BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air bersih yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air yang biasa dipakai sebagai air baku yang nantinya akan digunakan untuk keperluan adalah air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Di antara sumber-sumber tersebut yang paling banyak digunakan adalah air tanah dan air permukaan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya. Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan. Karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya (Joleha & Suprayogi, 2019).

Dalam penyediaan air baku, tentu terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi dalam air baku tersebut:

1. Persyaratan Kualitas Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007):
    a. Dalam persyaratan fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih ±25ºC.
    b. Dalam persyaratan kimia, air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium (C), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.
    c. Dalam persyaratan biologis, air bersih tidak boleh mengandung kuman pathogen dan parasitik yang menganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri E. coli dalam air.

d. Dalam persyaratan radioaktif, bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitas (Debit) Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Salilama, 2018).
3. Persyaratan Kontinuitas Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam perhari, yaitu pada jam-jam aktivitas kehidupan sekitar pukul 06.00–18.00. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan reservoar pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi(Salilama, 2018).

2.2 Karakteristik Air Baku

Air baku merupakan air bersih yang digunakan untuk kebutuhan air bersih, domestik serta industri. Untuk memenuhi air baku yang setiap harinya semakin meningkat, maka air baku dapat diperoleh dari air sungai, air tanah maupun air sumur. Air yang digunakan sebagai air baku harus memenuhi persyaratan sesuai dengan kegunaannya. Air baku dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air bersih (Prayitno, 2009).

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. Sungai 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. Sungai 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. Sungai 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. Sungai kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Agar baku mutu air bersih dapat terpenuhi, maka diperlukan berbagai usaha untuk menjaga kualitas air, yaitu:

1. Kontrol pada sumber air dapat dilakukan dengan pemilihan sumber air, kontrol 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

Air baku yang digunakan dalam pengolahan air bersih umumnya menggunakan air permukaan atau air sungai. Adapun karakteristik yang terkandung dalam air baku yang digunakan adalah sebagai berikut :

2.2.1 Derajat Keasaman (pH)

pH (*Power of Hydrogen*) menunjukkan adanya konsentarsi ion hidrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air dengan pH ekstrim atau sangat asam atau basa akan sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah sesuai dengan baku mutu sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2004). Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH =7. Nilai pH >7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH <7 menunjukkan keasaman. Nama pH berasal dari potential of hydrogen Secara matematis, pH didefinisikan dengan $H = -\log 10[H^+]$.

pH netral yang diizinkan dalam baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 yaitu 6 – 9. Pada effluent pengolahan air limbah domestik rumah sakit, pH sebesar 7,53 artinya netral sehingga tidak dibutuhkan pengolahan.

2.2.2 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendokomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Dengan kata lain, BOD menunjukkan karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme, terutama bakteri, untuk menguraikan atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Tchobanoglous et al., 2014). BOD merupakan ukuran penting

dalam menilai kualitas air, karena mencerminkan jumlah bahan organik yang dapat terurai dalam air. Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD merupakan bahan organik yang siap untuk terdekomposisi. Prinsip dari pengukuran BOD yaitu adanya oksidasi zat organik oleh oksigen yang terdapat dalam air menggunakan bantuan bakteri. Bahan organik umumnya dapat berasal dari hewan dan tanaman yang telah mati, selain itu adanya limbah juga dapat mempengaruhi nilai BOD (Ashar, 2020). Oksigen dalam air secara kimiawi digunakan untuk mengoksidasi bahan organik.

BOD_5 adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram per liter (mg/L) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 28˚C. Akan tetapi di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD_5. Dalam proses penguraian parameter BOD, terdapat tiga atau lebih proses yang berlangsung hingga dekomposisi BOD selesai. Proses pertama yaitu sebagian air limbah dioksidasi menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel dan pembentukan jaringan sel baru. Secara bersamaan beberapa bahan organik dari air limbah diubah menjadi jaringan sel baru menggunakan energi yang dilepaskan selama oksidasi. Ketika bahan organik habis, sel-sel baru akan mengonsumsi jaringan sel mereka sendiri untuk mendapatkan energi untuk metabolisme sel (Takashi & Professor, 2007).

Kandungan BOD pada effluent pengolahan air limbah domestik rumah sakit adalah sebesar 1,116 mg/L yang dimana menurut standar baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 kandungan BOD yang diizinkan untuk didistribusikan adalah 3 mg/L.

2.2.3 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik yang ada pada air yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD meskipun nilai keduanya bisa sama tetapi sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan

organik pada air. Zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Tchobanoglous et al., 2014).

Prinsip dari pengujian COD yaitu dengan mengoksidasi bahan organik dalam air menggunakan kalium bikromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi karbon dioksida, air, dan sejumlah ion krom (Effendi, 2003). Penetapan COD didasarkan atas kenyataan bahwa hampir semua senyawa organik dapat dioksidasi dengan bantuan oksidator kuat dalam kondisi asam. Amino nitrogen akan diubah menjadi ammonia nitrogen (NH_4^+) dan pada oksidasi selanjutnya akan diubah menjadi nitrat (NO_3).

Kandungan COD pada effluent pengolahan air limbah domestik rumah sakit adalah sebesar 29,4505 mg/L yang dimana menurut standar baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 kandungan COD yang diizinkan untuk didistribusikan adalah 25 mg/L.

2.2.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi total atau *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan residu dari padatan total (Total Solid/TS) yang tertahan saringan dengan ukuran maksimal partikel sebesar 2 μm dan lebih besar dari ukuran koloid. TSS menyebabkan air menjadi keruh karena padatan jenis ini tidak terlarut dalam air serta tidak dapat mengendap secara langsung. Secara umum TSS disebabkan oleh partikel yang memiliki berat maupun ukuran lebih kecil dari sedimen seperti tanah liat, bahan organik tertentu, sel mikroorganisme, dan sebagainya. Partikel yang dapat digolongkan kedalam TSS antara lain tanah liat, lumpur, sulfida, ganggang, logam oksida, bakteri dan jamur. Umumnya TSS dapat diremoval dengan menggunakan unit filtrasi serta flokulasi.

Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk kedalaman air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan

kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, serta pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dari bereaksi dengan air yang asri, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara. Proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta yang dapat pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung (Rinawati et al., 2018).

2.2.5 TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Dissolved Solid atau TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid didalam air (WHO, 2003). *Total Dissolved Solid* (TDS) atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. TDS merupakan salah satu indikator dari jumlah partikel atau zat berupa senyawa organik maup un non organik yang ada di dalam air. Pengertian terlarut adalah larutnya partikel padat di dalam air mempunyai ukuran sekitar di bawah 1 nanometer. Satuan yang dipakai umumnya ppm atau sama dengan miligram per liter. Terdapat beberapa zat yang dapat terlarut di dalam air seperti kalsium, magnesium, karbonat, klorida dan sulfat.

2.2.6 *Fecal Coliform*

Fecal Coliform merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang pendek yang memiliki panjang sekitar 2 μm, diameter 0,7 μm, lebar 0,4-0,7μm dan bersifat anaerob fakultatif membentuk koloni yang bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata. Pencemaran fecal coliform dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk limbah domestik, proses sanitasi yang tidak memadai, dan aktivitas manusia di sekitar sungai. Tingginya kadar fecal coliform dalam air sungai dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit diare dan infeksi saluran pencernaan (Wulandari, Tesya, 2024).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

Secara umum, Bangunan pengolahan air baku mempunyai kelompok tingkat pengolahan, yaitu:

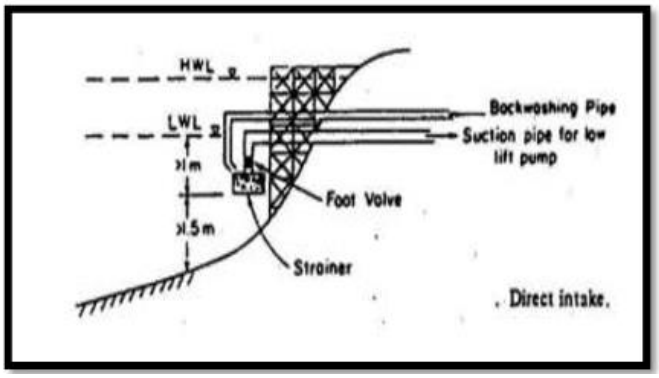
1. Pengolahan pendahuluan (*Pre-treatment*)
2. Pengolahan pertama (*Primary-treatment*)

3. Pengolahan kedua (*Secondary-treatment*)
4. Pengolahan lumpur (*Sludge-treatment*)

2.3.1 Bak Penyadap (*Intake*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, atau sumber lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Menurut (Kawamura, 2000), bangunan intake memiliki tipe 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.

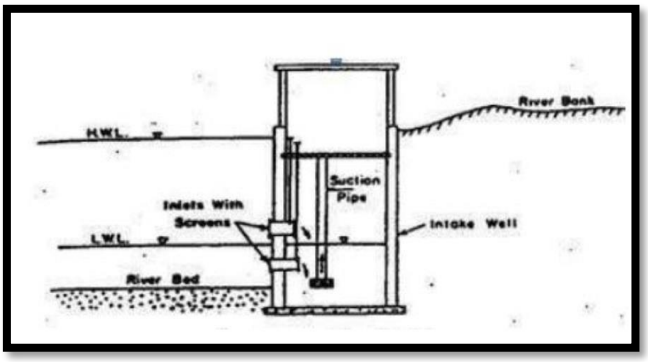


Gambar 2.1 *Direct Intake*

(Sumber : (Kawamura, 2000))

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.

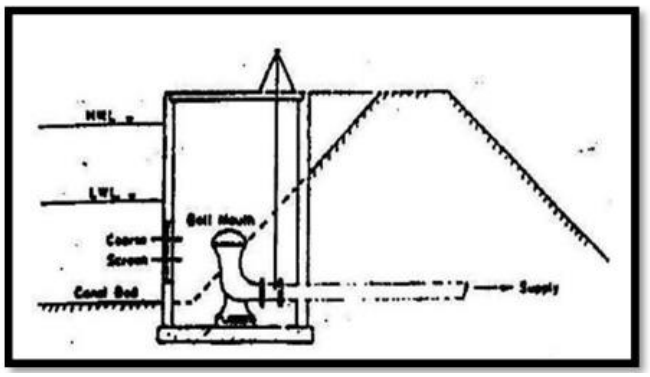


Gambar 2.2 *River intake*

(Sumber:(Kawamura, 2000))

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.

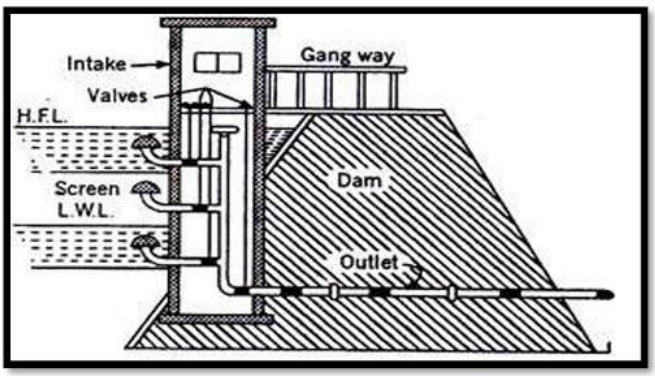


Gambar 2.3 *Canal intake*

(Sumber: (Kawamura, 2000))

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 2.4 *Reservoar intake*

Sumber: "*Environmental Engineering*"

2.3.2 Bar Screen

Screening (*bar screen*) atau saringan digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potonganpotongan 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, 2003).

Screening diklasifikasikan terdapat batang paralel, batang atau kawat, kisi-kisi, kasa kawat, atau pelat berlubang, dan bukaan dapat berbentuk apapun tetapi umumnya adalah slot melingkar atau persegi panjang. Screen yang terdiri dari batang atau batang paralel sering disebut "*bar rack*" atau coarse screen dan digunakan untuk menghilangkan padatan kasar (Metcalf, 2003).

1. *Coarse Screen* (Penyaring Kasar) Penyaring kasar atau coarse screen digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Screening dengan pembersihan secara mekanik, bahan nya terbuat dari stainless steel atau dari plastik.
2. *Fine Screen* (Penyaring Halus) Fine screen atau penyaring halus berfungsi untuk menyaring partikelpartikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini

dapat di 12 gunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*). Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk 23 pengolahan pendahuluan (*Premilinary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat *(static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/primary clarifier) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m3/dt. *Screen tipe* ini dapat meremoval BOD dan TSS.

3. *Micro Screen Microscreens* berfungsi untuk menyaring padatan halus, yang berukuran kurang dari 0,5 μm. Prinsip dari microscreens ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari 0,3 m/detik, sehingga bahan padatan bahan padatan yang tertahan di depan tidak terjepit. Jarak antar batang adalah 20- 40 mm dan bentuk penampang batang tersebut persegi empat, dengan panjang berukuran 10 mm x 50 mm

2.3.3 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). Selain itu, menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik (Dhamayanthie, 2019). Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah menurut (Novra, 2020).

1. Penambahan jumlah oksigen.

Penambahan udara/oksigen dalam air bertujuan untuk mendukung proses mikrobiologis dalam mengurangi kandungan bahan organik dan logam berat dalam air

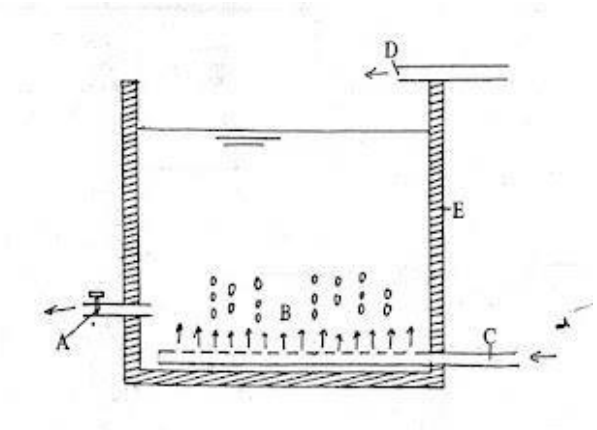
2. Mengurangi CO_2

   Proses aerasi juga berfungsi untuk menurunkan kadar karbon dioksida (CO_2) dalam air. Pengurangan CO_2 penting untuk mencegah efek negatif terhadap rasa dan bau air, serta untuk menjaga keseimbangan pH

3. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H_2S), *methan* (CH_4) dan berbagai senyawa-senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Aerasi hanya mampu mengurai bahan organik dengan penambahan oksigen untuk menguraikan bahan organik. Oleh karena itu pada tugas perancangan ini persen removal di unit aerasi tidak menggunakan persen removal yang tinggi dikarenakan unit aerasi tidak signifikan dalam menguraikan bahan organik yang ada pada air baku. Proses penguraian hanya mengandalkan oksigen pada aeraor untuk mengoksidasi bahan organik yang secara langsung dapat menurunkan kadar pencemar seperti BOD dan COD.

Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi (Fe) dan manganic oxide hydrate yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (*waterfall aerators*/aerator air terjun) atau dengan mencampur air dengan gelembung-gelembung udara (*bubble aerator*). Dengan kedua cara tersebut jumlah oxygen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (*waterfall aerator*) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.



Gambar 2.5 Bubble Surface Aerator

(Sumber: Asmadi et al,2011)

Keterangan :

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

Penurunan *carbon dioxide* (CO2) oleh *waterfall* aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat *corrosive*. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan. Aerator Gelembung Udara (*Bubble Aerator*) jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m^3 udara/m^3 air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan di aerasi

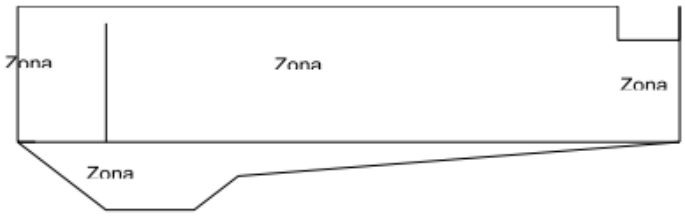
2.3.4 Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate, vhorizontal (vh), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Qasim, S. R., 2000).

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu (Qasim, S. R., 2000):

1. Zona Inlet Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminer).
2. Zona Pengendapan Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.
3. Zona Lumpur Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.
4. Zona Outlet Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluent serta mengatur debit efluent



Gambar 2.6 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut (Metcalf, 2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya.

2.3.5 Koagulasi Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Shammas, Nazih K., 2010).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Praditasari, 2019). Pada tabel 2.9 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

Tabel 2.1 Koagulan yang umum digunakan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3$ .x H_2O x = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium alumiat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Polyaluminium Chloride PAC	$Aln(OH)_M$ Cl_3 n-m	cairan bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferri sulfat	$Fe_2(SO_4)_3.9HO$	kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri Klorida	$FeCl_3.6H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4 - 9
ferro Sulfat	$FeSO_4.7H_2O$	kristal halus	Asam	>8,5

Sumber: (Sugiarto, 2006).

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

1. Pengaruh pH

   Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini

penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

   Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih suka mengendap

3. Dosis Koagulan

   Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akanmeningkat.

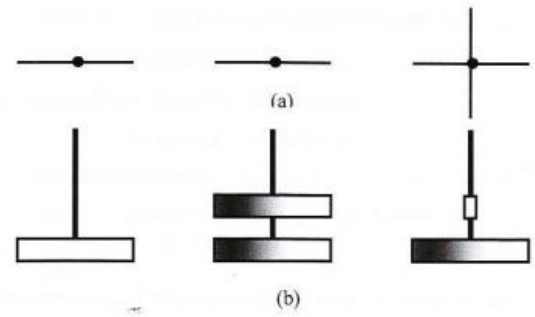
4. Pengadukan (*mixing*)

   Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

5. Pengaruh Garam

   Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

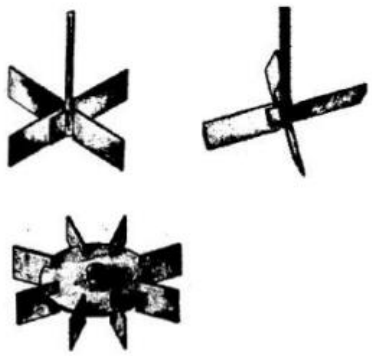
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling- baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.7, gambar 2.8, dan gambar 2.9. Kriteria impeller dapat dilihat pada tabel 2.2. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. Tabel 2.3 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td. Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT yang dapat dilihat pada tabel 2.4



Gambar 2. 7 Tipe Paddle

(a) Tampak atas, (b) Tampak samping

Sumber : (Assomadi, 2012).



Gambar 2. 8 Tipe Turbine

(a) Turbine blad 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)

Tabel 2.2 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Ket
Paddle	20-150 rpm	diameter: 50-80% lebar bak lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	diameter: 30-50% lebar bak	
Propeller	400-1750 rpm	diameter: maks. 45 c	Jumlah pitch 1-2 buah

Sumber: (*Reynolds, 1996)*.

Tabel 2.3 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepetan

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

sumber: *Reynolds & Richards (1996:184)*

Tabel 2. 4 Konstanta KL dam KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, putch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, putch 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
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single padlles), Di/Wi=4	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8	33,0	1,15

Jenis Impeller	KL	KT
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi=8	71,0	3,83

Sumber: *Reynolds & Richards (1996:188*)

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

1. Thermal motion, yang dikenal dengan *Brownian Motion* atau difusi atau disebut sebagai *Flocculation perikinetic*
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Hamzani, 2020).

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

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik-1) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air Sungai
   - Waktu detensi = minimum 20 menit
   - G = 10-50 detik-^{1}
2. Air Waduk
   - Waktu detensi = 30 menit
   - G = 10 -75 detik-^{1}
3. Air keruh
   - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan

- G tidak lebih dari 50 detik-¹

5. Flokulasi terdiri dari 3 kompartemen 1
   - G kompartemen 1 = nilai terbesar
   - G kompartemen 2 = 40% dari G kompartemen 1
   - G kompartemen 3 = nilai kecil
6. Penurunan kesadahan
   - Waktu detensi = 30 menit
   - G = 10 – 50 detik-¹
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat dan lain-lain)
   - Waktu detensi = 15 – 30 menit
   - G = 20 -75 detik-¹
   - GTd = 10.000 – 100.000 (Masduqi & Assomadi, 2021)

Rumus-rumus yang basanya dipergunakan dalam perhitungan unit Koagulasi-Flokulasi yaitu:

1. Kebutuhan Koagulan

   Koagulan = Dosis x Q

   Dimana :

   - Koagulan = Kebutuhan Koag ulan (kg/hari)
   - Dosis = Dosis Koagulan (mg/L)
   - Q = Debit Limbah (m^3/s)

2. Kadar Kebutuhan Koagulan

   Kadar Koagulan = C Koagulan x Koagulan

   Dimana :

   Kadar Kebutuhan Koagulan = Kadar Koagulan yang Dibutuhkan (kg/hari)

   C Koagulan = Kadar Koagulan (%)

   Koagulan = Kebutuhan Koagulan (kg/hari)m^3/s)

3. Volume Koagulan

   V Koagulan = $\frac{Kadar\ Kebutuhan\ Koagulan}{p\ Koagulan}$

   Dimana :

V koagulan = Volume koagulan yang dibutuhkan (L/hari)

Kadar Kebutuhan koagulan = Kadar Koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)
Koagulan = Densitas Koagulan (kg/L)

2.3.6 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**:**

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
3. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, Nacl, dan chlorine.
4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

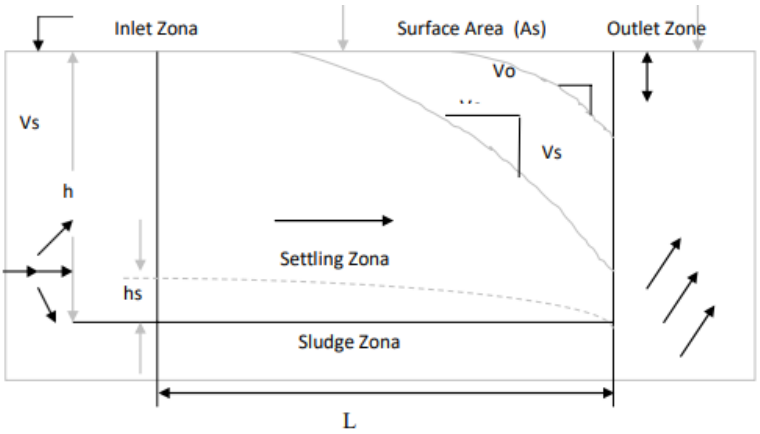
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

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 :

1. Zona *Inlet*
2. Zona *Outlet*
3. Zona *Settling*
4. Zona *sludge*

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



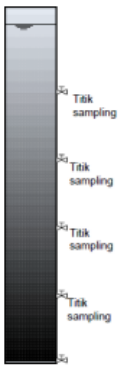
Gambar 2.10 Zona pada Bak Sedimentasi

Sumber : (Al-Layla, 1978).

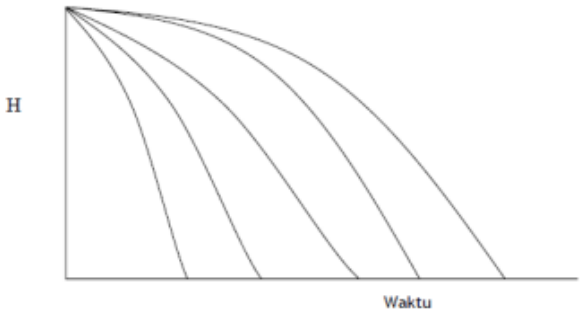
Dimana ada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

1. Zona *Inlet* = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling (+ 25% panjag bak).
2. Zona *Settling* = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
3. 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.
4. Zona *Outlet* = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan *Stoke's* karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.

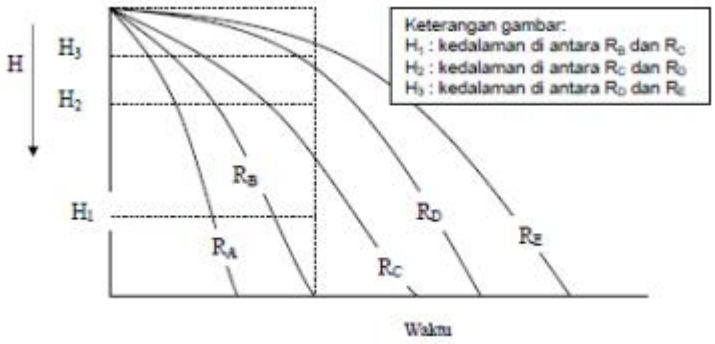


Gambar 2.11 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2.12 Grafik Isoremoval

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H1, H2, H3.



Gambar 2. 13 Penentuan Kedalaman H dan seterusnya

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H}(R_C - R_B) + \frac{H_2}{H}(R_D - R_C) + \frac{H_3}{H}(R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan *surface loading* atau *overflow rate* bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah :

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu (mengulang langkah di atas minimal dua kali)
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan *Overflow rate* (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (td) dan *overflow rate* (Vo) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendisian bak pengendap (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuain, yaitu dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk overflow rate, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (*Reynold dan Richards,1996*).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

1. *Horizontal – flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempumyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk *rectangular* (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona *settling* melalui *baffle*/sekat agar alirannya menjadi laminer. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant

(airnya) keluar melalui zona *outlet*. Beberapa keuntungan *horizontal-flow* dibandingkan dengan *up flow* adalah*:*

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolik air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah

Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

2. *Upflow Sedimentation*

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

Rumus-rumus yang digunakan dalam unit sedimentasi adalah :

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh over flow rate, detention time dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari faktor- faktor tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Detention time* (t)

Membuat bak rectangular, aliran air memiliki kecepatan horisontal (Vo), sedangkan pengendapan partikel memiliki kecepatan pengendapan (Vs). Waktu detensi air secara teoritis adalah :

$$t = \frac{I}{Vo}$$

Dimana : I = panjang bak

Waktu detensi secara teoritis untuk pengendapan flok adalah :

$$ts = \frac{h}{vs}$$

Dimana ; h = kedalaman bak

Sedangkan untuk removal partikel t = ts, maka waktu detensi dapat ditentukan oleh faktor lebar kedalaman bak.

2. *Over Flow Rate*

$$So = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

So = *Over flow rate* (m/jam)

Q = Debit (m^3/jam)

As = *Surface area* (m^2)

Over flow rate ditentukan oleh *surface area* dimana semakin besar s*urface area*, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin. Apabila $Vo = Vs = h\ ts$, maka semakin besar h akan menurunkan efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisensi sedimentasi.

Batch settling test digunakan untuk mengevaluasi karakteristik pengendapan suspensi flokulen. Diameter coloumn untuk tes 5 – 8 inch (12,7 – 20,3 cm) dengan tinggi paling tidak sama dengan kedalaman bak pengendap. Sampel dikeluarkan melalui pori pada interval waktu periodik. Prosentase penghilangan dihitung untuk masing – masing sampel yang diketahui konsentrasi suspended solidnya dan konsentrasi sampel. Prosentase penghilangan diplotkan pada grafik sebagai nilai penghilangan pada grafik waktu vs kedalaman. Lalu dibuat interpolasi antara titik-titik yang diplot dan kurva penghilangan, Ra, Rb, dst.

Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kedalaman air = 3 -4.5 m

2. Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
3. Waku detensi = 1,5 – 4 jam
4. Surface loading = 1,25 – 2,5 m/jam
5. Panjang/lebar = minimum ¼
6. Kedalaman air/panjang = minimum 1/15
7. Weir loading rate = 9 – 13 m^3/m.jam

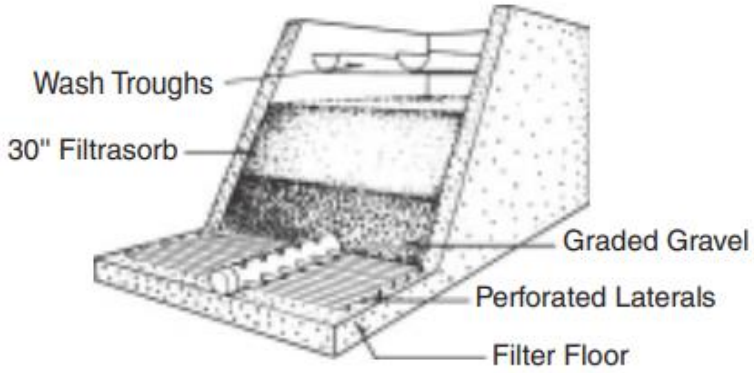
Bak sedimentasi dapat berupa circular, rectangular atau square dengan kedalaman 2-5 m. Dimana rectangular mempunyai panjang sampai 50 m dan lebar 10 m sedangkan square tank mempunyai panjang ± 2,5 m. Slope ruang lumpur berkisar antara 2% - 6%, bilangan Reynolds < 2000 agar aliran laminer.

2.3.7 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. 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:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
4. Proses adsorpsi atau proses eletrokinetik.
5. Proses koagulasi di dalam filter.
6. Proses bilogis di dalam filter.
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel- partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.14 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.14 Bagian-Bagian Filter

Sumber : (*Edzwald, 2010*).

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomateous earth filters, upflow filter*s dan lain sebagaianya Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil *effluent* yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m3 /m2 .hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m3 /m2 .hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan slowsand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari headloss filter saat itu.

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umunya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dnegan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya. *Uniformity Coeffficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandinagn antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan rapid sand filter adalah:

a. Singel media pasir :

- UC = 1,3 – 1,7
- ES = 0,45 – 0,7 mm

b. Untuk dual media:

- UC = 1,4 – 1,9
- ES = 0,5 – 0,7 mm

1. Filter Pasir Cepat

   Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter iniselalu 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, A., & Assomadi, n.d.). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.8.1.

Tabel 2.5 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 - 11
2	**Pencucian :** Sistem pencucian kecepatan kecepatan (m/jam lama pencuian (menit) periode antara dua pencucian (jam) Ekspansi (%)	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 - 50 10 – 15 18 -24 30 -50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 - 50 10 – 15 18 – 24 30 - 50
3	**Dasar Filter** **Lapisan penyangga dari atas ke bawah** Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) Uukuran Butir Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Filter Nozen Lebar slot nozel (mm) Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	 80 -100 2 - 5 80 – 100 5 -10 80 -100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 >4%	 80 -100 2 – 5 80 – 100 5 -10 80 -100 10 – 15 80 – 150 15 - 30 < 0,5 >4 %

Sumber : SNI 6774 - 2008

2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau *slow sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdeecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdeecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdeecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.8.2

Tabel 2.6 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai / Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasi	Effective size 0,25-0,3 mm, uniformity coefficient 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi Biaya operasi Biaya depresiasi	Relatif rendah Relatif rendah Relatif rendah

3. Flter Bertekanan

Filter bertekanan (*pressure filter*) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada dilter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karen itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.8.3

Tabel 2.7 Kriteria Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 - 33
2	Pencucian :	
	Sistem kecepatan	Tanpa blower & *surface wash*
	kecepatan (m/jam	72 – 198
	lama pencucian (menit)	-
	periode antara dua pencucian (jam)	-
	Ekspansi (%)	30 - 50
3	Media pasir	
	Tebal (mm)	300 – 700
	Single media	600 -700
	Media ganda	300 – 600
	ukuran efektif, ES (mm)	-
	Koefesien keseragaman, US	1,2 – 1,4
	berat Jenis (kg/L0	2,5 – 2,65
	Porositas	0,4
	kadar SiO2	>95
4	Media antransit	
	tebal (mm)	400 – 500
	Es (mm)	1,2 – 1,8
	UC	15
	Berat Jneis (kg/L0	1,35

No	Unit	Nilai / Keterangan
	Porositas	0,5
5	Dasar filter Nozel	
	labar slot nozel (mm)	<0,5
	presentase luas zlot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

Sumber : (SNI, 2008).

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

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

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

   - Menggunakan menara air
   - Interfilter (Sahubawa, 2011).

2.3.8 Disenfeksi

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

1. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme.
2. Disinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut. Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi

secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desindeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat.

Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah:

- Menghilangkan bau.
- Mematikan alga.
- Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.
- Mengoksidasi ammonia menjadi senyama amin.
- Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya.

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode 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 (Benny, 2008). Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl2) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003)

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbedabeda beserta penjelasannya:

1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunannya 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

   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 garmicial adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

   Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam 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: $Cl_2 + H_2O$ HOCl + Cl- + H+ HOCL OCl- + H+

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 (Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi

2.3.9 Reservoir

Reservoir pada Instalasi Pengolahan Air Minum mempunyai fungsi untuk menampung air hasil olahan IPAM sebelum didistribusikan ke konsumen. Bangunan ini selain digunakan untuk keperluan konsumen juga digunakan untuk

keperluan instalasi. Maksud dari keperluan instalasi disini misalnya untuk proses backwash, pembersihan instalasi, pelarutan bahan kimia dll. Reservoar bisa berupa ground reservoar dan elevated reservoar. Jenis-jenis reservoir berdasarkan perletakannya antara lain:

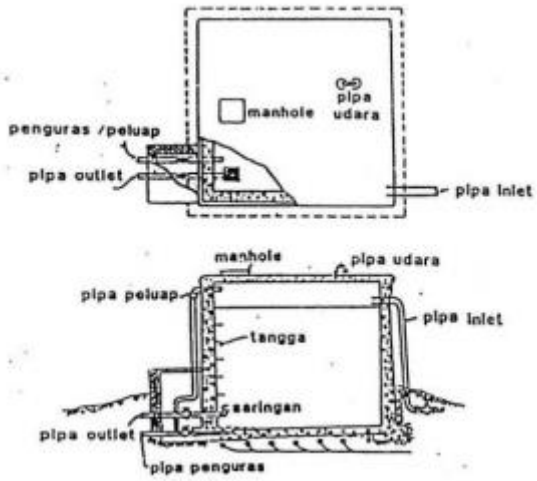
1. *Elevated Reservoar* (menara reservoar)

   Menara reservoar 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. Dengan menggunakan elevated reservoir maka air dapat didistribusikan secara gravitasi. Tinggi menara tergantung kepada head yang dibutuhkan.

Gambar 2.15 Reservoir Menara

2. *Ground Reservoar*

   Ground reservoar berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam *ground reservoar*, air tersebut harus diinjeksi dengan chlor yang sudah dilarutkan. *Ground reservoir* dilengkapi dengan *baffle* untuk mencampur dan mengaduk chlor dalam air. Ground reservoir dibangun di bawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. Reservoir ini digunakan bila head yang dimiliki mencukupi untuk distribusi air minum. Jika kapasitas air yang didistribusikan tinggi, maka diperlukan ground reservoir lebih dari satu.



Gambar 2.16 Reservoir Permukaan

3. *Stand Pipe*

   Reservoir jenis ini hampir sama dengan elevated reservoir, dipakai sebagai alternatif terakhir bila ground reservoir tidak dapat diterapkan karena daerah pelayanan datar. Untuk dapat merencanakan menara instalansi perlu diperhitungkan terlebih dahulu kebutuhan air untuk instalansi, dengan mengetahui jumlah kebutuhan dan jam-jam pemakaian air untuk instalansi, maka dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya. Adapun kebutuhan air untuk instalansi meliputi antara lain:

   a. Kebutuhan air untuk kantor

   b. Kebutuhan air untuk pelarutan koagulan dan desinfektan

   c. Kebutuhan air untuk filtrasi

   d. Kebutuhan air unruk sedimentasi

Hal- hal yang harus diperhatikan dalam merancang reervoir adalah :

1. Volume *reservoir*

   Volume ditentukan berdasarkan tingkat pelayanan dengan memperhatikan fluktuasi pemakaian dalam satu hari di satu kota yang akan dilayani.

2. Tinggi elevasi energy

   Elevasi energi reservoir harus bisa melayani seluruh jaringan distribusi. Elevasi energi akan menentukan sistem pengaliran dari reservoir menuju

jaringan distribusi. Bila elevasi energi pada reservoir lebih tinggi dari sistem distribusi maka pengaliran dapat dilakukan secara gravitasi. Untuk kondisi sebaliknya, bila elevasi energi reservoir lebih rendah dari jaringan distribusi maka pengaliran dapat dilakukan dengan menggunakan pompa.

3. Letak reservoir

   Reservoir diusahakan terletak di dekat dengan daerah distribusi. Bila topografi daerah distribusi rata maka reservoir dapat diletakkan di tengahtengah daerah distribusi. Bila topografi naik turun maka reservoir diusahakan diletakkan pada daerah tinggi sehingga dapat mengurangi pemakaian pompa dan menghemat biaya.

4. Pemakaian pompa

   Jumlah pompa dan waktu pemakain pompa harus bisa mencukupi kebutuhan pengaliran air

5. Konstruksi *reservoir*

6. Ambang Bebas dan Dasar Bak

   Ambang bebas minimum 30 cm di atas muka air tertinggi

   - Dasar bak minimum 15 cm dari muka air terendah
   - Kemiringan dasar bak adalah ke arah pipa penguras

7. Inlet dan Outlet

   Posisi dan jumlah pipa inlet ditentukan berdasarkan pertimbangan bentuk dan struktur tanki sehingga tidak ada daerah aliran yang mati

   - Pipa outlet dilengkapi dengan saringan dan diletakkan minimum 10 cm di atas lantai atau pada muka air terendah
   - Perlu memperhatikan penempatan pipa yang melalui dinding reservoir, harus dapat dipastikan dinding kedap air dan diberi flexible-joint
   - Pipa inlet dan outlet dilengkapi dengan gate valve
   - Pipa peluap dan penguras memiliki diameter yang mampu mengalirkan debit air maksimum secara gravitasi dan saluran outlet harus terjaga dari kontaminasi luar.

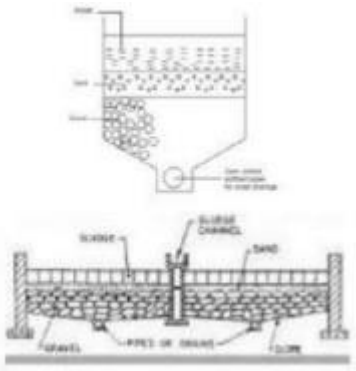
8. Ventilasi dan Manhole

- Reservoir dilengkapi dengan ventilasi, manhole dan alat ukur tinggi muka air
- Tinggi ventilasi + 50 cm dari atap bagian dalam
- Ukuran manhole harus cukup untuk dimasuki petugas dan kedap air

2.3.10 *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. 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. Sludge drying bed pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open joint) (*Metcalf & Eddy et al, 2007*).

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 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 et al*, 2007).



Gambar 2.17 *Sludge Drying Bed*

Sumber : (*Metcalf and Eddy, 2007)*

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. Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah sludge mengering. Lumpur yang mengering memiliki ciri yaitu permukaan terlihat retak, mudah hancur dan berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila lumpur telah dikeruk menggunakan scrapper atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan (*Metcalf & Eddy et al., 2007*).

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor 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 dan Eddy, Inc, 2007).*

Daya tampung *sludge drying bed* dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun

(kg/m2 .tahun). Data tipikal untuk variasi lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini :

Tabel 2.8 Kebutuhan Luas Lahan Tipikal untuk Reaktros SDB

Tipe Biosolid	Luas Lahan		Sludge Loading Rate	
	Ft^2/person	km^2/person	Ib lumpur kering/ft^2.tahun	Kg lumpur kering/m^2.tahun
Primary Digester	1 – 1,5	0,1	25,30	120 - 150
Humus Tricking Filter	1,25 – 1,75	0,12 – 0,16	18 -25	90 – 120
Lumpur Activated Sludge	1,75 – 2,5	0,16 - -,23	12 – 20	60 -100
Lumpur Prespitasi kimia	2-2,5	0,19 – 0,23	20 - 33	100 - 60

2.4 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 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.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan

menggunakan pompa. 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

      Rumus yang digunakan: L x S
   e. 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 S.
   f. Kehilangan tekanan pada pompa

      Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
   g. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

      Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

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 yang paling akhir

b. Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bagunan 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