

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air baku merupakan bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standart baku mutu. Sumber air yang bisa dipakai sebagai air baku nantinya akan digunakan untuk keperluan minum 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 (Novita, 2013).

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

2.1.1 Sumber Air Baku

Adapun sumber air baku yang dapat di olah menjadi air minum sebagai berikut :

1. Air Tanah

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

2. Air Permukaan

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

2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku

Menurut Droste (1997), dalam memilih sumber air baku harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kualitas air baku
2. Volume (kuantitas) air baku
3. Kondisi iklim di daerah sumber air baku
4. Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
5. Kontruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil
6. Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang
7. Elevasi muka air sumber mencukupi
8. Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang
9. Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi

Pendekatan yang paling efektif untuk menentukan apakah suatu sumber air memenuhi persyaratan sebagai sumber air baku air minum adalah memilih sumber dengan kualitas yang baik. Kualitas dari sumber air baku haruslah diperhatikan karena berpotensi mengandung berbagai macam polutan.

2.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air bak air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007):

- Persyaratan fisik
Secara fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih $\pm 25^{\circ}\text{C}$.
- 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 (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.
- Persyaratan biologis
Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang

mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.

- Persyaratan radioaktif

Air 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 (Agustina, 2007).

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 per hari 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 aktivitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, 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 reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007).

2.2 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan.

Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.3 Karakteristik Air Baku

Dalam air baku yang digunakan yaitu sisa air dari pengolahan sebelumnya yaitu pengolahan air buangan industri minyak kelapa sawit mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut :

2.3.1 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang

tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Samantha & Almalik, 2019).

2.3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai/limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD *ultimate* meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut 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 sampel, 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 (Metcalf & Eddy, 2003).

Pengukuran COD dilakukan dengan menambahkan reagen oksidator ke dalam sampel air atau limbah, dan kemudian mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam sampel. Hubungan antara *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah bahwa keduanya digunakan untuk mengukur kandungan bahan organik dalam air atau limbah. BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air atau limbah, sedangkan COD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air atau limbah. Karena COD mencakup senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, nilai COD biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD.

2.3.3 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand atau BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa

proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

BOD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan semua zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air buangan, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. (Mays, 1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

2.3.4 Total Coliform

Sumber-sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri, baik air angkasa, air permukaan, maupun air tanah. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari haruslah bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan *Coliform* tidak merupakan bakteri patogen, tetapi bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen. Apabila air yang mengandung bakteri patogen ini terminum maka dapat menjadi penyakit pada yang bersangkutan. Penyakit tersebut diantaranya kholera, penyakit typhoid, penyakit hepatitis infeksiosa, penyakit disentri basiler (Cut Khairunnisa, Wirsal Hasan, 2012).

Menurut Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990, bakteri *Coliform* yang memenuhi syarat untuk air bersih bukan perpipaan adalah <50 MPN (*Most Probable Number*)/ 100 ml sampel, sedangkan kadar maksimum total Coliform yang diperbolehkan untuk air minum yang diatur di dalam Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 adalah 0 MPN/100 ml sampel.

2.3.5 Amonia (NH₃-N)

Keberadaan amonia dalam air sungai yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya. Amonia sangat beracun bagi hampir semua organisme. Amonia dapat bersifat racun pada manusia jika jumlah yang masuk tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh

tubuh. Pada manusia, risiko terbesar adalah dari penghirupan uap amonia yang berakibat beberapa efek diantaranya iritasi kulit, mata dan saluran pernafasan. Pada tingkat yang tinggi, penghirupan uap amonia sangat bersifat fatal (Murti, 2014).

2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.4.1 Bak Penampung

Bak penampung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (*inlet*) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2007).

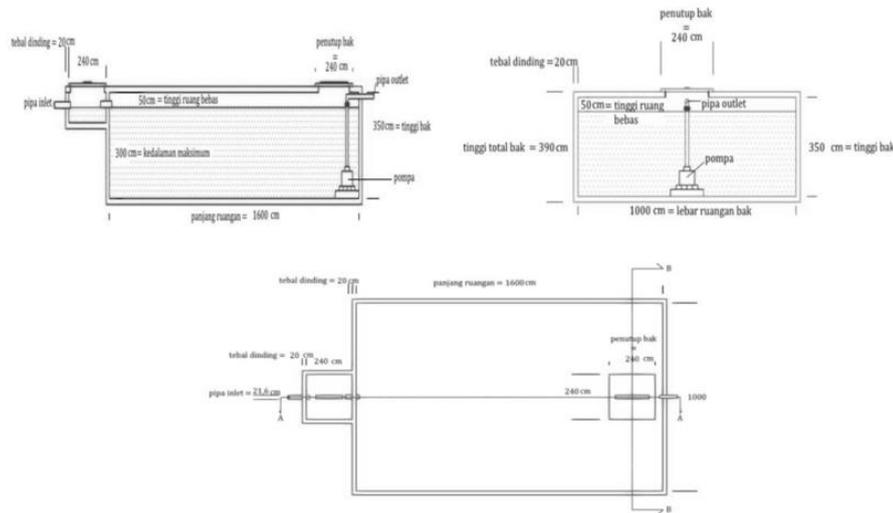
Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain:

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

Namun unit bak penampung juga memiliki kekurangan diantaranya adalah:

- i) memerlukan area/lokasi yang cukup luas;
- ii) mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal;

- iii) memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2.1 Unit Bak Penampung dan Gambar Penampung

(Sumber: Effendi, 2003)

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak penampung, antara lain (Kementerian PUPR, 2017) :

- i) Rumah pompa, digunakan untuk mengatur debit air limbah yang akan masuk pada unit pengolahan selanjutnya, sehingga diperoleh debit harian rata-rata.
- ii) Mixer/aerator, komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait dengan kualitas dan parameter seperti pH, endapan diskrit, dan parameter lain yang tidak sesuai untuk unit pengolahan selanjutnya, penggunaan mixer/aerator dapat menjadi opsi dalam perencanaan unit bak penampung dalam pengolahan air.

Adapun kriteria desain dan perencanaan yang harus dipenuhi untuk perencanaan unit bak penampung antara lain sebagai berikut (Kementerian PUPR, 2017) :

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Bak Penampung

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	h_{min}	1,5-2	m	(Metcalf & Eddy et al., 2007)
2	Ambang batas (<i>free board</i>)	h_{fb}	5-30	%	
3	Laju pemompaan udara (aerasi)	Qudara	0,01-0,015	m^3/m^3 -menit	
4	Kemiringan dasar tangki	Slope	40-100	mm/m diameter	(Qasim & Zhu, 2017)
5	Waktu Tinggal	Td	1-2	jam	(Metcalf & Eddy et al., 2007)

Sumber: (Kementerian PUPR, 2017)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung bak penampung antara lain:

- Waktu Tinggal (Td)

$$T_d = V \times Q \text{ Keterangan:}$$

$$V = \text{volume bak pengumpul (m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{debit air limbah yang dipompa (m}^3\text{/detik)}$$

- Kecepatan Aliran (V)

$$V = A \times H$$

Keterangan:

$$A = \text{luas permukaan bak pengumpul (m}^2\text{)}$$

$$H = \text{kedalaman air (m)}$$

- Dimensi Bak Penampung

$$V = P \times L \times H$$

Keterangan:

$$V = \text{volume bak (m}^3\text{)}$$

$$P = \text{panjang bak (m), dengan } 2 \times L$$

$$L = \text{lebar bak (m)}$$

H = ketinggian bak pengumpul (m)

- Kedalaman Total (H_{Total})

$$H_{\text{Total}} = H + (\text{fb} \times H)$$

Keterangan:

$$\text{Fb} = \text{freeboard}$$

- Jari-Jari Hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W \times 2H}$$

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

- Pipa *Inlet* Pompa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi D^2$$

$$V = Q/A$$

Keterangan:

A = luas bak

Q = debit air

d = diameter pipa

V = volume bak

- Pipa *Outlet* Pompa

- i. Luas penampang pipa pompa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi D^2$$

Keterangan:

A = luas bak

d = diameter pipa

- ii. kecepatan aliran dalam pipa pompa *outlet*

$$V = Q/A$$

Keterangan:

A = luas bak

Q = debit air

- *Headloss*

i. *Headloss* Mayor (Hf Mayor)

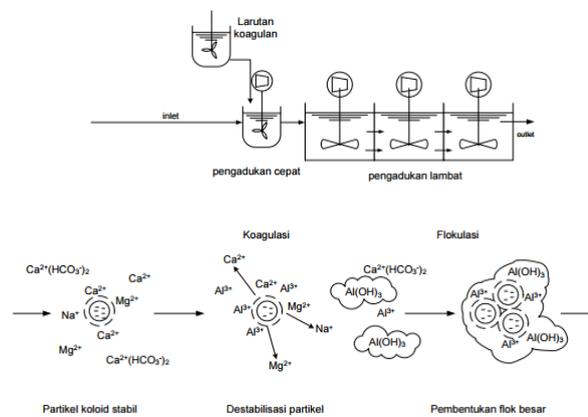
$$H_f \text{ Mayor} = \frac{10,7 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,82}} \times L$$

ii. *Headloss* Minor (Hf Minor)

$$H_f \text{ Minor} = k_1 \times \frac{v^2}{2g} + (n \times k_2 \times \frac{v^2}{2g})$$

iii. *Headloss* Total = $H_a + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$

2.4.2 Koagulasi – Flokulasi



Gambar 2.2 Proses Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang terjadi secara berkelanjutan dengan bentuk pencampuran koagulan hingga proses pembentukan flok yang dipengaruhi oleh proses pengadukan dan dosis koagulan. (Kawamura, 1991). Fungsi pengadukan sebagai upaya agar koagulan dapat bercampur maksimal dengan air baku. Terdapat dua sistem pengadukan yaitu, pengadukan cepat yang digunakan pada proses koagulasi dan pengadukan lambat yang digunakan pada saat proses 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 terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan koagulan. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan

pada bak sedimentasi (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012). Beberapa faktor yang mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi diantaranya:

- Destabilisasi partikel atau koloid
- Tumbukan Van der waals
- Gradien kecepatan
- Waktu detensi (Td)

Koagulasi (rapid mix) berfungsi untuk mencampurkan bahan kimia menjadi sama rata dalam bak dan memberikan hubungan yang cukup antara koagulan dengan partikel suspended solid. Diharapkan *effluent* dari proses koagulan dapat membentuk mikroflok. Tipe pengaduk yang digunakan ada 3 tahap antara lain :

- Pengaduk secara mekanik
- Pengaduk dengan hidrolis atau udara
- Pengaduk dengan pneumatic atau baffle

Pengolahan dengan proses koagulasi selalu diikuti proses flokulasi. Fungsi dari proses koagulasi untuk memberikan koagulan (aluminium sulfat, garam besi, dan kalium hidroksida) pada air buangan. Sedangkan fungsi dari proses flokulasi adalah untuk membentuk flok-flok. Perbedaan proses flokulasi dan koagulasi pada kecepatan pengadukannya, proses koagulasi memerlukan yang relatif cepat dibanding proses flokulasi. Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan adalah Poly Aluminium Chloride (PAC), Aluminium Sulfat $Al(OH)_3$, Ferri Klorida, dan lain-lain.

Koagulasi biasa didefinisikan sebagai suatu proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan juga virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi dengan tujuan 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 tabel dibawah ini dapat dilihat berbagai macam koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air.

Tabel 2.2 Jenis-jenis Koagulan

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

(Sumber : Sugiharto, 2008)

Menurut (Prasetya & Saptomo, 2018), PAC lebih baik dibandingkan tawas dengan dosis optimum yang sama, namun biaya untuk PAC lebih mahal dua kali lipat dibandingkan tawas, maka disebutkan dalam kesimpulan bahwa rata-rata efisiensi dari tawas dan PAC adalah 91,34% dan 83%. Maka, dari penelitian ini ditentukan koagulan yang digunakan untuk proses koagulasi-flokulasi adalah tawas.

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 6-9.

1. Pengaruh Temperatur

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

2. Dosis Koagulan

Dosis koagulan terhadap air yang mempunyai 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 mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

3. Pengadukan (*Mixing*)

Pengadukan atau *Mixing* diperlukan supaya terjadi tumbukan antar 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 mikroflokk. 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.

4. Pengaruh Garam

Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009).

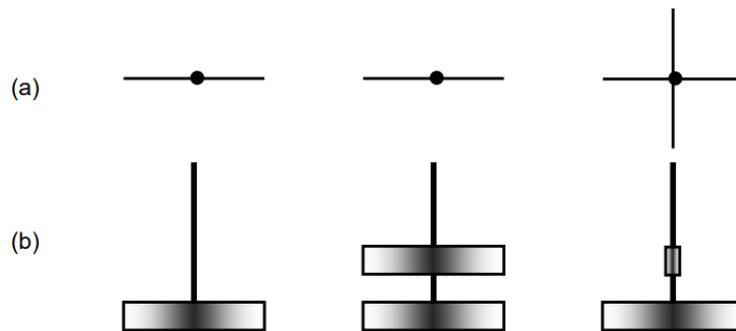
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan *pneumatic*. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk,

yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling) masing- masing memiliki kriteria *impeller* yang berbeda.

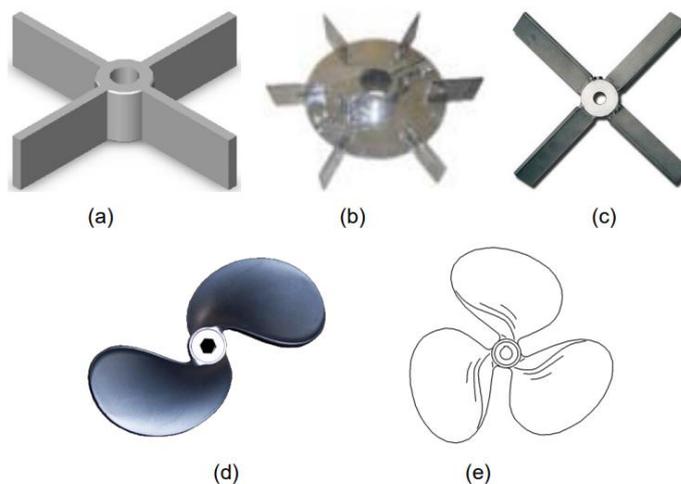
Tabel 2.3 Kriteria *Impeller*

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

(Sumber : Reynolds & Richard, 1996:185)



Gambar 2.3 Tipe *Paddle* (a) tampak atas, (b) tampak samping



Gambar 2.4 Tipe *turbine* dan *propeller*. (a) *turbine blade* lurus, (b) *turbine blade* dengan piringan, (c) *turbin* dengan *blade* menyerong, (d) *propeller* 2 *blade*, (e) *propeller* 3 *blade*

Sumber : (Qasim, et al., 2000)

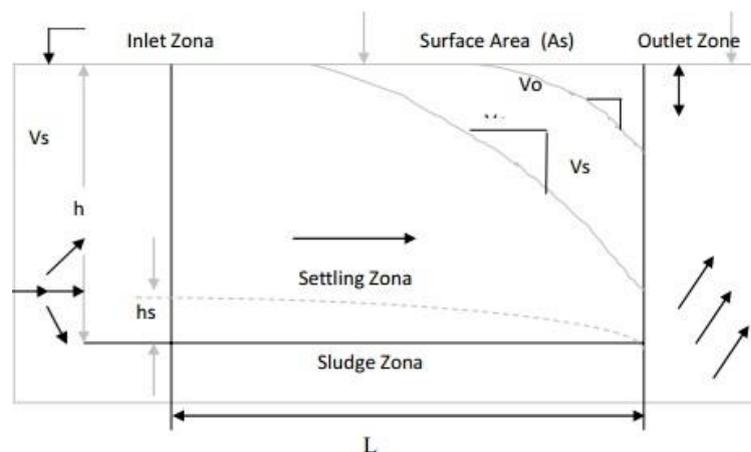
2.4.3 Sedimentasi

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 :

- Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan *chlorine*.
- 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*)

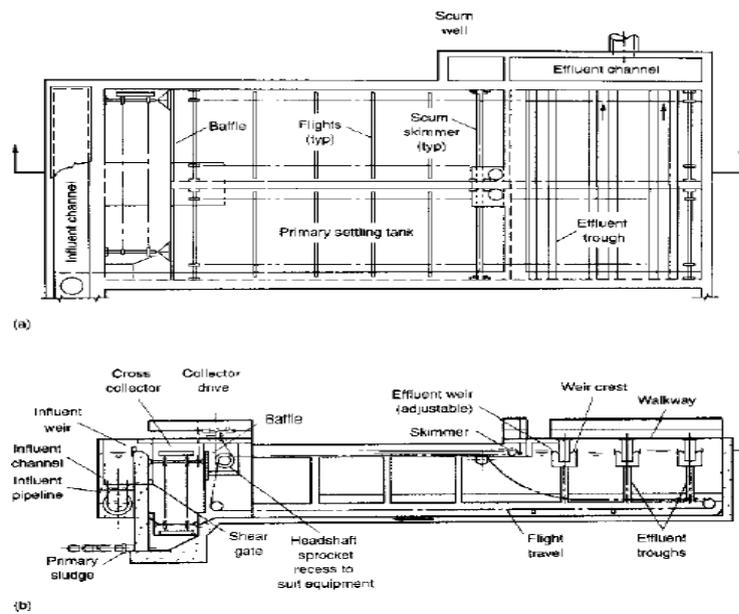


Gambar 2.5 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla. *Water Supply Engineering Desain*)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

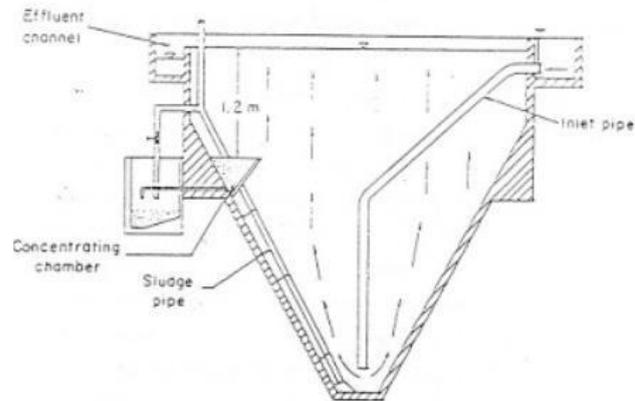
- Zona Inlet
Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak).
- Zona Settling
Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.
- Zona Sludge
Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel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



Gambar 2.6 Denah dan Potongan Sedimentasi *Rectangular*

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

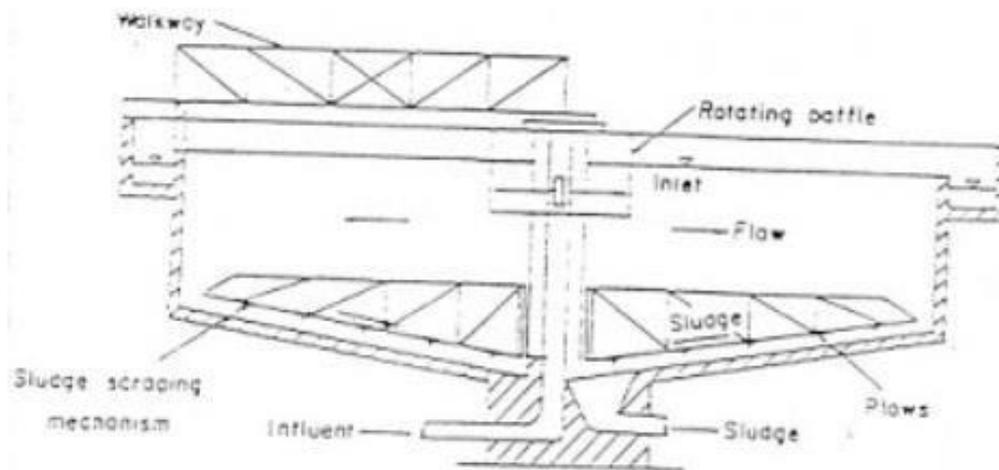
1. Lingkaran (*circular*) – *center feed*, dimana air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak.



Gambar 2.7 Bak Sedimentasi *Circular Center Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

2. Lingkaran (*circular*) – *peripheral feed*, dimana air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horizontal mengalir menuju ke outlet di bagian bawah lingkaran.



Gambar 2.8 Bak Sedimentasi *Circular Peripheral Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

1. Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit
2. Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen
3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
4. Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016).

Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Sedimentasi Tipe 2

<i>Item</i>	<i>U.S customary units</i>			<i>S.I units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Rentang</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Rentang</i>	<i>Typical</i>
<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>						
Waktu tinggal	Jam	1,2-1,2	2	Jam	1,5-1,2	2
Kecepatan alir						
Rata-rata	Gal/ft ² s	800-1200	1000	m ³ /m ² s	30-50	40
Puncak	Gal/ft ² s	2000-3000	2500	m ³ /m ² s	80-120	100
<i>Ite m</i>	<i>U.S customary units</i>			<i>S.I units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Rentang</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Rentang</i>	<i>Typical</i>
<i>Weir loading</i>	Gal/ft ² s	10000-40000	20000	m ³ /m ² s	125-500	250
<i>Primary settling with waste activated sludge return</i>						
Waktu tinggal	Jam	1,5-2,5	2	Jam	1,5-2,5	2

<i>Item</i>	<i>U.S customary units</i>			<i>S.I units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Rentang</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Rentang</i>	<i>Typical</i>
Kecepatan alir						
Rata-rata	Gal/ft ² s	600-800	1000	m ³ /m ² s	24-32	28
Puncak	Gal/ft ² s	1200-1700	1500	m ³ /m ² s	48-70	60
<i>Weir loading</i>	Gal/ft ² s	10000-40000	20000	m ³ /m ² s	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bak pengendap pada setiap bagiannya.

a. Kriteria Perencanaan

Zona Pengendapan (Settling Zone)

i. Over Flow Rate (OFR)

- Average = 30-50 m³/m².hari
- Peak = 70-130 m³/m².hr

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

ii. Waktu Tinggal (Td) = 0,6 – 3,6

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

iii. Dimensi

a. Rectangular

- Panjang (L) = 10-100 m
- Lebar (W) = 3-24 m
- Kedalaman (H) = 2,5-5 m
- W : L = 1-7,5 : 1
- L : H = 4,2-25 : 1

b. Circular

- Diameter (D) = 3-60 m
- Kedalaman (H) = 3-6 m

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 271)

iv. % Removal TSS = 50%-70%

Sumber: (Huisman, 1977, Halaman 12)

- v. Bilangan Reynold (NRe) = <2000 (Aliran Laminer)
- vi. Bilangan Freud (NFr) = $>10^{-5}$ (Mencegah Aliran Pendek)

(Sumber: SNI 6774 – 2008 Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air)

- vii. Specific Grafity Suspended Solid = 1,3-1,5
(Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003) Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition. In Chemical engineering (Issue 4). McGraw - Hill Companies, Inc. Halaman 411)

- viii. Slope ke arah Zona *Sludge*
 - Rectangular = 1%-2%
 - Circular = 40-100 m/m

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 274)

- ix. Cek NRe Partikel < 0,5
- x. Syarat terjadinya pengendapan ($T_p < T_d$)
- xi. Syarat terjadinya penggerusan ($V_{sc} > V_h$)
- xii. Suhu air buangan 28 °C, sehingga:
 - *Kinematic* Viscosity (ϑ) = $8,004 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
 - *Absolute* Viscosity (μ) = $8,004 \times 10^{-4} \text{ N.s./m}^2$
 - Massa Jenis (ρ) = $0,99626 \text{ g/cm}^3$
= $996,26 \text{ kg/m}^3$

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996, Halaman 762)

- xii. Koef. Manning (n) = 0,012-0,016

Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2017)

- xiv. Kontrol penggerusan
 - Faktor kisi porositas (β) = 0,05
 - Faktor fraksi hidrolis (λ) = 0,03

(Sumber: (Huisman, 1977) Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Delft University of Technology. Halaman 57)

Zona Inlet (Inlet Zone)

- i. Kecepatan Aliran = 0,3-0,6 m/s
(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition. Halaman 316)
- ii. *Freeboard* = 10%-20%
(Sumber: Chow, Ven Te, 1959, Open Channel Hydraulics, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. Halaman 159)
- iii. Koef. Manning (n) = 0,012-0,016
Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2017)

Zona Transisi (Transition Zone)

- i. Koef. Manning (n) = 0,012-0,016
Sumber: (Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2017)
- ii. Suhu air buangan 28 °C, sehingga:
 - *Kinematic* Viscosity (ν) = $8,004 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
 - *Absolute* Viscosity (μ) = $8,004 \times 10^{-4} \text{ N.s./m}^2$
 - Massa Jenis (ρ) = $0,99626 \text{ g/cm}^3$
= $996,26 \text{ kg/m}^3$
 Sumber: (Reynolds & Richards, 1996, Halaman 762)

Zona Lumpur (Sludge Zone)

- i. Volatile Solid = 60%-90%
- ii. Dry Solid = 3%-8%
Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 428)
- iii. Specific Gravity Suspended Solid = 1,3-1,5
Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)
- iv. Suhu air buangan 28 °C, sehingga:
 - *Kinematic* Viscosity (ν) = $8,004 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
 - *Absolute* Viscosity (μ) = $8,004 \times 10^{-4} \text{ N.s./m}^2$
 - Massa Jenis (ρ) = $0,99626 \text{ g/cm}^3$
= $996,26 \text{ kg/m}^3$

Zona Outlet (Outlet Zone)

- i. Koefisien Grad (Cd) = 0,6
- ii. Sudut V Notch = 60°

Sumber: (Qasim, dkk., 2000)

iii. Weir *Loading Rate*

- 124 m³/m.hr untuk debit <44 L/s
- 186 m³/m.hr untuk debit >44 L/s

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 270)

b. Rumus yang Digunakan

Zona Pengendapan (Settling Zone)

i. Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{\text{Over Flow Rate}}$$

Keterangan:

A = luas permukaan (m²)

Q = debit limbah (m³/s)

ii. Cek Over Flow Rate

$$\text{OFR} = \frac{Q}{L \times W}$$

Keterangan:

Q = debit limbah (m³/s)

L = panjang(m)

W = lebar (m)

OFR = Over Flow Rate (m³/m².hari)

iii. Kecepatan Pengendapan (v_s)

$$v_s = \frac{H}{T_d}$$

Keterangan:

T_d = waktu detensi (s)

V_s = kecepatan pengendapan (m²/s)

H = kedalaman (m)

iv. Kecepatan Horizontal (v_h)

$$v_h = \frac{L}{T_d}$$

Keterangan:

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

L = panjang (m)

T_d = waktu detensi (s)

v. Jari-Jari Hidrolis

$$R = \frac{(W \times H)}{(W + 2H)}$$

Keterangan:

R = jari-jari hidrolis (m)

W = lebar (m)

H = kedalaman (m)

vi. Diameter Partikel (D_p)

$$D_p = \sqrt{\frac{v_s \times \vartheta \times 18}{g \times (S_s - 1)}}$$

Keterangan:

D_p = diameter partikel (m)

ρ = kinematic viscosity (m^2/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

V_s = kecepatan pengendapan (m^2/s)

S_s = Spesifik Gravity Suspended Solid

vii. Cek Bilangan Reynold Partikel (NRe Partikel)

$$NRe \text{ Partikel} = \frac{v_s \times D_p}{\vartheta}$$

Keterangan:

NRe = Bilangan Reynolds

V_s = kecepatan pengendapan (m^2/s)

D_p = diameter partikel (m)

S_s = Spesifik Gravity Suspended Solid

viii. Cek Bilangan Reynold Zona Pengendapan (Nre)

$$NRe = \frac{v_h \times R}{\vartheta}$$

Keterangan:

NRe = Bilangan Reynolds

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

ρ = kinematic viscosity (m^2/s)

ix. Cek Bilangan Freud (NFr)

$$NFr = \frac{vh}{\sqrt{g x H}}$$

Keterangan:

NFr = Bilangan Freud

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

x. Cek Penggerusan/Kecepatan Scouring (v_{sc})

$$v_{sc} = \left[\left(\frac{8 x \beta}{\lambda} \right) x (Ss - 1) x g x Dp \right]^{1/2}$$

Keterangan:

V_{sc} = Kecepatan Scouring (m^2/s)

Ss = Spesifik Gravity Suspended Solid

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Dp = diameter partikel (m)

xi. Slope Bak

$$S_{Bak} = 1\% \times L$$

Keterangan:

S_{Bak} = slope bak (m/m)

L = pnajang bak (m)

xii. Kehilangan Tekanan Pada Zona Pengendapan

$$Hf = \left(\frac{vh x n}{R^{2/3}} \right)^2 x L$$

Keterangan:

Hf = kehilangan tekanan pipa (m)

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari-jari hidrolis (m)

L = panjang bak (m)

Zona Inlet (Inlet Zona)

i. Luas Permukaan

$$A = W \times L$$

Keterangan:

$$A = \text{luas permukaan (m}^2\text{)}$$

$$W = \text{lebar bak (m)}$$

$$L = \text{panjang bak (m)}$$

ii. Volume Zona *Inlet*

$$V = Q \times T_d$$

Keterangan:

$$V = \text{volume bak (m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{debit air limbah (m}^3\text{/s)}$$

$$T_d = \text{waktu detensi (s)}$$

iii. Kedalaman Zona *Inlet*

$$H = \frac{V}{A}$$

$$H \text{ Total} = H + F_b$$

Keterangan:

$$H = \text{kedalaman bak (m)}$$

$$V = \text{volume bak (m}^3\text{)}$$

$$A = \text{luas permukaan (m}^2\text{)}$$

$$F_b = \text{Freeboard (m)}$$

$$= 20\% \times H$$

iv. Jari-Jari Hidrolis

$$R = \frac{(W \times H)}{(W + 2H)}$$

Keterangan:

$$R = \text{jari-jari hidrolis (m)}$$

$$W = \text{lebar (m)}$$

$$H = \text{kedalaman (m)}$$

Zona Transisi (Transition Zone)

i. Luas *Perforated* Baffle (A_b)

$$A_b = W_b \times H_b$$

Keterangan:

A_b = Luas *Perforated Baffle*

W_b = Lebar Baffle

H_b = Tinggi Baffle

ii. Luas per Lubang (A_l)

$$A_l = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Keterangan:

A_l = Luas per Lubang

D = Diameter Lubang

iii. Luas Bersih Baffle (A_{bb})

$$A_{bb} = 40\% \times A_b$$

Keterangan:

A_{bb} = Luas Bersih Baffle

A_b = Luas *Perforated Baffle*

iv. Jumlah Lubang (n Total)

$$n \text{ Total} = \frac{\text{Luas Bersih Baffle } (A_{bb})}{\text{Luas per Lubang } (A_l)}$$

Keterangan:

n Total = Jumlah Lubang

A_{bb} = Luas Bersih Baffle

A_l = Luas per Lubang

v. Jarak antar Lubang Horizontal (Sh)

$$Sh = \frac{\text{Lebar Baffle } (W_b)}{n \text{ Horizontal}}$$

Keterangan:

W_b = Lebar Baffle

n Horizontal = Jumlah Lubang Horizontal

vi. Jarak antar Lubang Vertikal (S_v)

$$S_v = \frac{\text{Tinggi Baffle } (H_b)}{n \text{ Vertikal}}$$

Keterangan:

H_b = Tinggi Baffle

n Vertikal = Jumlah Lubang Vertikal

vii. Kecepatan Aliran Lewat Lubang (v_l)

$$v_l = \frac{Q_l}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Keterangan:

v_l = Kecepatan Aliran Lewat Lubang

Q_l = Debit Melalui Lubang

D = Diameter Lubang

viii. Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{\text{Diameter Lubang}}{2}$$

Keterangan:

R = jari-jari hidrolis (m)

ix. Cek Bilangan Reynold (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{\rho_{air} \times v_l \times R}{\mu}$$

Keterangan:

N_{Re} = Bilangan Reynolds

ρ = Massa Jenis Air (kg/m^3)

v_l = Kecepatan Aliran Lewat Lubang

R = jari-jari hidrolis (m)

μ = *Absolute Viscosity* (N.s.m^2)

xiv. Cek Bilangan Freud (N_{Fr})

$$N_{Fr} = \frac{v_l^2}{g \times R}$$

Keterangan:

N_{Fr} = Bilangan Freud

v_l = Kecepatan Aliran Lewat Lubang

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

R = jari-jari hidrolis (m)

Zona Lumpur (*Sludge Zone*)

i. Removal TSS (output *Sludge* di Bak Pengendap)

$$C_n = C_o - (C_o \times (100\% - \% \text{removal}))$$

Keterangan:

C_n = Removal TSS (mg/L)

C_o = TSS *Influent* (mg/L)

%removal = persentase removal TSS

ii. Berat Solid

Berat Solid = Removal TSS x Q

Keterangan:

Q = Debit air limbah (m³/s)

iii. Berat Air

Berat Air = $\frac{95\%}{5\%}$ x Berat Solid

Keterangan:

$\frac{95\%}{5\%}$ = perbandingan antara air & solid

iv. Berat Jenis Solid

$S_g = (60\% \times S_g \text{ Volatile Solid}) + (40\% \times S_g \text{ Fixed Solid})$

Keterangan:

S_g = berat jenis solid (kg/m³)

v. Berat Jenis *Sludge*

$S_i = (5\% \times \text{Berat Jenis Solid}) + (95\% \times \rho \text{ air})$

Keterangan:

S_i = berat jenis *sludge* (kg/m³)

ρ = Massa Jenis Air (kg/m³)

vi. Volume Solid

$V \text{ Solid} = \frac{\text{Berat Solid}}{S_g \text{ Solid}}$

Keterangan:

V solid = volume solid (m³)

S_g = berat jenis solid (kg/m³)

vii. Volume Air

$V \text{ Air} = \frac{\text{Berat Air}}{\rho \text{ air}}$

Keterangan:

V Air = volume air (m³)

ρ = Massa Jenis Air (kg/m³)

viii. Volume Lumpur

V Lumpur = V air + V Solid

Keterangan:

V Air = volume air (m³)

V Solid = volume solid (m³)

ix. Dimensi Ruang Lumpur

V Pengurasan = V Lumpur x Periode Pengurasan

Luas Atas (Aa) = La x Wa

Luas Bawah (Ab) = Lb x Wb

V Ruang Lumpur = $\frac{1}{3}$ x H x [(Aa + Ab) + ($\sqrt{Aa + Ab}$)]

Keterangan:

H = kedalaman (m)

Aa = luas permukaan atas (m²)

Ab = luas permukaan bawah (m²)

La = panjang atas (m)

Wa = lebar atas (m)

Lb = panjang bawah (m)

Wb = lebar bawah (m)

x. Pipa Penguras

Q Pengurasan = $\frac{V \text{ Ruang Lumpur}}{Td}$

Keterangan:

Qp = debit pengurasan (m³/s)

Td = waktu detensi (s)

Diameter Pipa Penguras

$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

Keterangan:

D = diameter pipa (m)

$A = \text{luas permukaan (m}^2\text{)}$

Zona Outlet (Outlet Zone)

i. Luas Permukaan

$$A = W \times L$$

Keterangan:

$A = \text{luas permukaan (m}^2\text{)}$

$W = \text{lebar bak (m)}$

$L = \text{panjang bak (m)}$

ii. Volume Zona Outlet

$$V = Q \times T_d$$

Keterangan:

$V = \text{volume bak (m}^3\text{)}$

$Q = \text{debit air limbah (m}^3\text{/s)}$

$T_d = \text{waktu detensi (s)}$

iii. Kedalaman Zona Outlet

$$H = \frac{V}{A}$$

$$H_{\text{Total}} = H + F_b$$

Keterangan:

$H = \text{kedalaman bak (m)}$

$V = \text{volume bak (m}^3\text{)}$

$A = \text{luas permukaan (m}^2\text{)}$

$F_b = \text{Freeboard (m)}$

$$= 20\% \times H$$

iv. Kecepatan Aliran

$$V = \frac{Q}{W \times H}$$

Keterangan:

$V = \text{Kecepatan Aliran (m/s)}$

$Q = \text{debit air limbah (m}^3\text{/s)}$

$W = \text{lebar (m)}$

$H = \text{kedalaman bak (m)}$

v. Jari-Jari Hidrolis

$$R = \frac{(W \times H)}{(W + 2H)}$$

Keterangan:

R = jari-jari hidrolis (m)

W = lebar (m)

vi. Kehilangan Tekanan

$$H_f = \left(\frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L$$

Keterangan:

H_f = kehilangan tekanan pipa (m)

v = kecepatan aliran (m/s)

n = koefisien kekasaran manning pipa

R = jari – jari hidrolis (m)

L = panjang pipa (m)

vii. Slope (S)

$$S = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan:

S = kemiringan pipa (m/m)

H_f = kehilangan tekanan pipa (m)

L = panjang pipa (m)

ix. Gutter dan Weir (Pelimpah)

- Panjang Weir (L_w)

$$\text{Panjang Weir (L}_w\text{)} = \frac{Q}{\text{Weir Loading Rate} \times \text{Jumlah Weir}}$$

Keterangan:

L_w = Panjang Weir (m)

Q = debit air limbah (m³/s)

- Luas Saluran Pelimpah/Gutter

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

Keterangan:

A = luas permukaan gutter (m²)

Q = debit air limbah (m³/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

- Ketinggian Air Pada Gutter (H_{air})

$$H_{air} = \left(\frac{Q \text{ Gutter}}{1,38 \times W \text{ Gutter}} \right)^{2/3}$$

Keterangan:

H_{air} = ketinggian air (m)

Q_{gutter} = debit yang melalui gutter (m³/s)

- Tinggi Gutter (H Gutter)

H Gutter = H + *Freeboard*

Keterangan:

H Gutter = tinggi gutter (m)

H = kedalaman bak (m)

Fb = *Freeboard* (m)

$$= 20\% \times H$$

- Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R_{gutter} = \frac{W \text{ Gutter} \times H_{air}}{W \text{ Gutter} + (2 \times H_{air})}$$

Keterangan:

R_{gutter} = Jari-Jari Hidrolis Gutter (m)

W_{gutter} = Lebar Gutter (m)

H_{air} = ketinggian air (m)

- Luas Basah Gutter

A_{Gutter} = W_{gutter} x H_{air}

Keterangan:

A_{Gutter} = Luas Gutter (m²)

W_{gutter} = Lebar Gutter (m)

H_{air} = ketinggian air (m)

- Kemiringan Gutter

$$S = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^{2/3}} \right)^2$$

Keterangan:

S = kemiringan gutter (m/m)

Q_{gutter} = debit yang melalui gutter (m^3/s)

n = jumlah kisi (kisi / buah)

A_{Gutter} = Luas Gutter (m^2)

R_{gutter} = Jari-Jari Hidrolis Gutter (m)

- Kehilangan Tekanan pada Gutter

$H_f = S \times L$

Keterangan:

H_f = Kehilangan Tekanan (m)

S = kemiringan gutter (m/m)

L = Panjang Gutter (m)

x. V Notch

- Jumlah V Notch

$$n \text{ V Notch} = \frac{Lw}{\text{Jarak antar V Notch} + W \text{ V Notch}}$$

Keterangan:

n V Notch = Jumlah V Notch

Lw = Panjang Weir (m)

- Debit Mengalir Tiap V Notch

$$Q_{V \text{ Notch}} = \frac{Q}{n \text{ V Notch}}$$

Keterangan:

$Q_{V \text{ Notch}}$ = Debit Mengalir Tiap V Notch (m^3/s)

Q = debit air limbah (m^3/s)

n V Notch = Jumlah V Notch

- Tinggi Peluapan Melalui V Notch

$$Q_{V \text{ Notch}} = \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2 \times g} \times \frac{\tan \theta}{2} \times H^{5/2}$$

Keterangan:

$Q_{V \text{ Notch}}$ = Debit Mengalir Tiap V Notch (m^3/s)

Cd = koefisien drag

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H = kedalaman (m)

2.4.4 Aerasi

Aerasi adalah pengolahan air dengan menambahkan oksigen ke dalam air. Dengan menambahkan oksigen, pengotor yang tersuspensi dalam air akan dihilangkan, sehingga konsentrasi polutan hilang atau bahkan hilang sama sekali. Dalam prakteknya, ada dua cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air, yaitu memasukkan udara ke dalam air dan/atau memaksa air naik hingga bersentuhan dengan oksigen (Yuniarti et al., 2019). Tujuan utama dari proses aerasi adalah untuk memungkinkan O_2 di udara bereaksi dengan kation dalam air yang diolah. Reaksi kation dan oksigen mengoksidasi logam yang sulit larut dalam air, sehingga dapat mengendap. Keuntungan dari proses ini adalah penghilangan rasa dan bau yang tidak enak, penghilangan gas yang tidak perlu (CO_2 , metana, hidrogen sulfida) dan peningkatan keasaman air (karena kandungan CO_2 dihilangkan). Selain itu, proses udara juga dapat menurunkan kadar besi (Fe) dan magnesium (Mg). Kation Fe^{2+} atau Mg^{2+} membentuk oksida Fe_3O_3 dan MgO ketika diinjeksikan di udara (Yuniarti et al., 2019).

Empat jenis aerator yang umum digunakan menurut (Qasim et al., 2000) adalah (1) *gravity aerators*, (2) *spray aerators*, (3) *diffused-air aerators*, dan (4) *mechanical aerators*. Pertimbangan desain utama untuk semua jenis aerator adalah menyediakan antar muka maksimum antara udara dan air dengan pengeluaran energi minimum. Perbandingan kinerja berbagai jenis aerator diberikan pada Tabel 2.1 dengan deskripsi singkat dari setiap jenis aerator.

Tabel 2.1 Desain dan karakteristik operasional aerator

Aerator	Penyisihan	Dimensi
Aerator gravitasi: cascade	20-45 CO_2	Tinggi: 1-3 m Luas: 85-105 $m^2 / m^2 .s$ Kecepatan aliran: 0,3 m/s
Packing Tower	>95% VOC	Diameter kolom maksimum: 3m Beban
Tray	>90% CO_2	hidrolik: 2000 $m^3 / m^2 .hari$ Kecepatan: 0,8-1,5 $m^3 / m^2 .menit$ Kebutuhan udara: 7,5 m^3 / m^3 air Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m^2

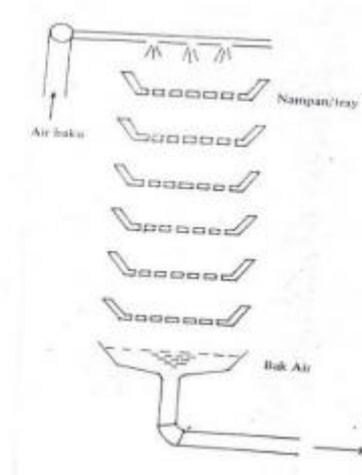
Aerator	Penyisihan	Dimensi
		/m ³ .det
Aerator	Penyisihan	Dimensi
Spray aerator	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	Tinggi: 1,2 – 9 m Diameter nozzle: 2,5 – 4 cm Jarak nozzle: 0,6 – 3,6 m Debit nozzle: 5 – 10 L/s
Aerator berdifusi	80% VOCs	Luas Bak: 105-320 m ² /m ³ .det Tekanan semprotan: 70 kPa Waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² air Tangki kedalaman: 2,7-4,5 m Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator mekanik	70-90% CO ₂	Waktu detensi: 10-30 menit Kedalaman tangki: 2 – 4 m

Sumber: (Qasim et al., 2000)

Jenis-jenis metode aerasi dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

Waterfall aerator (aerator air terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.



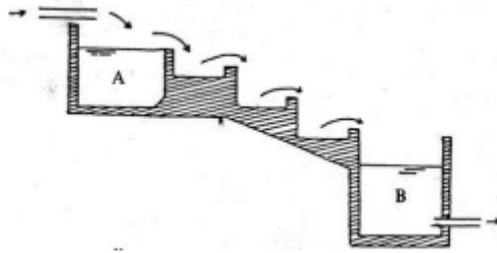
Gambar 2.9 Multiple Tray Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobang lobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

Cascade aerator

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 16 m³ /det per m². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi *cascade aerators* agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2.10 Cascade Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

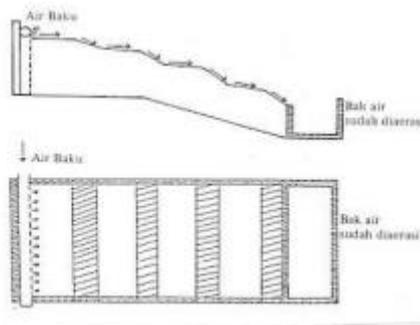
Keterangan:

A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

Submerged Cascade Aerator

Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kirakira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m³ /det per meter luas.

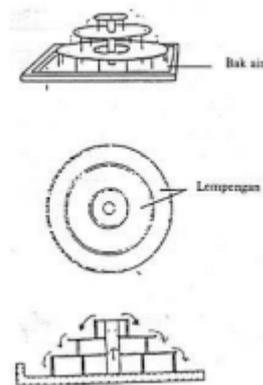


Gambar 2.11 Aerasi Tangga Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

Multiple Platform Aerator

Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.

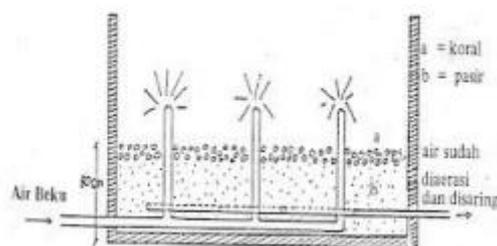


Gambar 2.12 Multiple Platform Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

Spray Aerator

Terdiri atas nozzle penyemprot yang tidak bergerak (*Stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. *Spray aerator* sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa cm di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozzle untuk *spray aerator* bentuknya bermacam-macam, ada juga nozzle yang dapat berputar-putar.



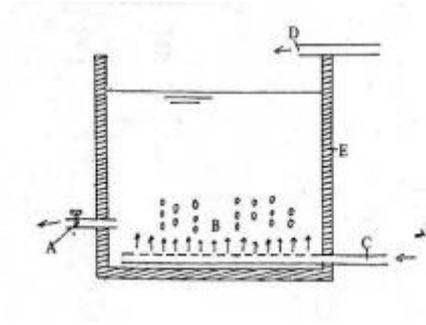
Gambar 2.13 Spray Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

Aerator Gelembung Udara (*Bubble aerator*)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara)

tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³ air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi



Gambar 2.14 Spray Aerator

Sumber: (Herdiana, n.d.)

Keterangan :

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

Multiple-Tray Aerator

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (tray) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (tray) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pons*). Pemerataan distribusi air di atas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

Multiple Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi

kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

Aerasi adalah proses pengolahan air minum dengan injeksi oksigen melalui gelembung-gelembung udara yang terbentuk. Aerasi yang digunakan dalam perancangan kali ini yaitu Bubble Aerator (*Diffuser*). Berikut rumus-rumus yang diperlukan dalam perhitungan spray aerator:

2. Debit tiap bak (Q)

$$Q = \frac{\text{Debit air baku (Q)}}{\text{Jumlah bak}}$$

3. Volume bak aerasi (V)

$$V = Q \times t_d$$

4. Dimensi bak aerasi

- Luas Bak Aerasi

$$A = (V) / (H \text{ total})$$

- Lebar Bak Aerasi

$$V = L \times W \times H$$

- Panjang Bak Aerasi

$$L = 2W$$

5. Kedalaman H total

$$H \text{ total} = H + \text{Freeboard}$$

$$= H + (20\% \times H)$$

6. Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

7. Pipa Outlet

- Luas Penampang Pipa Outlet

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

- Diameter Pipa Outlet

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

8. Kebutuhan udara untuk menghilangkan TDS dan Kekeruhan

- Beban TDS

$$\text{Beban TDS} = Q \times \text{total TDS yang disisihkan}$$

- Beban Kekerusuhan

$$\text{Beban Kekerusuhan} = Q \times \text{total Kekerusuhan yang disisihkan}$$

- Beban BOD

$$\text{Beban BOD} = Q \times \text{total BOD yang disisihkan}$$

- Beban COD

$$\text{Beban COD} = Q \times \text{total COD yang disisihkan}$$

- Beban Total

$$\text{Total Beban} = \text{Beban TDS} + \text{Beban Kekerusuhan} + \text{Beban BOD} + \text{Beban COD}$$

- Jumlah Kebutuhan Udara Teoritis

$$\text{Jumlah kebutuhan udara teoritis} = \text{Beban total} \times \text{Faktor keamanan}$$

- Kebutuhan udara

$$\text{Kebutuhan udara} = \frac{\text{Kebutuhan udara teoritis}}{\text{Berat udara} \times \text{jumlah oksigen}}$$

- Kebutuhan Udara Sebenarnya

$$\text{Kebutuhan udara sebenarnya} = \frac{\text{Kebutuhan udara}}{\text{Efisiensi difuser}}$$

- Cek Rasio Volume Udara / Volume Limbah

$$\text{Cek Rasio} = \frac{V \text{ udara}}{V \text{ air limbah}}$$

9. Luas Tiap *Plate Disk*

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

10. Jumlah Plate yang dibutuhkan

$$N = \frac{A}{\text{Service Area}}$$

11. Jarak Horizontal Antar Disk (*Sh*)

$$Sh = \frac{\text{Panjang} - (\text{Jumlah disc} \times \text{diameter})}{\text{Jumlah lubang} + 1}$$

12. Jarak Vertikal Antar Disk (*Sv*)

$$Sv = \frac{\text{Lebar} - (\text{Jumlah disc} \times \text{diameter})}{\text{Jumlah lubang} + 1}$$

13. Cek Volume (*V check*)

$$V = L \times W \times H_{\text{total}}$$

14. Cek waktu detensi (td check)

$$T_d = \frac{V}{Q} = \frac{20,808 \text{ m}^3}{0,013 \text{ m}^3/\text{s}}$$

2.4.5 Desinfeksi

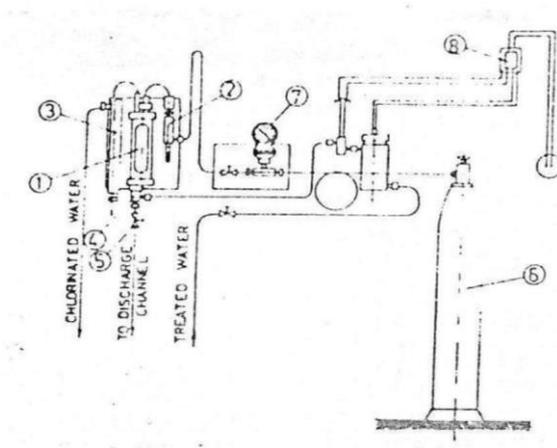
Desinfeksi diartikan sebagai destruksi mikroba patogen. Desinfeksi pada pengolahan air memiliki beberapa metode, yaitu secara fisik, kimia dan radiasi. Pada metode fisik, perlakuan yang diberikan yaitu berupa cahaya dan panas, contohnya seperti memanaskan air yang akan diolah hingga titik didih dimana sel mikroba akan hancur. Pada metode secara radiasi, perlakuan yang diberikan yaitu dengan mengontakkan air yang akan diolah dengan sinar *ultraviolet* hingga sel mikroba menjadi hancur.

Sedangkan pada metode kimia, perlakuan yang diberikan yaitu dengan membubuhkan zat kimia kedalam air yang akan diolah. Pada desinfeksi dengan metode kimia, yaitu dengan membubuhkan bahan kimia untuk proses desinfeksi, yaitu desinfektan. Bahan kimia yang umumnya digunakan yaitu *klor* dan senyawanya, *bro*, *iodine*, *ozone*, dan lain sebagainya. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi antara lain (Masduqi, 2016) :

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

Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara chlor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa chlor yang sering digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak chlorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis chlor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. Chlorin $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ merupakan salah satu desinfektan

kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan.



Gambar 2.6 Bak Klorinasi

- Penetapan DPC
 - a. Siapkan labu erlenmeyer 500 ml/botol yang berisi sebanyak 3 buah.
 - b. Siapkan larutan kaporit 0,1% (0,1 gram/100 ml air).
 - c. Isi contoh air baku 250 ml yang sudah disaring ke dalam labu erlenmeyer, tambahkan larutan kaporit masing-masing 0,5 ml;0,75 ml;1,0 ml ke dalam labu Erlenmeyer.
 - d. Kocok dan simpan di ruang gelap selama 30 menit.
 - e. Periksa dan catat sisa klor dari masing-masing labu Erlenmeyer.
 - f. Hitung DPC dengan rumus:

$$DPC = ([1000/250 \times V \times M] - D) \text{ mg/l}$$

Keterangan:

V = ml larutan kaporit 0,1% yang ditambahkan

M = kadar kaporit dalam air (misalnya = 60%)

D = sisa klor dalam air

- Hitung dosis klor = Dosis klor (mg/L) = DPC + sisa klor
- Kebutuhan klor = Q × Dosis klor × Kemurnian
- Volume klor = Kebutuhan klor / Berat jenis klor
- Volume pelarut = $\frac{100 - \text{konsentrasilarutan}}{\text{konsentrasilarutan}} \times \text{vol kaporit}$

- Volume Larutan klor = $\frac{100}{\text{konsentrasi larutan}}$ x vol kaporit
- Dimensi Bak = p x l x t

2.4.6 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. *Elevated Reservoir* (Menara Reservoir)

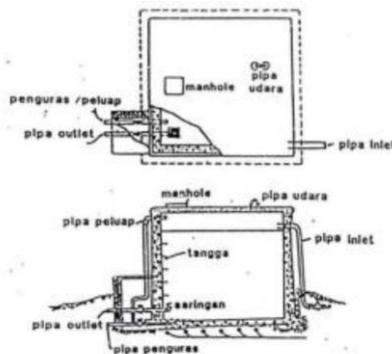
Menara reservoir dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalansi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalansi dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya. Reservoir ini digunakan bila head yang tersedia dengan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



Gambar 2.7 *Elevated Reservoir* (Menara Reservoir)

2. *Ground Reservoir*

Ground reservoir berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam ground reservoir, 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.



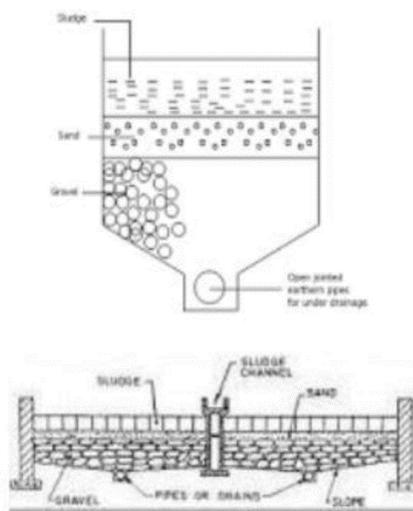
Gambar 2.15 *Ground Reservoir* (Reservoir Permukaan)

2.4.7 *Sludge Drying Bed*

Sludge drying bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur atau *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 di dasar 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 2.16 *Sludge Drying Bed*
(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

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 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 & Eddy, 2003)