

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air adalah kebutuhan utama dari seluruh proses kehidupan yang ada di bumi. Tidak adanya air di bumi maka tidak terdapat pula kehidupan. Air baku merupakan salah satu bahan dasar yang dibutuhkan dalam proses pengolahan air minum. Air baku diambil dari sumber-sumber yang telah memenuhi standar baku mutu. Penentuan sumber air baku dalam pengolahan mempertimbangkan data yang didapatkan melalui penelitian secara periodik dengan rentang 5 hingga 10 tahun (Kawamura, 1991). Menurut Peraturan Pemerintah No. 122 Tahun 2015 Tentang Sistem Penyediaan Air Minum menjelaskan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Adapun sumber air baku yang dapat diolah menjadi air minum sebagai berikut:

1. Air tanah

Karakteristik geologi seperti morfologi dan jenis batuan berikut luas pelamparan serta ketebalan lapisan, berakibat pada terbentuknya struktur lapisan kedap air dan lulus air. Berdasarkan sifat fisik air tanah dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin atau payau sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum (Astono, 2011).

2. Air permukaan

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

2.2 Standar Kualitas Air Baku

Standar kualitas air baku di Indonesia diatur pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 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:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.3 Karakteristik Air Baku

Karakteristik air baku merupakan gambaran menyeluruh mengenai kondisi fisik, kimia, dan biologi dari sumber air yang akan digunakan dalam suatu proses pengolahan. Pemahaman terhadap karakteristik ini menjadi langkah awal yang penting karena menentukan jenis teknologi pengolahan yang diperlukan serta efektivitas proses yang akan diterapkan. Parameter seperti kekeruhan, warna, pH, kandungan organik, nutrien, hingga keberadaan mikroorganisme memberikan informasi mengenai tingkat pencemaran dan kualitas alami air baku tersebut.

Dengan mengetahui karakteristik air baku secara komprehensif, pengelolaan dan perencanaan sistem pengolahan dapat dilakukan secara lebih tepat dan efisien.

2.3.1 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 (CO_2), 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.

2.3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD (Chemical Oxygen Demand) merupakan banyaknya oksigen dalam ppm yang diperlukan dalam kondisi khusus untuk menguraikan zat organik menggunakan bahan kimia atau oksidator kuat (potassium dikromat) (Qasim, 1985). Secara kimia bahan organik diuraikan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi panas dan asam menggunakan katalisator 5 perak sulfat (Metcalf & Eddy, 1991). Hal ini mengakibatkan seluruh bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi menjadi gas H_2O dan gas CO_2 serta sejumlah ion krom. Dengan menggunakan oksidator kalium bikromat, diperkirakan bahan organik dapat dioksidasi sekitar 95%-100% (Effendi, 2003).

2.3.3 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah sebuah indikator yang digunakan untuk mengidentifikasi jumlah senyawa organik yang terlarut dan menunjukkan seberapa banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba dalam

proses pemecahan materi organik secara biologis di dalam limbah melalui dekomposisi aerobik (Metcalf dan Eddy, 2003). Pengukuran BOD bertujuan untuk menentukan jumlah karbon organik yang dapat diurai dengan cara biologis. Dalam konteks ini, BOD diukur menggunakan metode yang berlangsung selama 5 (lima) hari, yang juga dikenal sebagai BOD₅. Perry (1998) menjelaskan bahwa periode 5 (lima) hari hanya merefleksikan sebagian dari total BOD. Diperkirakan oleh Perry (1998) bahwa sekitar 70% bahan organik mampu terurai dalam waktu 5 hari oleh mikroorganisme secara alami. Untuk limbah domestik pada suhu 20°C, semua materi organik dapat terurai sepenuhnya. Namun, di bawah kondisi tertentu, limbah rumah tangga mungkin mengandung senyawa nitrogen organik, ammonia, dan nitrit yang dapat memerlukan oksigen untuk diubah menjadi nitrat. Proses ini bisa terjadi pada hari ke-6. Karena itu, BOD₅ dianggap lebih mencerminkan fenomena oksidasi bahan organik dalam limbah rumah tangga. Selain itu, BOD₅ telah diakui dan digunakan sebagai metode oleh U.S. Environmental Protection Agency (EPA) untuk pengawasan kualitas limbah rumah tangga (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018).

2.3.4 Total Suspended Solids (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) yaitu sebutan pada partikel yang sulit mengendap, melayang di dalam air, dan tidak bisa larut. Partikel TSS cenderung tidak mengendap disebabkan oleh muatan elektrostatisnya dan pergerakan acak yang dikenal sebagai gerak brown, sehingga tetap stabil dalam cairan. Partikel yang tersuspensi sangat terkait dengan tingkat keruh air. Keruhnya air mencerminkan sifat optiknya yang ditentukan oleh jumlah cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh materi yang ada di dalamnya. Keruh ini muncul akibat adanya zat organik dan anorganik yang baik tersuspensi maupun terlarut. Semakin banyak zat yang tersuspensi, semakin keruh pula air tersebut (Effendi, 2003). Batas TSS yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan PermenLH No.5 Tahun 2014 untuk limbah cair adalah 100 mg/L. Partikel yang tersuspensi dalam parameter TSS merupakan zat padat yang berada dalam keadaan tercampur dalam air. Partikel tersebut bisa berasal dari mineral seperti pasir halus,

silt, lempung, atau bahan organik seperti asam sulfat yang dihasilkan dari dekomposisi tanaman dan hewan yang telah mati. Selain itu, partikel yang tersuspensi juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan sebagainya. Semua komponen ini biasanya berkontribusi terhadap keruh atau warna air (Nusa Idaman Said, 2017).

2.3.5 Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut (Dissolved Oxygen, disingkat DO) atau sering juga disebut dengan oksigen terlarut (Oxygen Demand) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik) atau berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menegaskan bahwa kadar DO minimum yang harus ada pada air adalah >2 mg O_2 /lt. Kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 mg/L selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70% (Aruan & Siahaan, 2017).

2.3.6 *Escherichia Coli*

Parameter mikrobiologis seperti *Escherichia coli* (E. coli) menjadi indikator penting untuk menilai potensi risiko kesehatan air baku, terutama bila air sungai digunakan untuk keperluan domestik, irigasi, atau konsumsi setelah pengolahan. Pada air sungai, berbagai penelitian menunjukkan bahwa tingkat E. coli sering kali melebihi batas aman untuk air baku, sehingga menunjukkan bahwa sungai ini terpapar beban pencemaran biologis yang signifikan. Misalnya, dalam penelitian

Pollution Load Analysis of Wonokromo River with Program System Dynamics (STELLA), hasil monitoring oleh Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS Brantas) pada tahun 2021 melaporkan nilai *E. coli* sebesar 4.283 MPN/100 mL pada salah satu titik pengambilan sampel air. Nilai ini masuk dalam kategori “tercemar” menurut klasifikasi mutu air baku pada regulasi yang berlaku. Akibat tingginya konsentrasi *E. coli*, air dari Sungai Wonokromo dianggap tidak layak sebagai sumber air baku langsung tanpa proses pengolahan dan desinfeksi yang memadai pada saat itu (Thifalina et al., 2023).

2.4 Standar Kualitas Air Minum

Di Indonesia, Standar Kualitas Air Minum dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Berikut rincian standar kualitas air minum yang harus dipenuhi.

Tabel 2.1 Parameter Wajib Air Minum

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan
Mikrobiologi			
1.	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100ml
2.	Total coliform	0	CFU/100ml
Fisik			
3.	Suhu	Suhu udara ± 3	°C
4.	Total Dissolve Solid	< 300	mg/L
5.	Kekeruhan	< 3	NTU
6.	Warna	10	TCU
7.	Bau	Tidak berbau	-
Kimia			
8.	pH	6,5 – 8,5	-
9.	Nitrat	20	mg/L

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan
10.	Nitrit	3	mg/L
11.	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺)	0,01	mg/L
12.	Besi (Fe)	0,2	mg/L
13.	Mangan (Mn)	0,1	mg/L
14.	Sisa khlor	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L
15.	Arsen (As)	0,01	mg/L
16.	Kadmium (Cd)	0,003	mg/L
17.	Timbal (Pb)	0,01	mg/L
18.	Flouride (F)	1,5	mg/L
19.	Alumunium (Al)	0,2	mg/L

(Sumber: Permenkes 2 Tahun 2023)

2.5 Bangunan Pengolahan Air Minum

Rancangan proses pengolahan air sungai menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air minum yang tercantu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Karakteristik umum air sungai adalah mengandung partikel tersuspensi atau koloid yang harus dilakukan pengolahan dengan perhitungan yang matang.

2.5.1 Intake

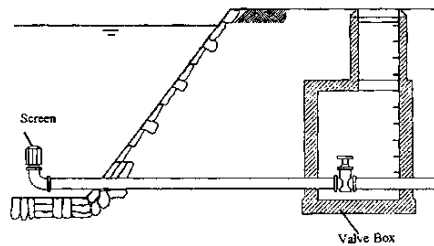
Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan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

- a. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
- b. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
- c. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (uplift);
- d. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
- e. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
- f. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
- g. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
- h. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
- i. 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 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

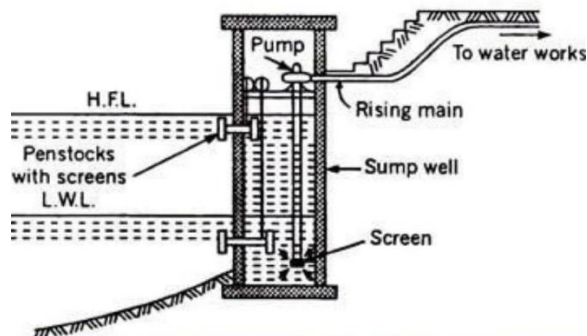


Sumber: Kompasiana.com

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 ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

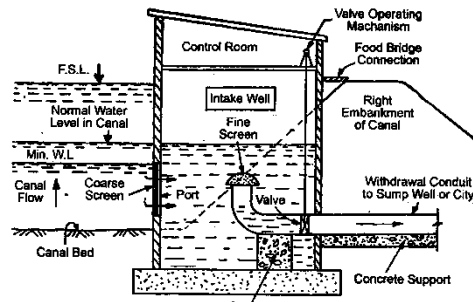


Gambar 2.2 River Intake

Sumber: dreamcivil.com

b. Canal Intake

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

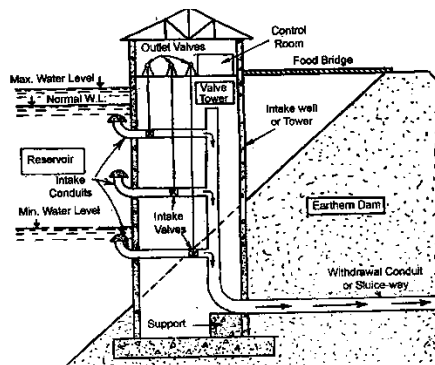


Gambar 2.3 Canal Intake

Sumber: poriyaan.in

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: poriyaan.in

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan *Indirect Intake* (Bangunan Penyadap Tidak Langsung) yaitu jenis *River Intake*. Intake jenis ini menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini juga lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

2.5.2 *Coarse Screen*

Screening atau biasa disebut *Coarse 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. Screen berukuran $> 0,5 - 1$ cm sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 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:

1. Merusak peralatan unit pengolahan berikutnya;
2. Mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan
3. Mencemari saluran air.

Umumnya unit *Coarse Screen* dibuat dari Batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan $30^\circ - 45^\circ$ dari horizontal (Metcalf & Eddy et al., 2007). Tebal batang biasanya 5 - 15mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. *Coarse Screen* dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim et al., 2000).

2.5.3 *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 tangka 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 hidrolik yang lebih rendah (efisiensi penggunaan);
- d. Dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya.

Namun, bak penampung juga memiliki kekurangan, diantaranya adalah:

- a. Memerlukan area/lokasi yang cukup luas;
- b. Mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal;
- c. Memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat (Metcalf & Eddy et al., 2003)

2.5.4 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 dalam udara atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Aerasi merupakan suatu bentuk perpindahan gas dan dipergunakan dalam berbagai bentuk variasi operasi meliputi:

- a. Pembuangan karbon dioksida
- b. Pembuangan *hydrogen* sulfida untuk menghapuskan bau dan rasa

- c. Pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan - bahan penyebab bau dan rasa serupa yang dikeluarkan oleh ganggang serta mikroorganisme serupa.

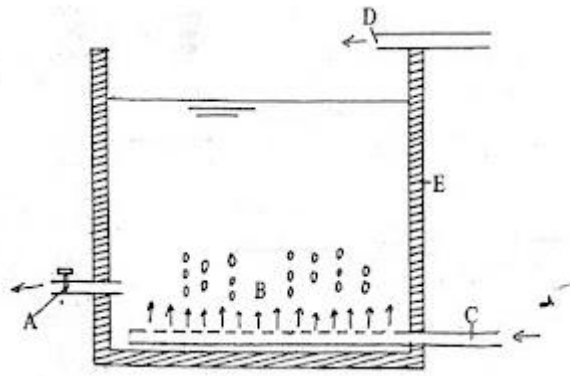
Dalam melakukan proses aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah:

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
- c. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H_2S), *methan* (CH_4), dan berbagai senyawa-senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Aerasi dilaksanakan dengan cara memasukkan udara ke dalam air. Jenis - jenis utama alat aerasi adalah:

- a. Aerator gaya berat, misalnya cascade
- b. Aerator semprator 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 penelitian 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: informasikesling.blogspot.com

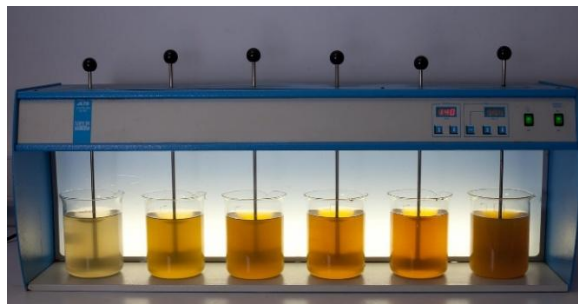
2.5.5 Koagulasi

Proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi yang terdiri dari bakteri dan virus dengan koagulan sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan disebut koagulasi. Koagulan, juga dikenal sebagai flokulan, dibubuhkan ke dalam air yang telah dikoagulasi dengan tujuan meningkatkan pembentukan flok dan mencapai sifat flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang membuat muatan negatif partikel dalam suspensi destabilisasi. Selain itu, sebagai donor muatan positif, zat ini juga berfungsi untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Selama proses koagulasi, pengadukan dan pembubuhan bahan kimia yang disebut koagulan menyebabkan koloid dan partikel dalam air menjadi tidak stabil. Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil terurai menjadi partikel

yang bermuatan positif dan negatif. Penguraian koagulan juga menghasilkan pembentukan ion positif dan negatif. Selanjutnya, proses menghasilkan pembentukan presipitat melalui pembentukan ikatan antara ion positif koagulan (seperti Al^{3+}) dengan ion negatif partikel (seperti OH^-) dan antara ion positif partikel (seperti Ca^{2+}) dengan ion negatif koagulan (seperti SO_4^{2-}) (Masduqi & Assomadi, 2012).

Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus mendapatkan kondisi optimum (Masduqi & Assomadi, 2012).



Gambar 2.6 Pengadukan Jar Test

Sumber: saka.co.id

Adapun jenis-jenis koagulan dan pengadukan cepat unit koagulasi ini yaitu sebagai berikut.

1. Pengadukan mekanis

Metode pengadukan mekanis menggunakan peralatan mekanis yang terdiri dari motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Motor bertenaga listrik menggerakkan peralatan ini. Ada tiga jenis impeller: paddle (pedal), turbin, dan propeller. Paddle impeller biasanya memiliki dua atau empat blades, yang dapat berbentuk vertikal atau pitch. Tipe vertikal adalah yang paling umum. Paddle impeller biasanya memiliki diameter antara 50 dan 80 persen dari diameter tangki, dan lebarnya biasanya 1/6 atau 1/10 dari diameter. Jarak paddle adalah 50% dari diameter tangki. Paddle memiliki kecepatan 20-150 rpm. Karena tidak

menghasilkan banyak gaya geser dan turbulensi, impeller paddles tidak seefektif turbin (Reynolds, 1996).

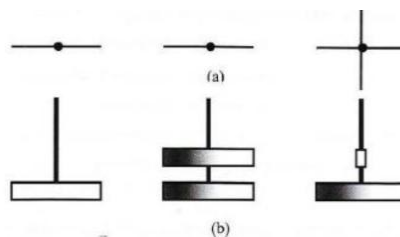
Propeller impeller memiliki dua atau tiga blades. Pitch didefinisikan sebagai jarak cairan bergerak secara aksial selama satu revolusi. Biasanya pitch adalah 1,0 atau 2,0 dan diameter propeller maksimum 18 inchi. Kecepatan propeller biasanya 400-1750 rpm. Agitator propeller sangat efektif dalam tangki besar, karena kecepatan tinggi (Reynold, 1996). Power yang dihasilkan dari berbagai impeller dapat ditentukan dengan menggunakan hubungan yang di kembangkan oleh Rushton. Daya tangki tidak sama, sesuai dengan nilai konstanta impeller, K_T dan K_L .

Tabel 2.2 Konstanta K_T dan K_L

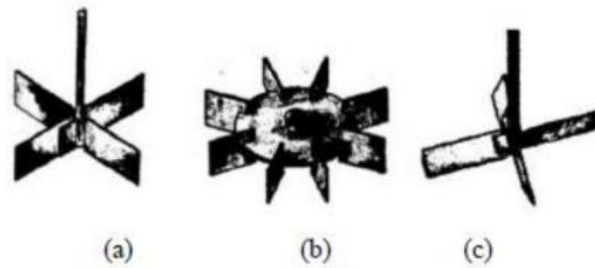
Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shroude turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), $D_i/W_i = 4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i = 6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i = 8$	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds, Tom D. Dan paul A. Richards. 1996)

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). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar berikut:

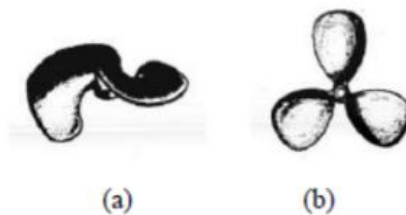


Gambar 2.7 Tipe Paddle (a) Tampak atas, (b) Tampak samping
 Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012



Gambar 2.8 Tipe turbine (a) Turbine blade lurus, (b) Turbine blade dengan piringan, (c) Turbine dengan blade menyerong

Sumber: Qasim et al., 2000

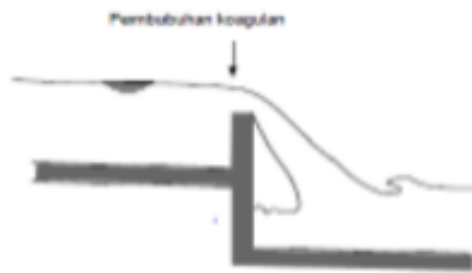


Gambar 2.9 Tipe propeller (a) Propeller 2 blade, (b) Propeller 3 blade

Sumber: Qasim et al, 2000

2. Pengadukan hidrolis

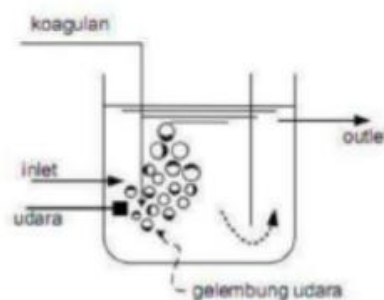
Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012). Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar titik Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi tutup atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah tersusunan, loncatan hidrolik dan pashall flume (Masduqi & Assomadi, 2012).



Gambar 2.10 Pengadukan Cepat dengan Terjunan
Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012

3. Pengadukan pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan gerakan pada air (Gambar 2.12). Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.



Gambar 2.11 Pengadukan Cepat Secara Pneumatis
Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012

2.5.6 Flokulasi

Flokulasi adalah proses lanjutan dari proses koagulasi, yaitu penggabungan inti flok atau flok kecil menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu (Hartono, 2016):

- a. *Thermal motion*, yang dikenal dengan *brownian motion* atau difusi atau disebut dengan *flocculation perikinetik*
- b. Gerakan oleh pengadukan
- c. Kontak selama pengendapan

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.

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan Gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Champ) berkisar 48.000 hingga 210.000. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Secara spesifik, nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut (Masduqi & Assomadi, 2012).

- a. Untuk air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - G = 10 - 50 detik⁻¹
- b. Untuk air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - G = 10 - 75 detik⁻¹
- c. Untuk air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
- d. Bila menggunakan gram besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik⁻¹
- e. Untuk flokulator 3 kompartmen

- G kompartmen 1 : nilai terbesar
 - G kompartmen 2 : 40% dari G kompartmen 1
 - G kompartmen 3 : nilai terkecil
- f. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur dan soda)
- Waktu detensi = minimum 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
- g. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
- Waktu detensi = 15 - 30 menit
 - $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000 - 100.000$

2.5.7 Sedimentasi

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

- 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

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

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

4. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona, yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat terjadinya distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ Panjang bak)

2. Zona Outlet

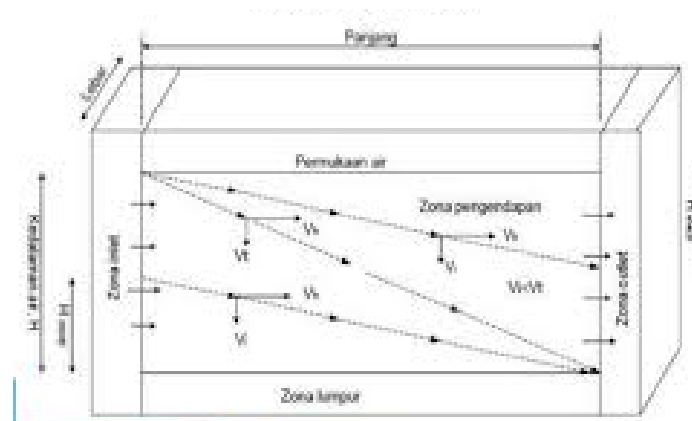
Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa

3. Zona *settling*

Tempat terjadinya pengendapan yang sesungguhnya

4. Zona *sludge*

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



Gambar 2.12 Pembagian Zona Bak Sedimentasi

Sumber: slideserve.com

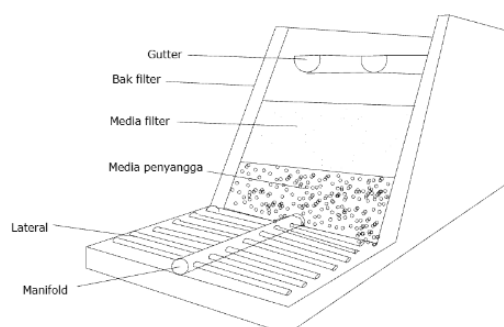
2.5.8 Filtrasi

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. 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

Pada proses filtrasi partikel yang memiliki ukuran kecil seperti koloida dan bakteri akan lebih sulit untuk dihilangkan, hal ini dikarenakan ukurannya yang sangat kecil dapat lebih mudah untuk lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil jarak diantara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Akan tetapi dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belus 100% terendapkan pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.14 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.13 Bagian-bagian Filter
Sumber: 123dok.com

Berdasarkan tipenya, filtrasi dibagi menjadi filtrasi pasir cepat dan filtrasi pasir lambat. Filtrasi pasir lambat merupakan filter yang memiliki kecepatan filter yang lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter ini cukup efektif digunakan untuk mereduksi kandungan bahan organik dan organisme patogen. Namun, kelemahan filter ini yaitu membutuhkan ukuran *bed filter* yang besar, kecepatan filter yang sangat lambat dan hanya efektif digunakan untuk mengolah air baku dengan kadar kekeruhan 50 NTU. Sedangkan filter pasir cepat merupakan filter dengan kecepatan filtrasi yang cepat, yaitu sekitar 6-11 m/jam. Filter ini memiliki bagian-bagian sebagai berikut (Masduqi & Assomadi, 2016):

- a. Bak filter yang berfungsi sebagai tempat proses filtrasi berlangsung.
- b. Media filter yang berupa media dengan bahan berbutir tempat berlangsungnya penyaringan
- c. Sistem *underdrain* yang berfungsi sebagai system pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Sistem *underdrain* terdiri atas orifice, lateral, dan manifold.

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, antrasit, 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.

Rapid Sand Filter (Filter Pasir Cepat) 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 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan *Rapid Sand Filter*

Keterangan	Unit	Kawamura	Al-Layla	Reynolds	Darmasetiawan
Kec. Penyaringan	m/jam	5 – 7,5	4,8 – 15	4,9 - 12,2	7 – 10
Ukuran pasir	Mm	-	-	0,3 – 0,7	-
Tinggi filter	M	3,2 – 6	-	0,6 – 0,8	0,3– 0,6
Tinggi bak filtrasi	M	-	-	< 18	2,4 – 5
Waktu pencucian dengan air	menit	-	10	3 – 10	-
Kecepatan Backwash	m/jam	-	56	-	18 – 25
Tinggi air di atas media	Cm	-	90 – 160	90 -120	300 – 400
Ekspansi Pasir	Cm	-	90-160	20–50 h	-
Headloss filter bersih	M	-	0,2 – 3,0	-	-

(Sumber: Kawamura, 1991; Al-Layla, 1980; Reynolds, 1982; Darmasetiawan, 2001)

Tabel 2.4 Kriteria Desain Unit Filtrasi

Keterangan	Unit	Kriteria Desain
Kecepatan filtrasi (Vf)	m/jam	8 – 12
Tebal media pasir (Lp)	Cm	60 – 80
Tebal media kerikil (Lk)	Cm	10 – 30
Tebal media karbon (Lc)	Cm	7,5 – 30
Waktu backwash (t _{bw})	Menit	5 – 15
Tinggi air di atas media (Ha)	Meter	0,25 – 2
Diameter media (Dm)	Cm	0,3 - 6,25
Ekspansi backwash	%	30 – 50
A orifice (Aor) : A	-	(0,0015 - 0,005) : 1
A lateral (Alat) : Aor	-	(2 - 4) : 1
A manifold (Am) : Alat	-	(1,5 - 3) : 1
Jarak orifice (Wor)	Cm	6 – 20
Porositas	-	0,36 - 0,45
Diameter orifice (Dor)	Cm	0,6 – 2
Kecepatan backwash (Vbw)	cm/s m/menit	1 – 1,25 0,6 – 0,75
Surface loading	m/jam	7 – 12
V _{gula} (rata-rata penyaringan)	m/s	0,6 – 2,5
L filtrasi	M	3 – 6
fb	Cm	7,5
H reservoir	M	2 – 6

(Sumber: Tri Joko, 2008)

2.5.9 Desinfeksi

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

- a. Waktu kontak
- b. Jenis desinfektan
- c. Konsentrasi desinfektan
- d. Suhu
- e. Jumlah mikroba
- f. Jenis mikroba

Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah untuk sebagai berikut:

- a. Menghilangkan bau
- b. Mematikan alga
- c. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
- d. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin
- e. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya (Sawyer et al., 1978):

1. Desinfeksi dengan ozon

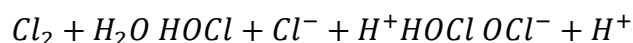
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 - 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam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

2. Desinfeksi dengan UV

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/m³ 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_2) 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.

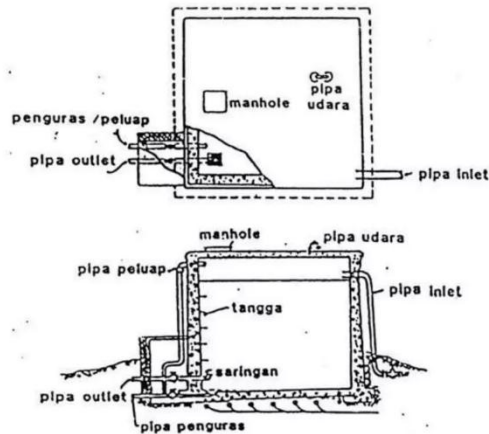
2.5.10 Reservoir

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 relatif 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 di bawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya terbentuk bakau atau tangkai air yang ditanam di bawah tanah.



Gambar 2.14 Reservoir Permukaan

Sumber: aladintirta.blogspot.com

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2.15 Elevated Reservoir

Sumber: slideshare.com

2.5.11 *Belt Filter Press*

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. Di beberapa 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 pergeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scraper 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.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari *belt-filter press*, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. *Belt filter press* ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.



Gambar 2.16 Belt Filter Press

Sumber: sludgeprocessing.com

2.6 Persen removal

Tujuan dari proses pengolahan air minum adalah menurunkan beban pencemar pada sumber air sungai tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berikut adalah persen removal yang diketahui pada unit bangunan pengolahan air minum yang akan dirancang pada tugas perancangan ini:

Tabel 2.5 Persen Removal

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
Intake dan Coarse Screen	-		
Bak penampung	-		
Aerasi	BOD	80 - 90%	James, A. Mueller. (2002). Aeration: Principle and Practice. Page 295
	COD	60 - 85%	Cavaseno, V. (1987), "Industrial

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
			Wastewater and Solid Waste Engineering", Hal 16
	TSS	40 - 65%	Cavaseno, V. (1987), "Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering", Hal 16
	DO	Penambah DO = 4,8 mg/L	Ali Masduqi. 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 216
Koagulasi	-		
Flokulasi	-		
Sedimentasi	TSS	80 - 95%	Metcalf and Eddy. (2002). Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 529
	BOD	50 - 80%	Metcalf and Eddy. (2002). Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 497
	COD	Hingga 77%	Pertiwi A K, 2019. "Pengaruh Konsentrasi Poly Alumunium Cholide (PAC) dan

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
			Waktu Pengadukan Terhadap Penurunan Kadar COD dan Fosfat Pada Limbah Cair Laundry Menggunakan Metode Koagulasi-Flokulasi
Rapid Sand Filter	TSS	90 - 100%	Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Page 22
	BOD	Hingga 60%	Laily, 2022. Pengolahan Air Sungai Menggunakan Slow Sand Filter Sistem Downflow dalam menurunkan COD dan BOD
	COD	Hingga 68%	Laily, 2022. Pengolahan Air Sungai Menggunakan Slow Sand Filter Sistem Downflow dalam menurunkan COD dan BOD

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
Desinfeksi	E. Coli	98 - 99.999%	Metcalf and Eddy. (2002). Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 1221
Reservoir	-		

(Sumber: Data Perencanaan, 2026)

2.7 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (head loss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing - masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini. Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis 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 meng ekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.
 - 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 monogram.
3. Tinggi muka air
Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
 - b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.
 - c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
 - d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air

2.8 BOQ dan RAB

2.8.1 BOQ (Bill of Quantity)

BOQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya. Karakteristik BOQ:

1. Dalam BOQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume,
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BOQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencanaan.

Tujuan membuat BOQ yaitu:

1. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek.
2. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
3. Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga.

2.8.2 RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan,
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari,
3. RAB oleh masing – masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan membuat RAB adalah:

1. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencana, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin ngesub salah satu pekerjaan dari maincont. Walaupun sebenarnya maincont memiliki BOQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB,
2. Ketika maincont menyatakan agar subcon melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BoQ yang disusun oleh konsultan perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BoQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont.

Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah :

1. Untuk keperluan pengajuan penawaran harga dengan sistem lump sum,
2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Pedoman untuk pelaksanaan proyek bilamana kontraktor ternyata menang tender.