

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Standar kualitas air bersih di Indonesia diatur pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air bersih 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 pertanian, 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 pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Agar baku mutu air minum dapat terpenuhi, maka diperlukan berbagai 4 usahan untuk menjaga kualitas air, yaitu :

1. Kontrol pada sumber air dapat dilakukan dengan pemilihan sumber air, control terhadap sumber polusi yang masuk ke sumber air, perbaikan kualitas sumber, kontrol pertumbuhan biologi.
2. Instalasi pengolahan air yang tepat

3. Kontrol pada sistem transmisi dan distribusi untuk mencegah kontaminan.

2.1.1 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD adalah kebutuhan oksigen yang digunakan dalam proses oksidasi kimia. COD juga disebut sebagai Chemical Oxygen Demand, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator untuk mengoksidasi semua bahan organik dan anorganik di dalam air. Jika konsentrasi senyawa organik dan anorganik cukup tinggi maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga organisme perairan tidak dapat bertahan hidup. Angka COD merupakan ukuran bagi beban pencemar air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasi dengan proses mikrobiologis mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen dalam air (Amadea, 2018).

2.1.2 BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD (Biochemical Oxygen Demand) adalah parameter kimia yang digunakan untuk memperkirakan jumlah bahan organik terlarut dan menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik dalam air. Air limbah dari industri tahu banyak mengandung bahan organik terlarut. Kandungan BOD yang lebih tinggi menunjukkan lebih banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga mikroorganisme membutuhkan lebih banyak oksigen untuk menguraikan bahan organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan adanya degradasi sampah organik oleh mikroorganisme (Amadea, 2018).

Biological Oxygen Demand atau Kebutuhan oksigen biologis adalah suatu parameter kimia untuk mengetahui kualitas perairan. Nilai BOD penting sebagai indikator kualitas perairan. Tingginya kandungan BOD dalam perairan menandakan kurangnya oksigen terlarut didalamnya. Kondisi tersebut memiliki dampak yaitu kematian organisme perairan seperti ikan dikarenakan kekurangan oksigen terlarut (anoxia)(Salmin, 2005)

2.1.3 TSS (Total Suspended Solid)

TSS (Total Suspended Solid) adalah senyawa padat tersuspensi yang berada dalam air. Padatan tersebut berasal dari mineral, seperti silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil uraian jasad makhluk hidup. Selain itu, juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS ini menyebabkan kekeruhan atau perubahan warna dalam air (Said, 2007).. Zat tersuspensi erat hubungannya dengan derajat kekeruhan air. Kekeruhan air disebabkan oleh limbah industri tahu yang mengandung zat organik dan anorganik tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi konsentrasi zat tersuspensi, semakin keruh airnya (Amadea, 2018).

2.1.4 DO (Dissolved Oxygen)

Dissolved Oxygen (DO) merupakan kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk respirasi aerob mikroorganisme. DO di dalam air sangat tergantung pada temperatur dan salinitas. Untuk menambahkan oksigen dalam limbah cair dapat dilakukan dengan cara yaitu memasukkan udara dalam air limbah, misalnya dengan penggunaan aerator dan memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen. (Sugiharto, 1997) Air dengan konsentrasi DO yang tinggi memiliki kemampuan mengoksidasi yang baik, sedangkan air memiliki konsentrasi DO yang rendah apabila terdapat kandungan pencemar (bahan organik) yang tinggi. Kandungan oksigen merupakan hal penting bagi kelangsungan hidup organisme perairan, sehingga penentuan kadar DO dalam air dapat dijadikan ukuran untuk menentukan kualitas dari suatu air limbah. Oleh karena itu, analisis DO merupakan kunci yang dapat menentukan tingkat pencemaran suatu perairan.

2.1.5 Escherichia coli (E-Coli)

Bakteri E-Coli merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, dimana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri Coliform ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Pracoyo, 2006). Bakteri coliform dalam air minum dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu coliform total, fecal coliform, dan E. coli. Masing-masing memiliki tingkat risiko yang berbeda. Coliform total kemungkinan bersumber dari lingkungan dan tidak mungkin berasal dari pencemaran tinja. Sementara itu, fecal coliform dan E. coli terindikasi kuat diakibatkan oleh pencemaran tinja, keduanya memiliki risiko lebih besar menjadi patogen di dalam air. Bakteri fecal coliform atau E. coli yang mencemari air memiliki risiko yang langsung dapat dirasakan oleh manusia yang mengonsumsinya. Kondisi seperti ini mengharuskan pemerintah bertindak melalui penyuluhan kesehatan, investigasi, dan memberikan solusi untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (Pracoyo, 2006).

2.2. Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Intake dan Bar Screen

2.2.1.1 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) :

1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (up-lift);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan 18/PRT/M/2007).

Jika ditinjau dari cara pengambilannya, bangunan intake memiliki 2 (dua) (Kawamura, 1991) yaitu :

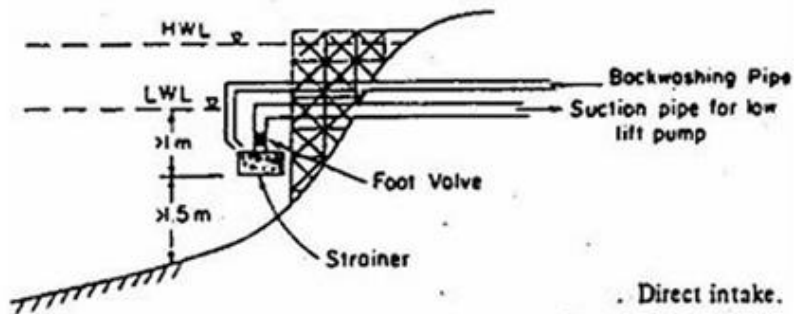
1. Intake gravitasi Intake gravitasi merupakan bangunan penangkap air dari sumber air yang menggunakan prinsip gravitasi. Pada dasarnya intake jenis ini hanya mengandalkan elevasi untuk masuknya air ke dalam intake dan tidak menggunakan sentuhan teknologi.

2. Intake pemompaan Intake pemompaan merupakan bangunan penangkap air dari sumber air menggunakan bantuan pompa. Dalam hal ini pompa akan membantu menangkap air dengan cara memompa aliran air melawan gravitasi untuk disalurkan ke penampung, kemudian dilanjutkan menuju pengolahan berikutnya.

Bangunan intake memiliki berbagai jenis dan kegunaan sesuai kebutuhan yang ada. Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe atau jenis yang bermacam-macam, antara lain :

- a. Bangunan penyadap langsung (direct intake)

Penggunaan direct intake biasanya untuk sumber air permukaan seperti sungai dan danau dengan kedalaman yang tinggi. Intake jenis ini dapat memungkinkan terjadinya erosi pada dasar dinding, hal ini terjadi karena bagian dasar permukaan tidak terdapat struktur bangunan penahan.



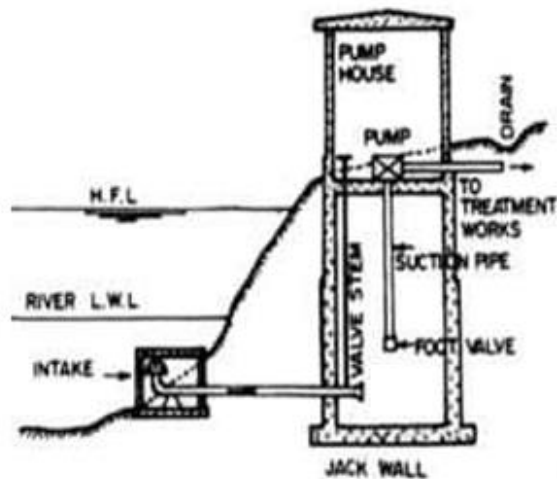
Gambar 2. 1 Intake Langsung

- b. Bangunan penyadap tidak langsung (indirect intake)

- a. River intake

Bangunan ini mengandalkan pipa penyadap dengan bentuk sumur pengumpul. Konsep bangunan ini mengumpulkan air terlebih dahulu sebelum dilanjutkan ke unit berikutnya. River intake cocok digunakan untuk sungai yang memiliki perbedaan

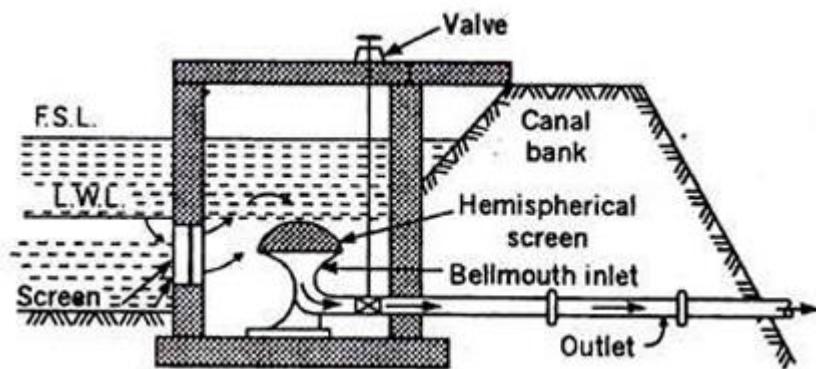
level muka air di musim penghujan dan musim kemarau cukup tinggi.



Gambar 2. 2 Intak Tidak Langsung

b. Canal intake

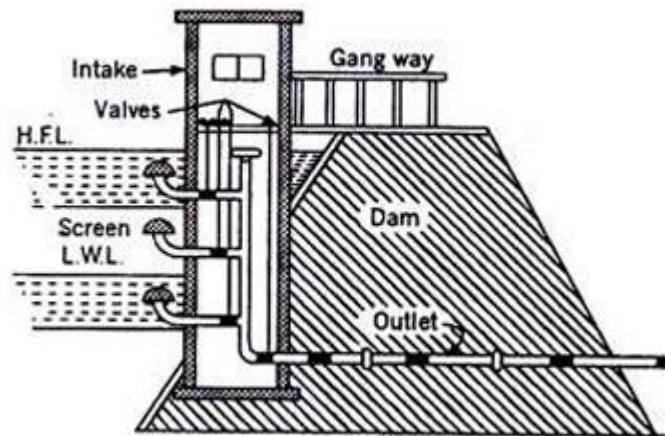
Bangunan ini biasanya ditemukan pada kanal air. Pada dasarnya intake sebagai bangunan penangkap air, bangunan ini akan menangkap aliran air dari kanal menggunakan dinding chamber atau pintu air yang mengarah ke kanal. Dibalik dinding chamber dilengkapi pipa yang akan menyalurkan ke unit berikutnya.



Gambar 2. 3 Intake Kanal

c. Reservoir intake

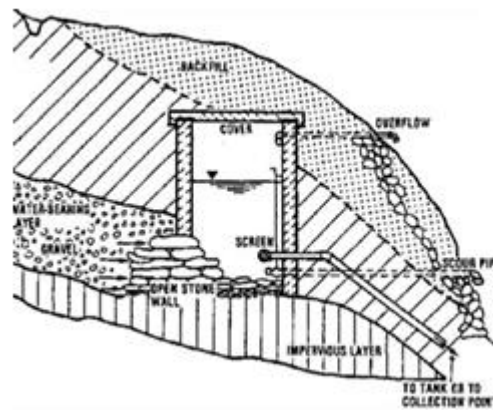
Bangunan intake ini digunakan pada sumber air yang berasal dari bendungan atau dam air. Pada bangunan ini memiliki menara intake yang berguna sebagai operator dan pengawasan intake. Pada menara ini terdapat inlet dengan ketinggian berbagai level yang berguna untuk mencegah fluktuasi muka air.



Gambar 2. 4 Reservoir Intake

d. Spring intake

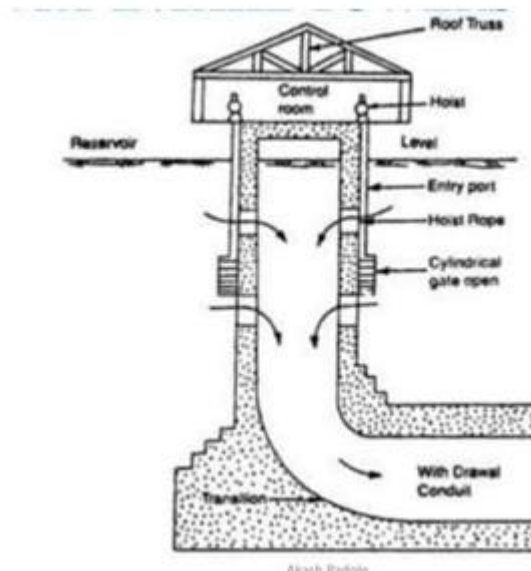
Bangunan spring intake secara mudahnya yaitu intake yang berfungsi menangkap air pada sumber air baku tanah atau mata air. Pada bangunan ini terdapat pipa dan bangunan yang tertanam pada tanah atau mata air, kemudian akan ditampung pada spring box dan selanjutnya akan disalurkan pada pengolahan berikutnya.



Gambar 2. 5 Spring Intake

e. Intake tower

Bangunan ini digunakan untuk menangkap air pada kedalaman tertentu yang secara spesifik dibangun pada dasar air. Bangunan ini dapat menggunakan pompa atau secara langsung dapat menampung air menggunakan gravitasi berdasarkan ketinggian air.



Gambar 2. 6 Tower Intake

f. Gate intake

Bangunan gate intake ini pada dasarnya seperti pintu air yang memiliki bar screen untuk menyaring air yang masuk sebelum dilirkan menuju pengolahan berikutnya.

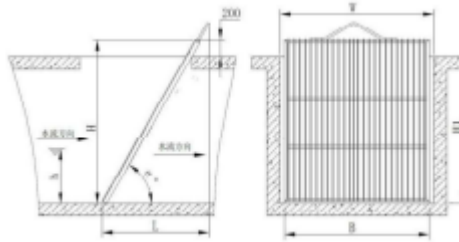
2.2.1.2 Bar Screen

Bar screen atau unit screening dalam proses pengolahan air baik air bersih maupun air limbah berfungsi sebagai penyaring atau penghilang padatan kasar yang berasal dari inlet pengolahan. Padatan kasar yang dihilangkan merupakan padatan yang terbawa dari sumber air baku pada proses pengolahan air bersih dan padatan yang berasal dari sisa hasil produksi pada proses pengolahan air limbah. Padatan ini berupa padatan kasar seperti kayu, bahan-bahan dari plastik, daun, ranting pasir, kerikil, kain dan lain-lain dengan ukuran $> 0,5 - 1,0$ cm sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007).

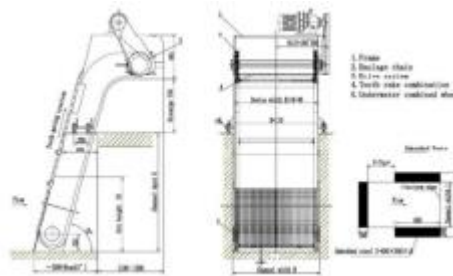
Padatan yang diperoleh dari proses screening di unit bar screen akan di akumulasikan, dikeringkan, dan disimpan sebelum akhirnya dibuang. Peran dari unit screening ini adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran yang mampu

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

Menurut Reynold & Richards (1996), terdapat 2 jenis bar screen menurut mekanisme operasinya yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik. Adapun ditinjau dari jenisnya terdapat fine screen (saringan halus) dan coarse screen (saringan kasar).



Gambar 2. 7 Manual bar screen



Gambar 2. 8 Mekanik bar screen

2.2.2 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).

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

- Tambahan oksigen untuk mengoksidasi besi dan mangan terlarut
- Pembuangan karbon dioksida
- Pembuangan hydrogen sulfida untuk menghapuskan bau dan rasa
- Pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan – bahan penyebab bau dan rasa serupa yang dikeluarkan oleh ganggang serta mikroorganisme serupa.

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

- a. Penambahan jumlah oksigen.
- b. Penurunan jumlah carbon dioxide (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 semprotor atau air mancur, yaitu air disemprotkan ke udara
- c. Penyebar suntikan, di mana udara dalam bentuk gelembung – gelembung kecil disuntikkan ke dalam zat cair
- d. Aerator mekanis yang meningkatkan pencampuran zat cair dan membuat air terbuka ke atmosfer dalam bentuk butir – butir tetesan
- e. Tray towers, aerator ini paling sering digunakan untuk mengoksidasi besi dan mangan. Aerator ini disemprotkan ke udara
- f. Jet type, pada aerator ini air disemprotkan dari bawah ke atas melalui pipa berpori
- g. Air blowing, pada aerator ini udara disemprotkan ke dalam air
- h. Contact type, pada aerator ini air dilewatkan melalui media berfilter. Filter yang digunakan biasanya berbentuk kerikil (gravel) atau arang (coke) (Joko, 2010).

2.2.3 Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, 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).

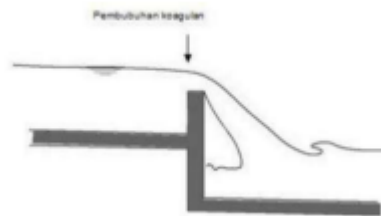
Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum (Masduqi & Assomadi, 2012).



Gambar 2. 9 Peralatan Jar Test

Adapun jenis-jenis koagulan dan pengadukan cepat unit koagulasi yaitu sebagai berikut. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

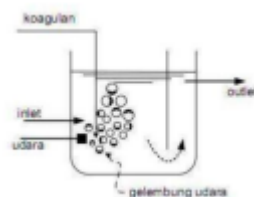
1. Pengadukan mekanis Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td .
2. Pengadukan hidrolis



Gambar 2. 10 Pengadukan Cepat dengan Terjunan

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 2.16). 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)

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Terkadang koagulanpembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar agar padatan tersuspensi lebih cepat mengendap. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, temperatur, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan, dan jika diperlukan, koagulan-pembantu. Beberapa jenis kaogulan beserta sifatnya dapat dilihat pada Tabel

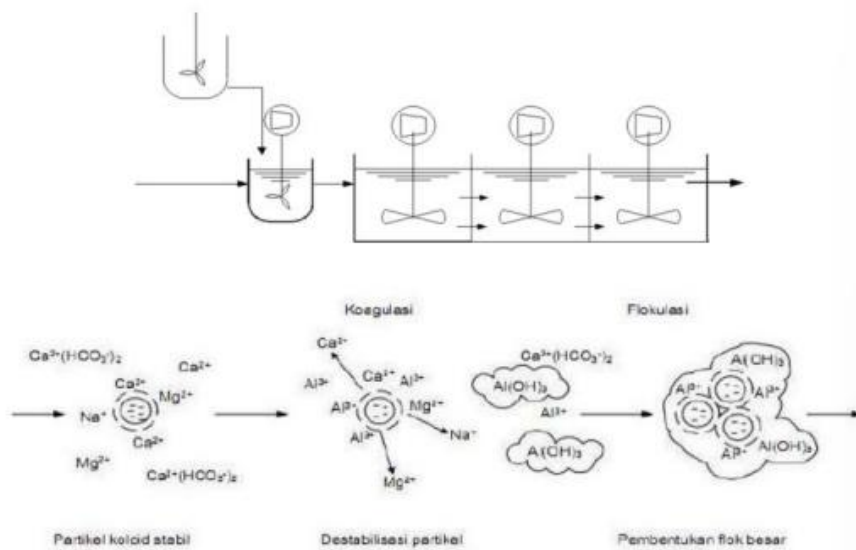
Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,0
Sodium aluminate	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferric sulfate	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4-9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah cairan	Asam	4-9
Ferro sulfa	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	>8,5

2.2.4 Flokulasi

Setelah inti flok terbentuk, proses selanjutnya adalah proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. Proses koagulasi-flokulasi dapat digambarkan secara skematik pada Gambar



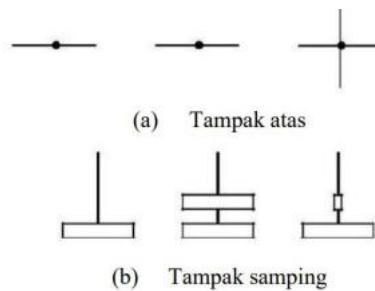
Gambar 2. 12 Proses Koagulasi-Flokulasi

(Sumber: Mssduqi & Assomadi, 2012)

Adapun jenis-jenis flokulasi yaitu sebagai berikut.

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

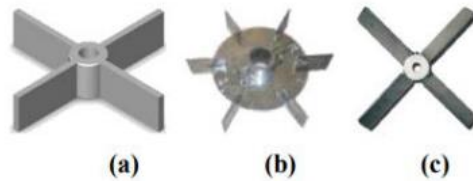
1. Pengadukan mekanis Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Bentuk ketiga impeller tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Tipe Paddle

Gambar 2. 13 Pengadukan Tipe Paddle

(Sumber: Qasim, 1985)



Gambar 2. 14 Tipe Turbine

(Sumber: Qasim, 1985)

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 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. 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. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih

kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (baffled channel, Gambar 2.21), perforated wall, gravel bed, dan sebagainya (Masduqi & Assomadi, 2012).

2.2.5 Sedimentasi

Sedimentasi adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar sehingga kecepatannya juga meningkat. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum dimana air yang masuk akan melalui zona inlet, zona pengendap, dan zona sludge. Pada zona pengendap partikel – partikel pencemar secara gravitasi akan turun ke bawah sehingga kadar TSS akan berkurang. Song et al., 2000 menyatakan unit sedimentasi juga bisa mengurangi kadar BOD. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi flokulasi (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50 – 70% dari suspended solid dan 25 – 40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak pengendap I dipengaruhi oleh aliran angin, suhu udara permukaan, dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air, suhu terstratifikasi dari iklim, dan bilangan eddy.

Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.

- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan. Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi.

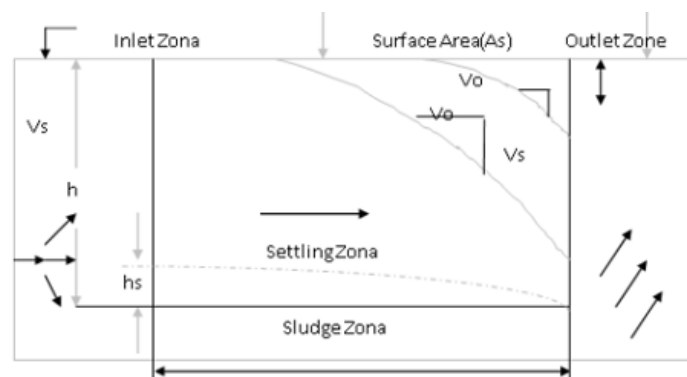
Keempat kelas itu adalah:

- Pengendapan Tipe I (Free Settling)
- Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
- Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
- Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Sludge

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



Gambar 2. 15 Grafik Pengendapan

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

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

2.2.6 Filtrasi

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi.

Filtrasi merupakan proses pemisahan zat padat dari suatu cairan yang membawanya dengan memakai medium berpori atau bahan berpori lain untuk menyisihkan zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada proses pengolahan air minum, filtrasi digunakan untuk menyaring hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga menghasilkan air dengan baku mutu yang baik (Masduqi, 2016). Proses filtrasi dapat efektif menghilangkan bakteri dan sejenisnya yang terkandung di dalam air. 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

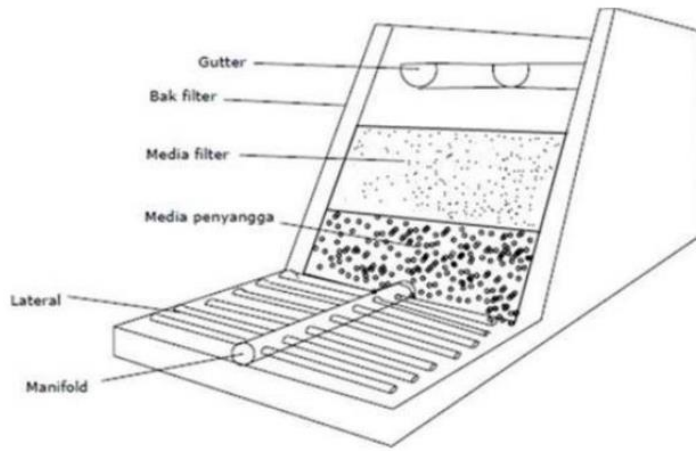
dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri.

Berdasarkan tipenya, filtrasi dibagi menjadi dua yaitu, filtrasi pasir cepat (*rapid sand filter*) dan filtrasi pasir lambat (*slow sand filter*). 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 (Masduqi, 2016).

Sedangkan filter pasir cepat merupakan filter dengan kecepatan filtrasi yang cepat, yaitu sekitar 6-11 m/jam. Keuntungan menggunakan *rapid sand filter* 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 filter* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Berdasarkan Masduqi (2016), filter memiliki beberapa bagian, bagian-bagian tersebut adalah:

- 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 sistem pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Sistem *underdrain* ini terdiri atas orifice, lateral, dan manifold



Gambar 2. 16 Bagian-Bagian Rapid Sand Filter

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

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

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Oleh sebab itu diperlukan *backwash*. *Backwash* merupakan suatu proses yang

dilakukan untuk membersihkan media filter dari kotoran hasil dari proses penyaringan air baku. Tersumbatnya media filter ini dapat ditandai oleh:

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

Tujuan pencucian filter adalah untuk melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian filter sekitar 3 hingga 15 menit.

2.2.7 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. 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 klor dan senyawanya, iodine, ozone, dan lain sebagainya.

Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara klor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa klor yang sering digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ yang ada dipasaran dikenal dengan

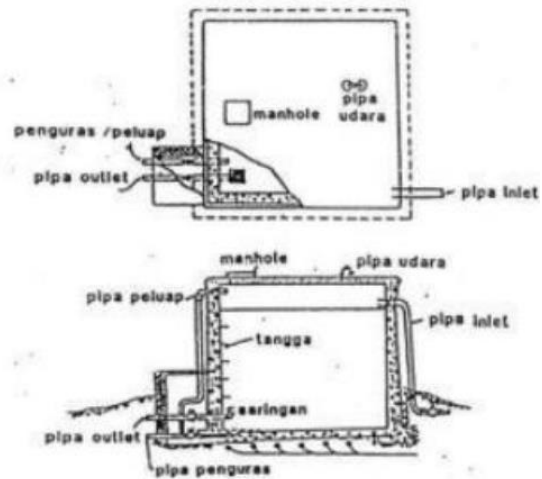
kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% klor. Untuk dapat merencanakan bak klorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis klor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. Klorin $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan

2.2.8 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu sistem 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 2 yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah Reservoir yang sebagian besar atau seluruh Reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah.



Gambar 2. 17 Reservoar Permukaan

2. Reservoar Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoar menara adalah Reservoar yang seluruh bagian penampungan dari Reservoar tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



Gambar 2. 18 Reservoar Menara

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

- 1) Reservoar Tanki Baja

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



Gambar 2. 19 Reservoar Tangki Baja

2) Reservoar Beton Cor

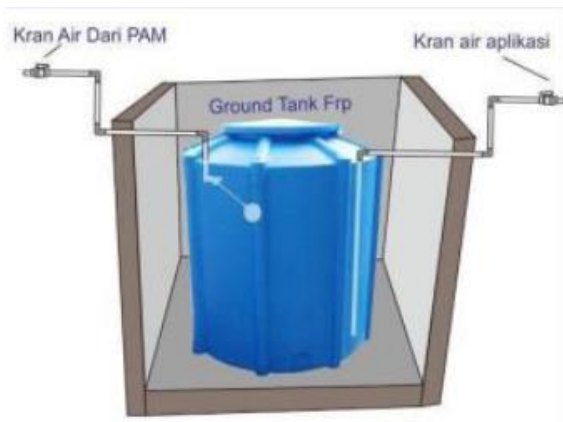
Tanki dan Reservoar beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan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



Gambar 2. 20 Reservoar Beton Cor

3) Reservoar *Fiberglass*

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



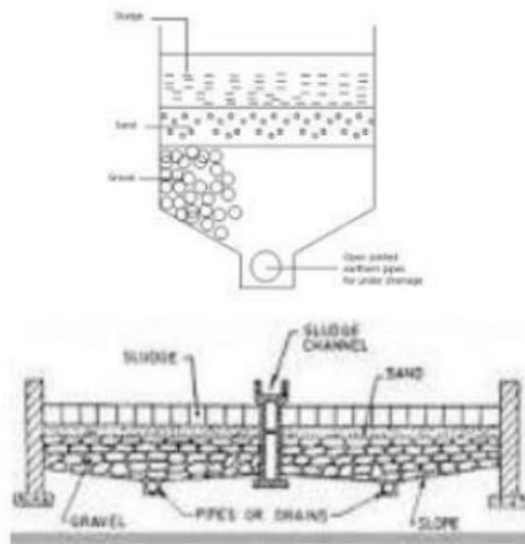
Gambar 2. 21 Reservoar Fiberglass

2.2.9 *Sludge Drying Bed*

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur/*sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga

sedang. Dalam prosesnya, lumpur/*sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan didasar dengan open join). (Metcalf & Eddy, 2003)

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur/*sludge* ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed*. (Metcalf & Eddy, 2003)



Gambar 2. 22 Sludge Drying Bed

Pipa inlet pada bangunan sludge drying bed harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran sludge dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi sludge drying bed guna mengurangi kecepatan alir saat sludge memasuki bangunan pengering. (Metcalf & Eddy, 2003)

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

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reactor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor sludge drying bed dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003)

Daya tampung *sludge drying bed* dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun ($\text{kg/m}^2\cdot\text{tahun}$). Data tipikal untuk variasi *sludge* / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini.