & atau surface wash  72-198 - - 30-50
3.	Media pasir: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tebal (mm)</li> <li>• Single media</li> <li>• Ganda media</li> <li>• Ukuran efektif, ES (mm)</li> <li>• Koefisien keseragaman, UC</li> <li>• Berat jenis (kg/L)</li> <li>• Porositas</li> <li>• Kadar SiO<sub>2</sub></li> </ul>	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"> <li>• Tebal (mm)</li> <li>• Ukuran efektif, ES (mm)</li> <li>• Koefisien keseragaman, UC</li> <li>• Berat jenis (kg/L)</li> <li>• Porositas</li> </ul>	400-500 1,2-1,8 1,5 1,35 0,5
5.	Dasar filter nozel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebar slot nozal (mm)</li> <li>• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)</li> </ul>	<0,5 >4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

#### 4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

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

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

### II.4.3 Pengolahan Lanjutan

#### A. Disinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Disinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Disinfeksi 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 adalah untuk sebagai berikut:

- Menghilangkan bau
- Mematikan alga
- Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
- Mengoksidasi amonia menjadi senyawa amin
- Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Berikut adalah macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensidesinfeksi adalah:

- Waktu kontak
- Konsentrasi desinfeksi
- Jumlah mikroorganisme
- Temperatur air
- pH
- Keberadaan senyawa lain dalam air

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

#### 1. Disinfeksi dengan ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O<sub>2</sub> 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 O<sub>3</sub> (ozon).

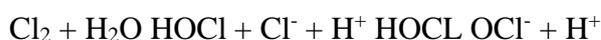
#### 2. Desinfeksi dengan UV

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar

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

### 3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam 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/m<sup>3</sup> air, tergantung pada turbiditas air. Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l. Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl<sub>2</sub>) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

Berikut rumus perhitungan unit desinfeksi menggunakan klor:

1. Penetapan DPC =  $([1000/250 \times V \times M] - D)$  mg/l
2. Hitung dosis klor = Dosis klor (mg/L) = DPC + sisa klor

$$3. \text{Kebutuhan klor} = Q \times \text{Dosis klor} \times \text{Kemurnian}$$

$$4. \text{Dimensi Bak} = p \times l \times t$$

### Kriteria Perencanaan

- Sisa klor = 0,3 mg/l
- Daya pengikat Klor (DPC) = 1,4 mg/l
- Kebutuhan kaporit = DPC + sisa klor  
= 1,4 mg/l + 0,3 mg/l  
= 1,7 mg/l

(*Sumber: SNI 6774: 2008*)

- Dosis klor optimum = 2 mg/l
- Konsentrasi larutan = 5%
- Periode pelarutan = 1 kali sehari
- Densitas kaporit = 1,2 kg/l
- Kadar klor = 60%

(*Sumber: M. Razif, 1986, Bangunan Pengolahan Air Minum Jilid II, hal. 90*)

- Massa jenis air ( $\rho$  air) dengan T, 30°C = 995,7 kg/m<sup>3</sup>
  - Viskositas absolut ( $\mu$ ) dengan T, 30°C = 0,8004 x 10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup>  
Viskositas kinetic ( $\mu$ ) dengan T, 30°C = 0,8004 x 10<sup>-2</sup> N.s/m<sup>2</sup>
- (*Sumber: Reynolds & Richards. 1996. Unit operation and processes in environmental engineering 2<sup>nd</sup> edition, page 762. PWS Publishing Company: Boston*)

### B. Reservoir

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

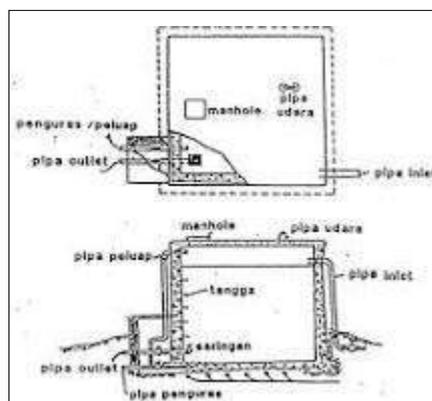
utama dari reservoir

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

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

#### 1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanamdi bawah tanah.



**Gambar 2. 22** Reservoir Permukaan

(*Sumber: BPSDM PU, 2018*)

#### 2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



**Gambar 2. 23** Reservoar Menara

(Sumber: BPSDM PU, 2018)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoar dapat dibagi menjadi empat, yaitu:

➤ 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. 24** Reservoar Tanki Baja

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/QDHY-Glass-fused-to-steel-water-1600460749134.html>)

➤ 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. 25** Reservoir Beton Cor

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

➤ Reservoir *Fiberglass*

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



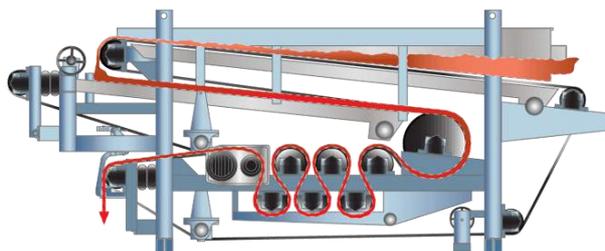
**Gambar 2. 26** Reservoir Fiberglass

(Sumber: <https://tangkipanel.co.id/>)

### ➤ Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan dinding reservoir sudah cukup lumrah digunakan karena material yang didapatkan sangat mudah. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki kelebihan yaitu kuat, tahan lama, dan jarang terjadi keretakan. Namun, pasangan batu bata juga memiliki kekurangan yaitu sulitnya membuat pasangan batu bata yang rapi. Agar rapi, plesteran yang digunakan juga harus tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kuat, selain itu biasanya juga terjadi kecenderungan pemborosan material.

### C. Belt Filter Press



**Gambar 2. 27** Proses Belt Filter Press

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/uHLw6TLZFxWcXgvQ8> )

Belt filter press (BFP) menyediakan *dewatering* lumpur dengan menekan lumpur untuk memaksa air melalui media permeabel. Proses menghasilkan *cake* (produk yang dikeringkan) yang memiliki kandungan padatan kering (DS) 30% atau lebih.

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa

unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade.

Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur

## II.5 Persen Removal

**Tabel 2. 12** Tabel Persen Removal

<b>Unit Pengolahan</b>	<b>% Removal</b>	<b>Sumber / Referensi</b>
<i>Intake &amp; Bar screen</i>	-	-
<b>Prasedimentasi</b>	-	-
<b>Aerasi</b>	Besi: 60-90%	Ronald Droste. 1997. 55 Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9 page 225.
	BOD: 90%	Mirwan A, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOS, COD, TSS, dan CO2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol. Oktober No.76.
	COD: 39-90%	Mirwan A, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOS, COD, TSS, dan CO2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol. Oktober No.76.
	Penambahan DO: 4,8 mg/L	Ali Masduqi. 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 216.
<b>Koagulasi</b>	-	-
<b>Flokulasi</b>	-	-
<b>Sedimentasi</b>	TSS: 55%	Ronald Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Page 272
	Kadmium: 72,8%	<i>Silaban, D. S., 2017. Efektivitas Variasi Dosis Ferri Klorida FeCl<sub>3</sub> Sebagai Koagulan</i>

---

*dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) pada Air Lindi TPA Jatibarang Semarang)*

---

<b>Filtrasi</b>	TSS: 60-90%	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
	BOD: 80-90%	Syed R. Qasim, water Treatment Plant 7.23
	COD: 70-90%	Syed R. Qasim, water Treatment Plant 7.28
<b>Desinfeksi</b>	Total Coliform: 90-100%	Ronald Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9. Page 224
	Fecal Coliform: 90-100%	Ronald Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9. Page 224
<b>Filter Belt Press</b>	-	-

---

*(Sumber: Hasil Analisis, 2023)*

## II.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “*hidrolik grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut:

### 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 saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada *weir*, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

### 2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan  
Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris  
Cara yang mudah adalah dengan mengekuivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan nomogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus  $S$ .
- c. Kehilangan tekanan pada pompa  
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok  
Cara perhitungannya juga dengan bantuan nomogram.

### 3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga 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*.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah *intake*.

Jika tinggi muka air bangunan sesudah *intake* ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di *intake* untuk menaikkan air.