

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

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

Selain itu baku mutu air baku diatur dalam Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 lampiran 6, sebagai berikut :

- Kelas 1 : air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- Kelas 2 : air yang dapat digunakan sebagai air baku kegiatan manusia selain air minum seperti air baku tambak ikan, sebagai sarana dan prasarana rekreasi air, dll.

- Kelas 3 : mirip seperti kelas dua yaitu untuk air baku kegiatan manusia selain air minum
- Kelas 4 : hanya untuk mengairi pertanian dan kegiatan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Dalam perencanaan pengolahan air minum, air baku yang digunakan yaitu air permukaan Sungai Ambawang yang mempunyai beberapa karakteristik diantaranya sebagai berikut:

2.1.1 Parameter Fisika

Parameter fisik merupakan sifat fisik air yang dapat dilihat, dirasakan, dan di bau, sehingga parameter ini dapat lebih mudah dilihat oleh orang awam. Berikut yang merupakan parameter fisik:

1. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Zat anorganik yang menyebabkan kekeruhan berupa pelapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Yang dimana semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan, begitupun sebaliknya. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI nomor 2 Tahun 2023, kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air minum sebesar 3 NTU.

2. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Total Dissolved Solid (TDS) adalah suatu padatan yang terurai dan terlarut di dalam air, TDS adalah benda padat yang terlarut yaitu semua mineral, garam, logam, serta kationanion yang terlarut di air. Termasuk semua yang terlarut diluar molekul air murni (H₂O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion didalam air. Total Dissolved Solid (TDS) terukur dalam satuan Part Per Million (PPM) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air. nutrien penting dalam sistem biologis. Benda-benda padat di dalam air tersebut berasal dari banyak

sumber, organik seperti daun, lumpur, plankton, serta limbah industri dan kotoran. Sumber lainnya bisa berasal dari limbah rumah tangga, pestisida, dan banyak lainnya. Sedangkan, sumber anorganik berasal dari batuan dan udara yang mengandung kalsium bikarbonat, nitrogen, besi, fosfor, sulfur, dan mineral lain (Retno Wahyu M. et al., 2023).

2.1.2 Parameter Kimia

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

1. pH

pH merupakan salah satu parameter utama yang digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan dalam air. Pengukuran pH menjadi salah satu uji yang paling penting dan sering dilakukan dalam kimia air. Nilai pH digunakan dalam penentuan alkalinitas, kadar karbon dioksida (CO₂), serta keseimbangan antara asam dan basa. Pada suhu tertentu, tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan ditunjukkan melalui nilai pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan nilai pH dalam air dapat memengaruhi bau, rasa, dan warna air tersebut. Dalam proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan, pH harus dijaga dalam kisaran tertentu agar partikel-partikel mikroorganisme dapat berfungsi secara optimal. Asam dan basa pada dasarnya dapat dibedakan melalui rasa serta perubahan yang ditimbulkan terhadap indikator.

Secara definisi, pH (*power of Hydrogen*) adalah ukuran yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu air. Nilai pH air laut umumnya berada dalam kisaran 7,6 hingga 8,4 (Nursaiiful, 2004). Peningkatan pH di lingkungan perairan dapat mengurangi konsentrasi CO₂, terutama pada siang hari saat proses fotosintesis sedang berlangsung.

2. Biochemichal Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand atau BOD merupakan ukuran jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk secara biologis menguraikan senyawa organik dalam air. Hasil pengujian BOD berfungsi untuk memperkirakan kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam proses stabilisasi biologis zat organik, menentukan ukuran unit pengolahan limbah, mengevaluasi efisiensi proses pengolahan, serta memastikan bahwa kualitas air limbah yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu yang berlaku.

BOD diukur dalam satuan part per million (ppm) atau miligram per liter (mg/L) dan menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik, baik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air limbah, hingga air tersebut kembali menjadi jernih. Menurut Mays (1996), BOD juga dapat diartikan sebagai ukuran konsumsi oksigen oleh komunitas mikroba di perairan sebagai respons terhadap keberadaan bahan organik yang dapat terurai. Dengan demikian, meskipun BOD secara teknis mengukur kebutuhan oksigen, nilai ini secara praktis juga dapat merepresentasikan kandungan bahan organik yang mudah terurai (biodegradable organics) dalam suatu perairan.

3. *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan absorpsi atmosfer atau udara. DO di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh makhluk hidup dalam air. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin banyak jumlah DO, maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi (Salmin, 2005).

4. Nitrat (NO_3^-)

Salah satu parameter pencemaran air adalah kadar nitrat (NO_3^-). Nitrat (NO_3^-) adalah salah satu parameter kimia yang merupakan bentuk nitrogen utama di perairan alami. Nitrat berasal dari ammonium yang masuk ke perairan melalui limbah. Kadar nitrat dapat menurun karena aktivitas mikroorganisme

dalam air. Mikroorganisme akan mengoksidasi ammonium menjadi nitrit dan oleh bakteri akan berubah menjadi nitrat.

Sumber utama zat hara nitrat berasal dari perairan itu sendiri yaitu melalui proses-proses penguraian, pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh-tumbuhan dan sisa organisme mati. Selain itu juga tergantung pada keadaan sekeliling diantaranya sumbangan dari daratan melalui aliran sungai di wilayah tersebut. Kadar nitrat yang melebihi ambang batas dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi sehingga menstimulir pertumbuhan fitoplankton dengan cepat/blooming. Toksisitas nitrat secara tidak langsung di perairan adalah karena nitrat dapat membantu pertumbuhan alga secara berlebihan yang dikenal dengan “algae bloom” yang dapat mengakibatkan kadar oksigen terlarut dalam air berkurang, sehingga mengganggu ekosistem di perairan (Juliasih et al. 2017).

2.1.3 Parameter Biologi

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Kedalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan E. Coliform

1. E. Coliform

Air minum yang mengandung bakteri coliform menandakan bahwa kondisi air tersebut masih tercemar. Sehingga apabila air tersebut dikonsumsi dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan bagi manusia. Oleh karena itu dalam pengolahan air minum dibutuhkan proses disinfeksi yang harus dilakukan secara tepat dan efisien. Adanya bakteri coliform di dalam air menunjukkan kemungkinan adanya mikroorganisme yang bersifat berbahaya bagi kesehatan (Soleha dkk., 2019).

Bakteri coliform merupakan mikroba yang paling sering ditemukan di badan air yang telah tercemar. Hal ini dikarenakan sekitar 90% bakteri coliform dikeluarkan dari dalam tubuh setiap hari. Bakteri coliform berbentuk basil/batang, termasuk golongan bakteri gram negatif dan bersifat aerob/anaerob fakultatif. Zat racun yang dihasilkan oleh bakteri coliform adalah indol

dan skatol yang akan menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Bakteri coliform juga dapat menghasilkan zat yang menyebabkan kanker yaitu zat etionin. Bakteri *Escherichia coli* merupakan salah satu jenis spesies utama bakteri Gram negatif. *E. coli* dapat menginfeksi melalui kontaminasi air, makanan atau melalui kontak dengan hewan dan manusia. *E. coli* yang berada di luar habitat disebabkan karena usus besar pada hewan berdarah dingin. Penyakit paling umum yang disebabkan oleh bakteri *E. coli* adalah infeksi saluran pencernaan, infeksi selaput otak dan infeksi paru-paru (Soleha dkk., 2019).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Intake

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, *intake* adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, atau sumber lainnya. Kapasitas bangunan *intake* yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*). Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain).

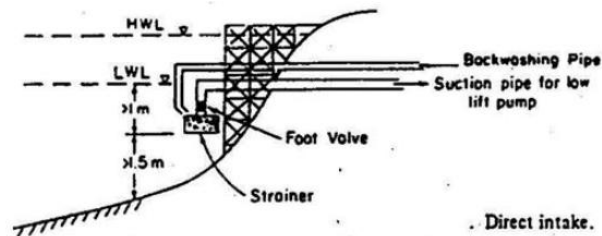
- Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain).
- Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*up-lift*).
- Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya.
- Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian.

- Dimensi *inlet* dan *outlet* dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air.
- Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku.
- Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun.
- Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material local atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut Kawamura (2000), bangunan *intake* memiliki tipe yang beragam antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



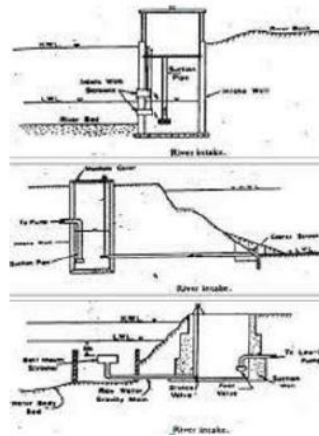
Gambar 2. 1 Direct Intake

(Sumber : Kawamura., 2000)

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (*Indirect Intake*)

a. River intake

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

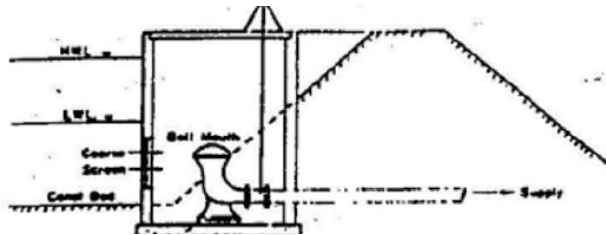


Gambar 2. 2 River Intake

(Sumber : Metcalf & Eddy et al., 2007)

b. Canal Intake

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

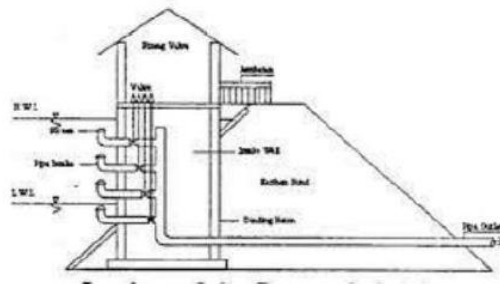


Gambar 2. 3 Canal Intake

(Sumber : Kawamura., 2000)

c. Reservoir Intake

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



Gambar 2. 4 Reservoir Intake

(Sumber : Kawamura., 2000)

Pada perancangan bangunan pengolahan air minum kali ini menggunakan *indirect intake* (bangunan penyadap tidak langsung) dengan tipe yang digunakan adalah *river intake*. Tipe ini mempunyai nilai yang lebih ekonomis untuk peruntukkan air baku dari air sungai dibandingkan dengan tipe – tipe *intake* lainnya. Dapat dinilai lebih ekonomis karena air sungai mempunyai level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang berbeda cukup tinggi. Sedangkan untuk *screen*, pada perancangan ini akan menggunakan *coarse screen*. *Screen* bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa, dan pompa. Pemilihan *coarse screen* merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat menghilangkan benda – benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6 – 150 mm.

Tabel 2. 1 Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams*

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

(Sumber : *Evelt & Liu., 1987*)

Tabel 2. 2 Nilai K untuk Kehilangan Energi

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

(Sumber : Qasim., 2000)

2.2.2 Screen

Screening atau biasa disebut dengan *bar screen* digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $> 0,5 - 1$ cm agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama *screening* adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu merusak peralatan unit pengolahan berikutnya, mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan, dan mencemari saluran air.

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

mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe *screen* yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2007). Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan *bar screen* antara lain adalah:

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

Selanjutnya pada bagian screen, kami menggunakan coarse screen. Screen bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan coarse screen dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm. Berikut merupakan kriteria saringan kasar.

Tabel 2. 3 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Kriteria Perencanaan	Manual	Mechanical
Kecepatan aliran melalui <i>screen</i> (m/s)	0,3 - 0,6	0,6 - 1,0
Ukuran bar (batang)		
Lebar (mm)	4 – 8	8 – 10
Tebal (mm)	25 – 50	50 – 75
Jarak antar bar (batang) (mm)	25 – 75	75 - 85
Slope dengan horizontal (derajat)	45 - 60	75 - 85
<i>Headloss</i> yang diperbolehkan (mm)	150	150
Maksimum <i>headloss</i> (mm)	800	800

(Sumber : Nusa Idaman Said., 2007)

2.2.3 Bak Pengumpul

Bak penampung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2003).

Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain:

- a. pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena shock loading rate mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan;
- b. kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pemuatan padatan;
- c. kebutuhan luas permukaan dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus backwash pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolis yang lebih rendah (efisiensi penggunaan);
- d. dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya.

Namun unit bak penampung juga memiliki kekurangan diantaranya adalah:

- e. memerlukan area/lokasi yang cukup luas;
- f. mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal;
- g. memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat (Metcalf & Eddy et al., 2003).

2.2.4 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda ash atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017). Tujuan netralisasi ini adalah untuk membantu efektivitas proses selanjutnya yaitu oksidasi dan koagulasi-flokulasi selain itu hal yang tidak kalah penting adalah air olahan yang dihasilkan netral sesuai dengan kualitas air minum (pH 6-8,5). Bahan kimia yang banyak digunakan untuk menaikkan kadar pH antara lain soda abu (NaHCO_3), kapur tohor (CaO), Ca(OH)_2 , CaCO_3 , natrium hidroksida (NaOH). Pada perancangan kali ini digunakan natrium hidroksida (NaOH) dimana sangat cocok pada karakteristik parameter sungai dengan pH 5.

2.2.5 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyempatkan 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 oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan yang terbentuk akan mengendap di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

Aerasi merupakan suatu bentuk perpindahan gas dan dipergunakan dalam berbagai bentuk variasi operasi meliputi:

- a. Tambahan oksigen untuk mengoksidasi besi dan mangan terlarut

- b. Pembuangan karbon dioksida
- c. Pembuangan *hydrogen* sulfida untuk menghapuskan bau dan rasa
- d. Pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan – bahan penyebab bau dan rasa serupa yang dikeluarkan oleh ganggang serta mikroorganisme serupa.

Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah :

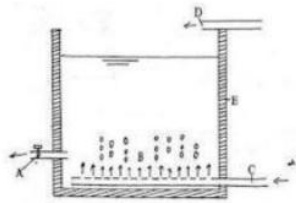
- a. Penambahan jumlah oksigen.
- b. Penurunan jumlah *carbon dioxide* (CO₂)
- c. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H₂S), *methan* (CH₄) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Aerasi dilaksanakan dengan cara memasukkan udara ke dalam air. Berikut merupakan beberapa jenis – jenis aerasi sebagai berikut:

- a. Aerator gaya berat, misalnya *cascade*
- b. Aerator semprotor atau air mancur, yaitu air disemprotkan ke udara
- c. Aerator mekanis yang meningkatkan pencampuran zat cair dan membuat air terbuka ke atmosfer dalam bentuk butir – butir tetesan
- d. *Tray towers*, aerator ini paling sering digunakan untuk mengoksidasi besi dan mangan. Aerator ini disemprotkan ke udara.
- e. *Jet type*, pada aerator ini air disemprotkan dari bawah ke atas melalui pipa berpori
- f. *Bubble aerator*, pada aerator ini udara disemprotkan dalam bentuk gelembung-gelembung kecil ke dalam air

- g. *Contact type*, pada aerator ini air dilewatkan melalui media berfilter. Filter yang digunakan biasanya berbentuk kerikil (*gravel*) atau arang (*coke*) (Joko, 2010).

Pada perancangan kali ini, digunakan *bubble aerator* dalam proses aerasi. *Bubble aerator* adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah untuk menginfuskan udara ke dalam air dalam bentuk gelembung-gelembung kecil. Proses ini membantu meningkatkan kandungan oksigen dalam air dengan menyediakan permukaan kontak yang besar antara udara dan air. *Bubble aerator* sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, pengolahan air minum, serta dalam sistem budidaya ikan dan akuakultur untuk meningkatkan kualitas air dan mendukung kehidupan akuatik.



Gambar 2. 5 Bubble Aerator

(Sumber : Joko., 2010)

2.2.6 Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. 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 ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Tabel 2. 4 Jenis-jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ x = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Sodium aluminate</i>	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
<i>Polyaluminium Chloride, PAC</i>	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Ferric sulfate</i>	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	> 8,5

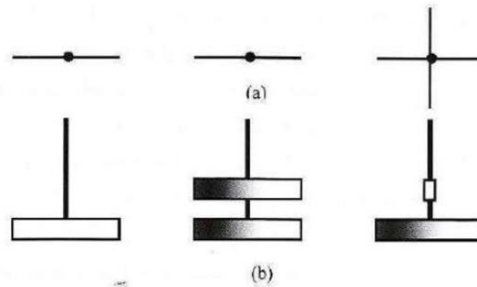
(Sumber : Ali Masduqi., 2012)

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. 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.

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada perencanaan pengolahan air minum ini kami menggunakan pengadukan mekanis, 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). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT .

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 biasanya menggunakan 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).



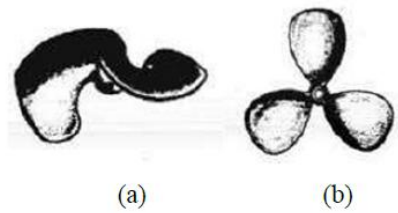
Gambar 2. 6 Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber : Ali Masduqi., 2012)



Gambar 2. 7 Tipe Turbin

(Sumber : Ali Masduqi., 2012)



Gambar 2. 8 Tipe Propeller (a) 2 blade (b) 3 blade

(Sumber : Ali Masduqi., 2012)

Tabel 2. 5 Kriteria Impeller

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

(Sumber : Reynolds & Richards., 1996:185)

Tabel 2. 6 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., 1996:185)

Tabel 2. 7 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41,0	0,32

Jenis Impeller	KL	KT
<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 paddles), $Di/Wi=4$</i>	43,0	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, $Di/Wi=6$</i>	36,5	1,70
<i>Flat paddles, 2 blades, $Di/Wi=8$</i>	33,0	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, $Di/Wi=6$</i>	49,0	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, $Di/Wi=8$</i>	71,0	3,82

(Sumber : Reynolds & Richards., 1996:184)

2.2.7 Flokulasi

Flokulasi adalah proses lanjutan dari proses koagulasi, yaitu penggabungan inti flok atau flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

- Thermal motion, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut dengan Flocculation Perikinetik.
- Gerakan cairan oleh pengadukan
- Kontak selama pengendapan (Hartono, 2016)

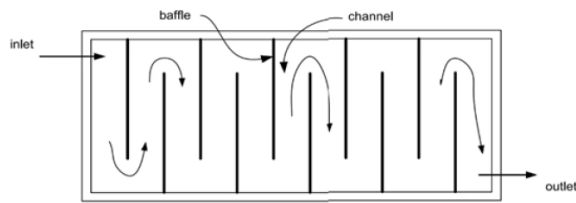
Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok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

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 – 100 detik-1) selama 10- 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000-210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah

terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

- a. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- b. Air Waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- c. Air Keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
- d. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik⁻¹
- e. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G Kompartemen 1 : Nilai terbesar
 - G Kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
 - G Kompartemen 3 : nilai terkecil
- f. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
- g. Presipitasi Kimia (Penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15 -30 menit

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (*baffled channel*, Gambar 2.10), *perforated wall*, *gravel bed* dan sebagainya.



Gambar 2. 9 Pengadukan Lambat dengan Baffle Channel

(Sumber : Ali Masduqi., 2012)

2.2.8 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses fisik untuk memisahkan partikel suspensi di dalam air akibat beratnya sendiri atau oleh pengaruh gaya gravitasi, proses ini biasa disebut sebagai proses pengendapan. Air bersih yang terpisahkan dari sludge dalam zone separator dialirkan melalui drain untuk diolah ke unit selanjutnya. Sedangkan lumpur padat dialirkan dan dikumpulkan di sludge collector untuk diolah lebih lanjut. Umumnya digunakan pada pengolahan air minum, pengolahan air baku, dan pengolahan lanjutan (Syahputra et al., 2022). Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum, adalah

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan. Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas.

Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

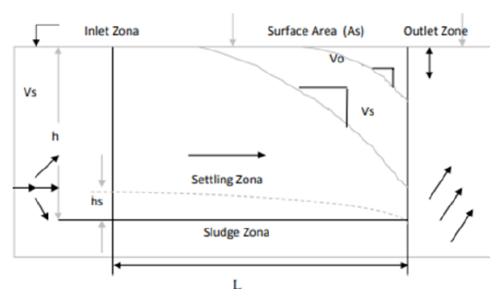
- a. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
- b. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
- c. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)

d. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

- a. Zona Inlet
- b. Zona Outlet
- c. Zona Settling
- d. Zona sludge

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



Gambar 2. 10 Zona Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla., 1980)

Dimana ada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

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

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan multiple withdraw ports.

Adapun jenis-jenis bak sedimentasi ada beberapa jenis yaitu sebagai berikut :

1. Bentuk persegi (*Rectangular*)

Distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2014):

- a. Lebar saluran *inlet* dengan inlet limpahan
- b. Saluran inlet dengan *port* dan *orifice*
- c. Saluran inlet dengan lebar bukaan dan *slotted baffles*.

2. Bentuk lingkaran (*Circular*)

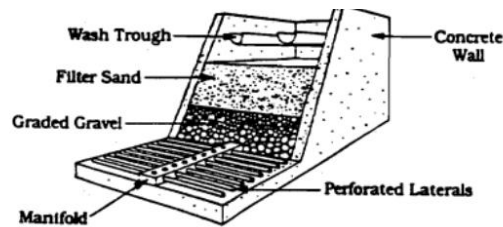
Pada tangki *circular* pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur lingkaran yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari Tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan *range* dari 1 – 2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial (Metcalf & Eddy, 2014).

2.2.9 Filtrasi

Menurut Al-Layla (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. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah :

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.

- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
- e. Proses koagulasi di dalam filter.
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.



Gambar 2. 11 Bagian-bagian Filter

(Sumber : Reynold & Richards., 1996)

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. Pada gambar 2.12 dapat dilihat bagian-bagian filter.

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan dimanacnegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Pada proses purifikasi air, *rapid sand filter* memiliki hasil *effluent* yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m³ /m² .hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³ /m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari *gravel* dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada

rapid sand filter berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari *headloss filter* saat itu (Al-Layla, 1978).

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

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya. *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah sebagai berikut:

- a. Single Media
 - $UC = 1,3 - 1,7$
 - $ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$
- b. Dual Media
 - $UC = 1,4 - 1,9$
 - $ES = 0,5 - 0,7 \text{ mm}$

Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2. 8 Kriteria Desain Filter Pasir Cepat

Kriteria Perencanaan	Saringan Pasir Cepat
Kecepatan Penyaringan (m ³ /m ² .hari)	120 - 150
Diameter efektif pasir (mm)	0,45 - 0,70
Koefisien kerataan (<i>uniformity coefficient</i>)	< 1,7
Luas permukaan filter (m ²)	< 150
Tebal lapisan pasir (mm)	600 - 700
Tebal lapisan penyangga (<i>Gravel</i>) (mm)	300 - 500
Ketinggian air di atas lapisan pasir (m)	> 1,0
Pembersihan filter (jam)	12 - 24

(Sumber : AWWA., 1978)

Namun 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 (head loss) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

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

- Menggunakan menara air
- Interfilter

2.2.10 Ion Exchange

Pertukaran ion adalah reaksi reversibel di mana ion bermuatan dalam larutan ditukar dengan ion bermuatan serupa yang terikat secara elektrostatis pada

partikel padat yang tidak bergerak. Aplikasi terbesar pertukaran ion dalam pengolahan air adalah untuk pelunakan, di mana kalsium, magnesium, dan kation polivalen lainnya ditukar dengan natrium (Clifford, 1999). Ini digunakan baik di rumah-rumah individu [*point-of entry* (POE) atau *point of use* (POU)] maupun di sistem kota. Pertukaran ion juga digunakan untuk menghilangkan kontaminan tertentu seperti arsenik, barium, nitrat, dan radium.

Dalam praktik umumnya, air baku dilewatkan melalui lapisan resin. Resin dibuat dengan polimerisasi senyawa organik menjadi matriks berpori. Resin yang tersedia secara komersial dipilih untuk lapisan tersebut. Biasanya, dalam pelunakan air, natrium ditukar dengan kation dalam larutan. Ketika lapisan tersebut jenuh dengan ion yang ditukar, lapisan tersebut dimatikan dan diregenerasi dengan melewati larutan natrium pekat kembali melalui lapisan tersebut.

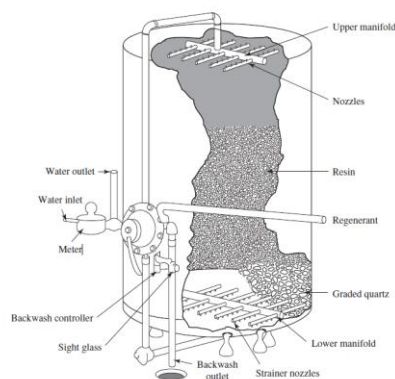


FIGURE 8-3
Typical ion exchange resin column.
(Source: U.S. EPA, 1981.)

Gambar 2. 12 Bagian-bagian Ion Exchange

(Sumber : Davis., 2010)

Prinsip dasar ion exchange melibatkan resin yang bermuatan yang menarik dan menahan ion-ion tertentu dari air, sambil melepaskan ion-ion lain yang kurang berbahaya. Proses ini reversibel, memungkinkan regenerasi resin untuk penggunaan berkelanjutan. Dalam pengolahan air minum, ion exchange sering digunakan untuk pelunakan air, menghilangkan ion kalsium dan magnesium yang menyebabkan kesadahan. (Clifford, 1999). Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu harus tahan terhadap air.
2. Kapasitas yang tinggi, yaitu resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
3. Kestabilan fisik yang tinggi, yaitu resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis tekanan hidrostatik cairan serta tekanan osmosis.

Adapun kriteria Perencanaan yang perlu di perhatikan dalam merencanakan sebuah unit penukar ion seperti spesifikasi salah satu produk resin yang akan digunakan pada unit pengolahan dalam tugas ini, berikut adalah rincian mengenai kondisi kerja sebuah unit penukar ion :

Tabel 2. 9 Spesifikasi Resin Anion Ion Exchange

Product : DuPont™ AmberLite™ HPR4200 Cl		
Properti Fisika dan Kimia : Bentuk Cl⁻		
Kapasitas Pertukaran Min.	1.30	eq/L
Kandungan Air	49.0 – 55.0	%
Ukuran Partikel	650 ± 50	µm
Total Swelling Cl⁻ → OH⁻	20	%
Densitas Partikel	1.07	g/mL
Dosis	670	g/L
Kondisi Operasional yang Direkomendasikan		
Suhu Operasional Maksimum	5-100	°C
Rentang pH	0 - 14	

(Sumber : DuPont, 2026)

2.2.11 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, (harus bebas mikroorganisme patogen). Desinfeksi ialah proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik

terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode 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 disinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan disinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan disinfeksi dalam pengolahan air minum adalah :

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

Berikut merupakan jenis disinfeksi yang digunakan dalam pengolahan air minum

a. Desinfeksi Ozon

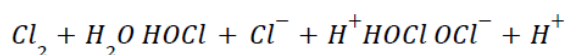
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan elektron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan elektron 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).

b. Desinfeksi UV

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan elektron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan elektron 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).

c. Desinfeksi Bahan 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:



d. Desinfeksi 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 (Astono, 2011). 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. Sistem ini memerlukan peralatan khusus, seperti klorinator dan tangki penyimpanan, serta sistem keamanan karena gas klorin bersifat toksik dan korosif. Gas klorin lebih umum digunakan pada instalasi pengolahan air besar karena efisiensi biaya pada skala besar, tetapi memerlukan operator terlatih dan sistem ventilasi yang baik.

Berikut rumusan untuk menghitung kebutuhan klor :

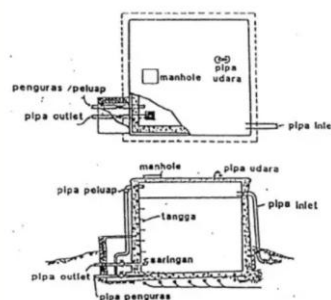
1. $Dosis\ klor\ (mg / L) = DPC + sisa\ klor$
2. $Kebutuhan\ klor = Q \times Dosis\ klor \times kemurnian$
3. $Volume\ klor = kebutuhan\ klor / berat\ jenis\ klor$
4. $Volume\ pelarut = \frac{100 - konsentrasi\ larutan}{konsentrasi\ larutan} \times vol\ kaporit$
5. $Volume\ larutan\ klor = \frac{100}{konsentrasi\ larutan} \times vol\ kaporit$
6. $Dimensi\ bak = p \times l \times t$

2.2.12 Reservoir

Reservoir merupakan bangunan yang fungsinya sebagai tempat untuk penampungan air guna disalurkan ke pipa distribusi menuju rumah-rumah warga (SNI-7509-2011, 2011). 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:

a. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah penampung air yang sebagian besar atau seluruhnya berada di bawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah



Gambar 2. 13 Ground Reservoir

(Sumber : Scribd, 2026)

b. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



Gambar 2. 14 Elevated Rervoir

(Sumber : Scribd, 2026)

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

1. Reservoir Tangki Baja

Reservoir tangki baja adalah komponen vital dalam sistem pengelolaan air bersih. Desain yang tepat, pemilihan material, dan perencanaan yang matang akan memastikan bahwa reservoir dapat berfungsi secara optimal dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih. Banyak reservoir menara dan “standpipe” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja dibaut atas dilas. Karena baja berisiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “Cathodic Protection”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari beton.



Gambar 2. 15 Reservoir Tangki Baja

(Sumber : Flotank, 2026)

2. Reservoir Beton Cor

Reservoir beton cor, merupakan struktur penting dalam sistem penyimpanan dan distribusi air. Struktur ini dirancang untuk menampung air dalam jumlah besar dan sering digunakan dalam aplikasi komersial dan domestik. Tangki 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 mahal



Gambar 2. 16 Reservoir Beton Cor

(Sumber : ReadyMix, 2019)

3. Reservoir Fiberglass

Reservoir fiberglass, yang juga dikenal sebagai tangki panel FRP (Fiber Reinforced Plastic), merupakan solusi inovatif untuk penyimpanan air bersih dan bahan kimia. Material ini terdiri dari serat kaca yang diperkuat dengan resin. Penggunaan fiberglass sebagai bahan untuk membuat reservoir memiliki beberapa kelebihan yaitu beratnya yang ringan, tekstur dinding tangki kaku dan terlihat kuat. Namun, dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tangki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



Gambar 2. 17 Reservoir Fiberglass

(Sumber : Made in China, 2026)

2.2.13 Sludge Drying Bed

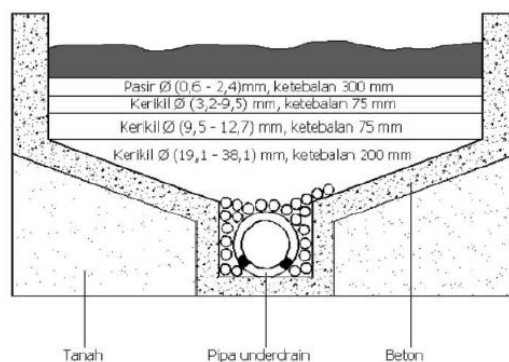
Sludge Drying Bed (SDB) merupakan pengolahan lumpur yang prinsipnya ditujukan untuk mengurangi kadar air dan volume lumpur (*dewatering*) dengan menggunakan energi matahari. Pengeringan pada unit SDB dapat mengurangi volume lumpur dan meningkatkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS). Proses pengeringan dan laju pengeringan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor suhu, kelembaban, kadar air lumpur, kecepatan udara dan adanya zat kimia (Ummah & Herumurti, 2018).

Ukuran dan jenis media filter pada unit SDB yang bervariasi juga mempengaruhi proses pengeringan lumpur. Media pasir sebaiknya memiliki diameter efektif antara 0,3 - 0,75 mm. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6 – 30 m dan

kedalaman yang berkisar antara 380 – 460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy, 2003).

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

- a. Pipa berlubang atau pipa drainase sambungan terbuka yang berfungsi untuk mengalirkan air
- b. Lapisan kerikil untuk menyangga lapisan pasir agar tidak masuk ke dalam pipa berlubang atau pipa drainase
- c. Lapisan pasir untuk menahan padatan lumpur dan mengalirkan air ke pipa berlubang yang berada di bawah
- d. Kotak pembagi aliran (*splash box*) untuk mendistribusikan lumpur ke setiap bak secara merata tanpa merusak lapisan pasir
- e. *Splash plate* untuk mencegah tergerusnya lapisan pasir



Gambar 2. 18 Potongan Bak Pengering Lumpur

(Sumber : SNI 7510-2011)

2.3 Persen Removal

Tujuan utama dari proses pengolahan air minum adalah untuk mengurangi kadar pencemar yang terdapat dalam air sungai sebagai sumber air baku. Tingkat keberhasilan pengolahan ini diukur melalui persentase penurunan beban pencemar yang berfungsi sebagai indikator efektivitas instalasi pengolahan air dalam menurunkan kadar polutan. Pada tabel berikut disajikan data persentase penurunan beban pencemar berdasarkan berbagai sumber literatur yang relevan :

Tabel 2. 10 Persen Removal

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	Persen Removal	Sumber
Intake, bar screen dan bak pengumpul	-	-	-
Netralisasi	pH	6,5 – 8,5	Reynold. Unit Operation and Process in Environmental Engineering Second Edition. Page 162
Aerasi	BOD	85% - 90%	James Mueller. 2002. Aeration: Principles and Practices. Volume 11 Hal 309
Koagulasi dan Flokulasi	Penambahan Koagulan PAC/Tawas		
Sedimentasi	BOD	50% – 80%	Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 497
	Kekeruhan	90% - 100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater treatment Chapter 9, Hal 224
	TDS	10% - 20%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater treatment Chapter 9, Hal 225
Filtrasi	BOD	20%	Syed R. Qasim, Wastewater Treatment

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	Persen Removal	Sumber
			Plants Design and Operation
	TDS	20%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater treatment Chapter 9, Hal 224
	Kekeruhan	90%	Reynolds/Richards 2nd, Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, page 316
Ion Exchange	Nitrat	60% - 90%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater treatment Chapter 9, Hal 224
Desinfeksi	E. Coliform	90% - 100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water & Wastewater Treatment. Ch 9, hal 224
Reservoir	-	-	-

Sumber : Data Perencanaan, 2025

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis menunjukkan ketinggian muka air di setiap unit instalasi pengolahan air minum. Kehilangan tekanan, atau kehilangan kepala, yang terjadi selama proses pengaliran air melalui berbagai bangunan pengolahan, ditunjukkan oleh profil ini. Selisih ketinggian antara unit instalasi dihitung berdasarkan sistem yang digunakan dan perhitungan kehilangan tekanan. Profil hidrolis instalasi pengolahan air minum (IPAM) merupakan representasi grafis dari jalur “*hydraulics grade line*” yang menunjukkan elevasi antara titik masuk (influent) dan keluar (effluent) pada unit pengolahan dan sistem perpipaan dengan tujuan untuk memastikan aliran air tetap gravitasi, menentukan apakah membutuhkan sebuah pompa, dan mencegah banjir atau luapan karena aliran balik. Sebelum menyusun profil hidrolis, hal-hal yang perlu dipertimbangkan meliputi perhitungan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada pintu.
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan lain sebagainya.
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Rumus yang digunakan: $L \times S \times d$.

2. Kehilangan tekanan pada pipa dan aksesoris

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan D

Dengan monogram "*Hazen William*" Q atau V, diketahui maka S didapat dari monogram.

- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Dengan mengkivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, dan menggunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen.

- c. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Menghitung dengan bantuan monogram.

- d. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak factor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan lain-lain.

3. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat menyebabkan kesalahan dalam menentukan ketinggian bangunan pengolahan, yang berdampak pada proses pengolahan. Jika ada kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) pada ketinggian ketinggian yang direncanakan, perhitungan tinggi muka air akan terpengaruh. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan beberapa 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 di clear well.

- c. Mendapatkan tinggi muka air bangunan sebelum clear well hingga bangunan pertama sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan setelah intake lebih tinggi dari pada tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.