

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

2.1.1 pH

Power of Hydrogen (pH) adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen yang dilepaskan dalam suatu cairan dan merupakan indikator dalam menentukan kualitas baik buruknya suatu perairan (Selvianti, 2022). Nilai pH dalam badan air merupakan salah satu 6 parameter kimia yang cukup penting untuk memantau stabilitas dalam lingkungan perairan. Peningkatan nilai pH pada suatu badan air dipengaruhi oleh sampah organik maupun sampah non organik yang di masuk ke badan sungai. Air dengan nilai pH sebesar 6,5 sampai 9 merupakan air normal yang digunakan untuk organisme hidup (Metcalf & Eddy, 2014).

Peningkatan nilai pH air pada kondisi air surut mengindikasikan bahwa adanya aktivitas pembuangan limbah organik yang bersumber dari limbah domestik pada daerah tengah dan hilir sungai maupun limbah yang berasal dari aktivitas pertanian di bagian hulu sungai yang masuk ke ban sungai. Adapun standar baku mutu pH di suatu perairan (sungai) berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021 kelas 3, yaitu 6 - 9.

2.1.2 Kekeruhan

Kekeruhan adalah standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometric turbidity unit*) atau FTU (*formazin turbidity unit*), kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan disebabkan adanya kandungan TSS (*total suspended solid*) baik yang bersifat organik ataupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya.

Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi dari 3 NTU. Penurunan kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah, hal ini disebabkan

penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan.

2.1.3 TDS

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

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

2.1.4 Nitrat

Air permukaan sering kali tercemar oleh limbah domestik atau limbah industri amoniak bisa mengandung nitrat tinggi akibat dari proses nitrifikasi. Terdapat beberapa bentuk senyawa nitrogen, yaitu nitrogen organik (dalam bentuk protein, asam amino, dan urea), nitrogen amoniak (garam amonium, dan amoniak), nitrogen nitrit, dan nitrogen nitrat. Air baku dengan kadar organik-N dan ammonia-N yang tinggi, tetapi sedikit sekali NO_3^- , menunjukkan adanya limbah yang baru saja dibuang di badan air (Adisuasono *et al.*, 2014)

2.1.5 Nitrit

Menurut Effendi (2003), Nitrit (NO_2) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrit sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrat dan nitrit adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri nitrosomonas, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat

dilakukan oleh bakteri nitrobacter. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi (Effendi, 2003).

2.1.6 Mangan

Mangan merupakan logam keras dan sangat rapuh. Sulit untuk meleleh, tetapi mudah teroksidasi. Mangan bersifat reaktif ketika murni, sebagai bubuk akan terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air dan larut dalam asam encer (Rahayu *et al*, 2020). Di dalam proses penghilangan mangan dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity, HCO_3^- yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa mangan berada dalam bentuk senyawa mangano bikarbonat, $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$. Oleh karena bentuk CO_2 bebas lebih stabil daripada HCO_3^- , maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Intake

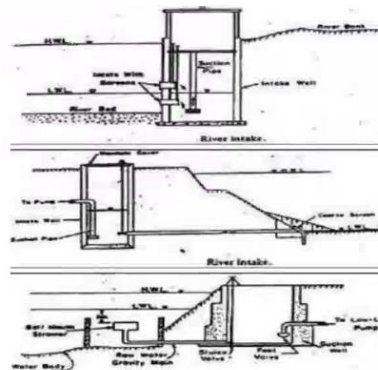
Intake adalah bangunan penangkap air yang berfungsi untuk mengambil air dari sumbernya. Bangunan *intake* dilengkapi dengan kisi atau saringan di mana air baku masih dapat melewatinya. Fungsi dari bangunan *intake* adalah untuk menampung air sementara sebelum dialirkan melalui pipa menuju unit-unit pengolahan selanjutnya. Dalam merencanakan bangunan *intake* harus mempertimbangkan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan pengambilan air baku (*intake*) :

1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain).
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain).
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa, dan gaya angkat air (*up lift*).

4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya.
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian.
6. Dimensi inlet dan outlet serta letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air.
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku.
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun.
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar.

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

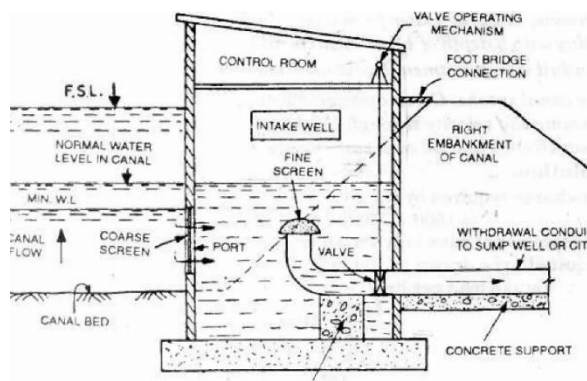
1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)
Digunakan untuk sumber air yang dalam, seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. *Intake* jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.
2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (*Indirect Intake*)
 - a. *River Intake*
River intake menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. *Intake* ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2.1 River Intake

b. *Canal Intake*

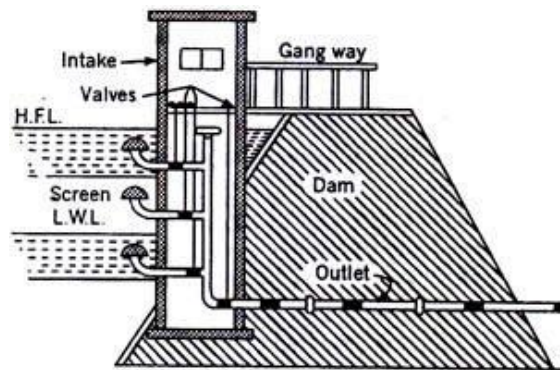
Canal intake digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.



Gambar 2.2 Canal intake

c. *Reservoir Intake*

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



Gambar 2.3 *Reservoir Intake*

2.2.2 Bar Screen

Screening (bar screen) atau saringan 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, 2014). Pada umumnya screen dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. 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.

Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Tipe yang umum digunakan antara lain : *bar rack* atau *bar screen*, *coarse woven-wire screen* dan *comminutor*. Saringan halus (*fine screen*) mempunyai bukaan (*opening screen*) $2,3 - 6$ mm. Pembersihan saringan halus umumnya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus (*micro screen*) juga telah banyak dikembangkan untuk dibagi pada pengolahan sekunder (Said, 2007).

Bar screen terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan *bar screen*, yaitu saringan kasar, saringan halus, dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (*bar*). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang $1,5-13$ mm, saringan sedang

memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Menurut 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

2.2.3 Prasedimentasi

Prasedimentasi umumnya digunakan untuk menghilangkan partikel diskrit yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan (Metcalf & Eddy, 2014). Bangunan ini termasuk ke dalam *preliminary unit* atau unit pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah *overflow rate*, *v_{horizontal}* (*vh*), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richard, 1982)

Bangunan prasedimentasi memiliki empat zona dalam proses mengendapkan partikel, yaitu (Said, 2007) :

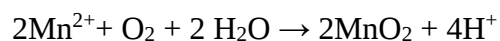
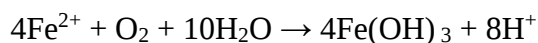
1. Zona Inlet (*Inlet Zone*)
Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling (aliran laminar).
2. Zona Pengendapan (*Settling Zone*)
Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air.
3. Zona Lumpur (*Bottom Zone*)
Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur.
4. Zona Outlet (*Outlet Zone*)
Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran efluen, serta mengatur debit efluent.

2.2.4 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 udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air) (Poedjiastuti *et al.*, 2022). Prinsip kerja aerasi adalah menambahkan oksigen terlarut di dalam air dengan memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut:

1. Penambahan jumlah oksigen (O_2)
2. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
3. Menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4), dan berbagai senyawa organik lainnya yang bersifat volatil (menguap)

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 yang disebabkan oleh penambahan oksigen. Proses aerasi dalam mengoksidasi besi dan mangan akan menghasilkan endapan. Endapan ini akan dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997). Dalam proses oksidasi mangan dan besi, pH air memiliki pengaruh besar dalam prosesnya. Mangan sering kali tidak dapat teroksidasi pada pH normal. Peningkatan pH sampai 8,5 dapat memperbesar oksidasi mangan, khususnya jika digunakan menara aerator, sedangkan oksidasi besi berlangsung dengan baik pada pH 7,5-8 dalam waktu 15 menit (Masduqi & Assomadi, 2012). Reaksi kimia yang terjadi pada besi dan mangan pada proses aerasi adalah sebagai berikut :



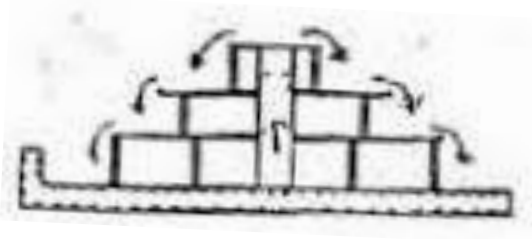
Terdapat beberapa jenis aerasi yang dapat digunakan, yaitu :

1. *Waterfall Aerator* (Aerasi Air Terjun)
2. *Cascade Aerator*
3. *Submerged Cascade Aerator*
4. *Multiple Platform Aerator*
5. *Spray Aerator*

6. Aerator Gelembung Udara (*Bubble Aerator*)

7. *Multiple Tray Aerator*

Pada perancangan Instalasi Pengolahan Air Minum ini, digunakan aerator dengan jenis *cascade*. *Cascade Aerator* merupakan aerator yang terdiri dari beberapa step atau tangga. *Cascade aerator* memanfaatkan perbedaan ketinggian untuk membuat air jatuh bertingkat. Air yang jatuh melalui serangkaian anak tangga menghasilkan aliran turbulen yang membantu kontak antara air dengan udara sehingga terjadi kenaikan kadar oksigen pada air. Penambahan oksigen dalam air dapat menghilangkan gas-gas atau polutan yang tidak diinginkan. Efektivitas dari *cascade aerator* bergantung pada kadar oksigen terlarut awal, kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan, dan temperatur air (Metcalf & Eddy, 2014)



Gambar 2.4 *Cascade Aerator*

2.2.5 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan koloid dan padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan (Kawamura, 2000). Proses destabilisasi koloid dan partikel pada air dalam proses koagulasi terjadi akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia atau disebut dengan koagulan. Zat koagulan digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel padatan tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar sehingga partikel dapat terendapkan dengan cepat (Said, 2007).

Pengadukan cepat menyebabkan koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan

antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & Assomadi, 2012).

Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum (Masduqi & Assomadi, 2012). Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi, yaitu :

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium Sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium Alumiat	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
<i>Poly Aluminium Chloride</i> (PAC)	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferri Sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal Halus	Asam	4,0 – 9,0
Ferri Klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, Cairan	Asam	4,0 – 9,0
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal Halus	Asam	>8,5

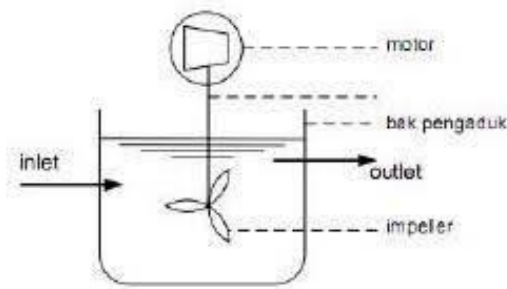
Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan atau skala laboratorium menggunakan *jar test*. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka

kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak.

Pada koagulasi, zat koagulan yang ditambahkan pada air didispersikan secara cepat dan merata menggunakan pengadukan cepat (*flash mixing*). Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

1. Pengadukan Mekanis

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 . Penerapan paling umum dalam pengadukan mekanis adalah dengan *flush mixer* berupa motor dengan alat pengaduk berupa baling-baling (*propeller*), turbin, maupun *paddle* (Said, 2007).

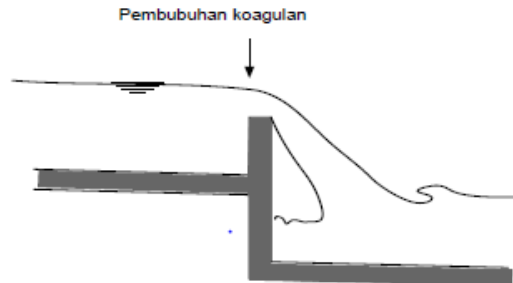


Gambar 2.5 Pengadukan Cepat Mekanis

2. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis 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. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (*headloss*) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolik, dan *parshall flume*. Pengadukan cepat secara hidrolis dapat menggunakan terjunan yang memanfaatkan ketinggian terjunan air, di mana hal tersebut mempengaruhi gradien kecepatan dari air. Turbulensi dari

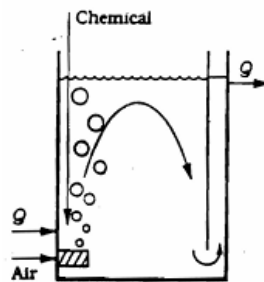
sistem pengadukan ini dihasilkan dari gejolak air yang terjadi pada saat air telah jatuh ke bawah.



Gambar 2.6 Pengadukan Cepat Hidraulis

3. Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan (Reynolds & Richards, 1982). Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan gerakan pada air. 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 2.7 Pengadukan Cepat Pneumatis

2.2.6 Flokulasi

Flokulasi merupakan pengadukan lambat yang mengiringi dispersi koagulan secara cepat melalui pengadukan cepat. Fungsi dari flokulasi adalah untuk membentuk flok-flok agar menjadi besar dan stabil sehingga dapat diendapkan dengan mudah (Said, 2007). Partikel-partikel kototran halus maupun koloid yang

berada pada air baku harus digumpalkan menjadi flok-flok yang cukup besar. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok yang terjadi akibat adanya pengadukan lambat.

Menurut Camp dan Stein, kecepatan pembentukan flok berbanding lurus dengan konsentrasi partikel atau flok per satuan volume, diameter flok, dan juga gradien kecepatan (G). Dalam proses flokulasi, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

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

Pengadukan dalam proses flokulasi dapat dilakukan dengan dua cara, antara lain :

1. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih besar daripada G di kompartemen II dan G di kompartemen III adalah yang paling kecil. Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (*paddle wheel*), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.

2. Pengadukan Hidrolis

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*, *perforated wall*, *gravel bed*, dan sebagainya) (Masduqi & Assomadi, 2012).

2.2.7 Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk setelah proses pembubuhan bahan kimia, pengadukan cepat, dan flokulasi (Said, 2007). Flok-flok yang cukup besar dan berat akan mengendap pada zona pengendapan, sedangkan flok halus akan terbawa aliran keluar dan selanjutnya dipisahkan dengan cara filtrasi. Efektifitas proses pengendapan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan partikel, ukuran partikel, massa jenis partikel, dan bentuk partikel.

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).

2.2.8 Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan padatan dari cairan dengan melewati cairan melalui suatu media yang berongga atau material yang berongga untuk menyisihkan sebanyak mungkin materi tersuspensi (Reynolds & Richards, 1982). Material yang digunakan untuk saringan secara umum adalah pasir, antrasit, zeolit, garnet, karbon aktif, atau bahan granular lainnya. Berdasarkan tipe media yang digunakan, saringan terbagi menjadi filter dengan media tunggal (memiliki satu jenis media yang biasanya berupa pasir), filter dengan media ganda (memiliki

dua jenis media yang biasanya pasir dan antrasit), dan filter multimedia (memiliki tiga atau lebih jenis media yang biasanya antrasit, pasir, dan garnet).

Berdasarkan laju filtrasi, terdapat 2 jenis filtrasi, yaitu :

1. Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filtration*)

Filter pasir lambat adalah penyaringan dengan media pasir dengan kecepatan penyaringan 1-5 m³/m²/hari. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan *hypogeal* atau *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdecke*, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012).

2. Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filtration*)

Filter pasir cepat adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Kecepatan penyaringan pada *rapid sand filter* 40 kali lebih cepat dibandingkan dengan *slow sand filter*. Oleh karena itu, sebelum proses penyaringan diperlukan proses koagulasi-flokulasi dengan pembubuhan bahan kimia dan pengendapan (Said, 2007). Proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi sehingga beban pada penyaringan cepat tidak terlalu berat dan mendukung efektifitas penyaringan..

2.2.9 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan proses penghancuran mikroorganisme patogen dalam air. Perlindungan terhadap kesehatan masyarakat dari transmisi penyakit bawaan air dengan proses desinfeksi sudah sejak lama diaplikasikan. Efisiensi penghancuran patogen bukan hanya satu-satunya pertimbangan dalam memilih desinfektan. Menurut Droste (1997), karakteristik desinfektan yang baik, yaitu :

1. Efektif dalam membunuh mikroorganisme patogen
2. Tidak beracun untuk manusia ataupun hewan
3. Tidak beracun untuk ikan dan biota air lainnya

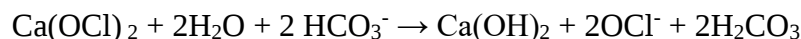
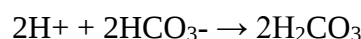
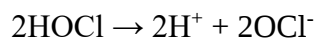
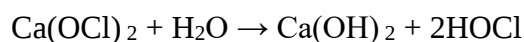
4. Mudah dan aman untuk disimpan, dibawa dan dibuang
5. Biaya rendah
6. Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
7. Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

Terdapat beberapa macam metode desinfeksi yang dapat diaplikasikan pada Instalasi Pengolahan Air Minum, yaitu :

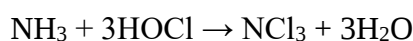
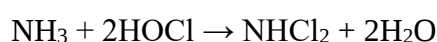
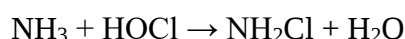
1. Agen pengoksidasi (ozon, halogen, dan senyawa halogen)
2. Kation logam berat (perak, emas dan merkuri)
3. Senyawa organik
4. Agen atau senyawa berbentuk gas
5. Agen fisik (panas, UV, radiasi ion, dan pH)

Pada perencanaan instalasi pengolahan air minum ini akan digunakan klor sebagai desinfektan. Selain karena klor dapat tersisa dalam perpipaan, desinfektan ini juga mudah didapatkan dengan harga yang cukup murah. Pada instalasi pengolahan air minum ini, klor yang digunakan berbentuk padatan dengan rumus kimia $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Padatan tersebut akan dilarutkan terlebih dahulu dengan air sebelum dibubuhkan ke dalam air baku.

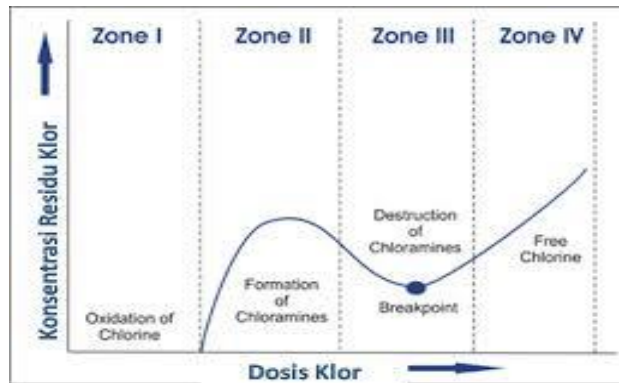
Reaksi kimia yang terjadi pada saat pembubuhan desinfektan ke dalam air baku adalah sebagai berikut :



Hipoklorit (HOCl) yang terbentuk akan terlebih dahulu bereaksi dengan ammonia yang terkandung di dalam air membentuk monokloramin, dikloramin, dan trikloramin menghasilkan klor terikat. Persamaan kimia yang memperlihatkan terbentuknya kloramin ini adalah sebagai berikut :



Oleh sebab itu, dosis klor yang akan diaplikasikan ke dalam air baku harus disesuaikan dengan *break point chlorination* seperti yang diilustrasikan pada gambar berikut :



Gambar 2.8 Grafik *Breakpoint Chlorination*

Pada zona 1, klorin tereduksi hingga menjadi klorida oleh senyawa-senyawa yang mudah teroksidasi (H_2S , Fe^{2+} , dan lainnya). Setelah semua senyawa-senyawa tersebut telah teroksidasi, klorin mulai bereaksi dengan amonia membentuk kloramin (zona 2). Kemudian sejumlah klor bebas mengoksidasi kloramin yang terbentuk saat zona sebelumnya sehingga dosis sisa klor yang terbaca berkurang (zona 3). Setelah kloramin habis teroksidasi (*breakpoint chlorination*), penambahan klor lebih lanjut akan menjadi sisa klor bebas yang nantinya dibutuhkan dalam distribusi air minum.

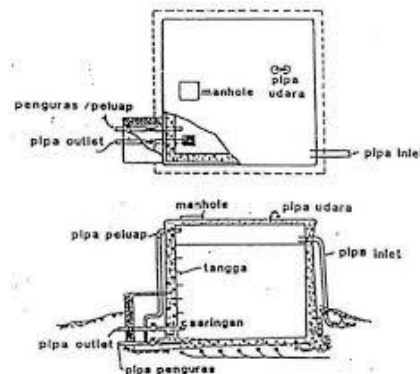
2.2.10 Reservoir

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. Jenis-jenis reservoir berdasarkan peletakannya, yaitu :

1. Reservoir bawah tanah (*ground reservoir*)

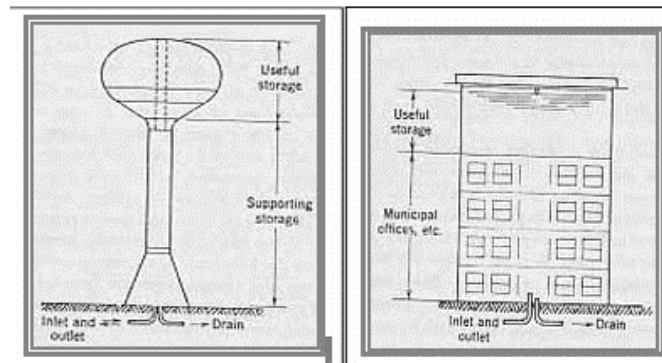
Ground reservoir dibangun di bawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. Reservoir ini biasanya berbentuk bak atau tangki air yang di tanam di bawah permukaan tanah.



Gambar 2.9 *Ground Reservoir*

2. Menara reservoir (*elevated reservoir*)

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



Gambar 2.10 *Elevated Reservoir*

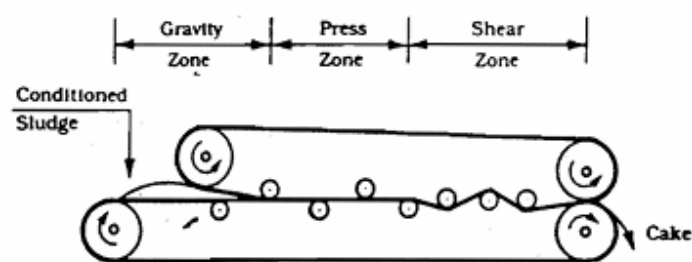
Dalam pembangunan reservoir, terdapat beberapa jenis bahan konstruksi yang dapat digunakan, yaitu reservoir tangki baja, reservoir beton cor, reservoir fiberglass, dan reservoir pasangan bata. Penggunaan bahan konstruksi reservoir disesuaikan dengan kondisi lahan, kapasitas produksi, dan biaya.

2.2.11 Belt Filter Press

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

Sebagian besar jenis *Belt Filter Press*, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk 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 penggeseran 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, terdapat beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.



Gambar 2.11 Belt Filter Press

2.3 Persen Removal

Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) dirancang untuk mengurangi kadar pencemar dari air baku. Unit-unit pengolahan yang dipilih ditentukan berdasarkan jenis-jenis pencemar pada air sungai sebagai air baku. Tingkat keberhasilan pengolahan diukur melalui persentase penurunan beban pencemar yang berfungsi sebagai indikator efektivitas Instalasi Pengolahan Air dalam

menurunkan kadar polutan. Berikut adalah persen removal pada setiap unit bangunan pengolahan air yang akan digunakan berdasarkan literatur :

Tabel 2.2 Persen Removal

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	Persen Removal	Sumber
<i>Intake dan Bar Screen</i>	-	-	-
Prasedimentasi	Kekeruhan	65 – 80%	Reynolds & Richards. (1982). Unit Operational and Unit Operation. Chapter 7. Halaman 130
Bak Pembubuh Ca(OH)_2	-	-	-
Aerasi	Mangan	0 – 60%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Nitrit	20 – 60%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
Koagulasi – Flokulasi	-	-	-
Sedimentasi	Kekeruhan	90 – 100%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	TDS	0 – 20%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and

			Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Nitrat	0 – 20%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Nitrit	0 – 20%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Mangan	60 – 90%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
<i>Slow Sand Filtration</i>	Kekeruhan	90 – 100%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	TDS	0 – 20%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Nitrat	0 – 80%	Qasim. (1999). Wastewater Treatment. Halaman 250.
	Nitrit	0 – 20%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
Desinfeksi	Total Coliform	90 – 100%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and

			Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Fecal Coliform	90 – 100%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
	Nitrit	0 – 90%	Droste. (1997). Theory and Practice of Water Treatment and Wastewater Treatment. Chapter 9. Halaman 225.
Reservoir	-	-	-

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. 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 IPAM adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “hydraulic grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan :

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada pintu
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
- d. Kehilangan tekanan pada perpipaan
- e. Kehilangan tekanan pada aksesoris
- f. Kehilangan tekanan pada pompa
- g. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

2. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
 - b. Tambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*
 - c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah *intake*
- Jika tinggi muka air bangunan sesudah *intake* lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di *intake* untuk menaikkan air.