

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

2.1.1. *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).

2.1.2. Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat-tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri); tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $<1\mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya; bergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat). Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi dalam air tanah kadar Fe mampu lebih tinggi. Hal ini dibuktikan dengan kain yang ternodai dan perkakas dapur (Febrina & Astrid, 2014).

2.1.3. Amonia

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik oleh bakteri pengurai. Amonia di perairan dapat dijumpai dalam bentuk amonia total yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, ammonia membentuk kompleks dengan

beberapa ion logam. Amonia juga dapat terserap kedalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Kesetimbangan antara kedua bentuk amonia di atas bergantung pada kondisi pH dan suhu perairan (Midlen & Redding, 2000).

2.1.4. pH (Derajat Keasaman)

pH (*Power of Hydrogen*) menunjukkan adanya konsentrasi 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 sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah 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, 2003).

2.1.5. Total Koliform

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan koliform tidak termasuk bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Koliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Bangunan 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 air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum.

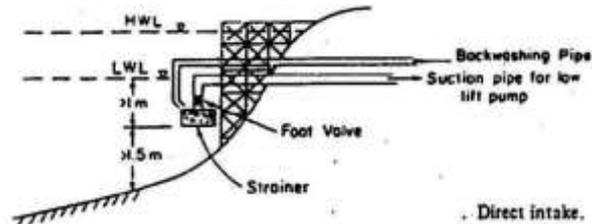
Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)
Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan

terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya



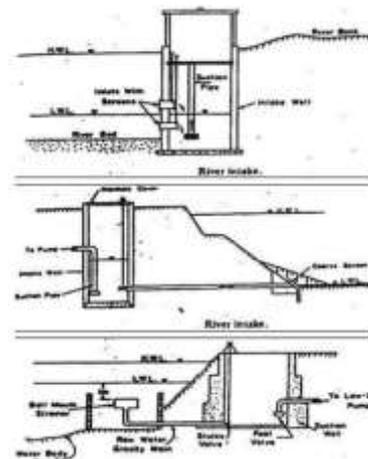
Gambar 2.1 Direct Intake

Sumber: Kawamura, 2000

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (*Indirect Intake*)

a. *River Intake*

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

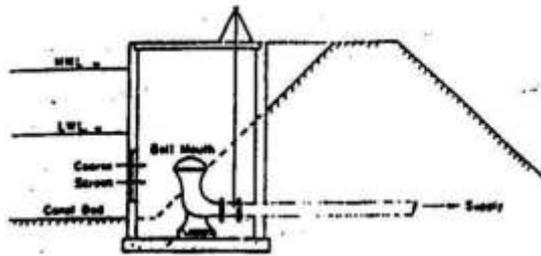


Gambar 2.2 River Intake

Sumber: Kawamura, 2000

b. *Canal Intake*

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

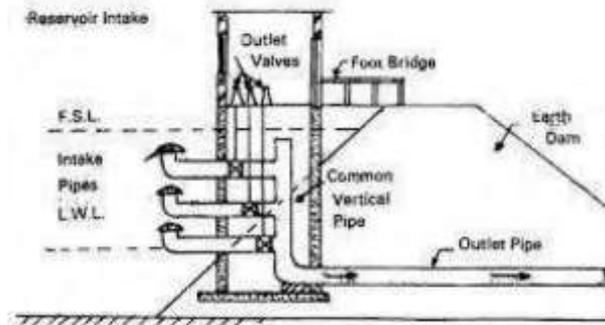


Gambar 2.3 Canal Intake

Sumber: Kawamura, 2000

c. *Reservoir Intake*

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



Gambar 2.4 Reservoir Intake

Sumber: Kawamura, 2000

Rumus yang digunakan dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mencari debit tiap *intake*

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan: Q = debit (m³/s)

Σ pipa = jumlah pipa *intake*

2. Mencari luas penampang pipa *intake*

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan: A = luas penampang (m²)

Q = debit (m³/s)

v = kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter tiap *intake*

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan: D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = Q/A \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan: v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

5. Head losses mayor sepanjang pipa

$$H_f = \left[\frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right] \times L \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan: H_f = debit (m³/s)

L = panjang pipa (m)

A = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

Tabel 2.1 Koefisien Kekasaran Pipa Haen-Williams

Jenis Pipa	Nilai Kekasaran Pipa (C)
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140
<i>New steel or Cast Iron</i>	130

<i>Wood, Concrete</i>	120
<i>New Riveted Steel, vitrified</i>	110
<i>Old Cast Iron</i>	100
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

Sumber: Evett & Liu, 1987

6. Head losses minor

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2 \times g} \times L \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan: Hf = debit (m³/s)

L = panjang pipa (m)

A = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

Tabel 2.2 Nilai k untuk Kehilangan Energi

<i>Valve, Fittings, and Specials</i>	<i>k value</i>
<i>Entrance, suction bell (32 inch) 81 cm</i>	0,004
<i>90⁰ elbow (24 inch) 61 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (24 inch) 61 cm</i>	0,19
<i>Reducer (14 inch) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check valve (20 inch) 51 cm</i>	2,5
<i>90⁰ elbow (20 inch) 51 cm</i>	0,3

<i>Gate vakve</i> (20 inch) 51 cm	0,19
<i>Tee</i> (20 inch × 20 inch) 50 cm × 50 cm)	1,8

Sumber: Qasim, 2000

7. Mencari slope pipa

$$H_m = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan: S = slope pipa (m/m)

H_f = head losses (m)

L = panjang pipa (m)

8. Jumlah kisi pada *bar screen*

$$D = n \times d \times (n+1) \times r \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan: n = jumlah kisi

d = lebar batang kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

D = lebar screen (m)

9. Mencari velocity head (h_v)

$$h_v = \frac{v^2}{2 \times g} \times L \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan: h_v = velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

10. Headloss melalui screen ($H_{f_{screen}}$)

$$H_{f_{screen}} = \beta \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times H_v \times \sin \alpha \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan: β = koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jaraak antar baar (cm)

Tabel 2.3 Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai Minor losses (β)
Shape edge rectangular	2,42
Rectangular with semicircular up stream face circular	1,83
Circular	1,79
Rectangular with smicircular up stream and down stream face	1,67
Tear shape	0,76

2.2.2 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, $v_{horizontal}$ (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996).

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu (Qasim et all, 2000):

1. Zona Inlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).

2. Zona Pengendapan

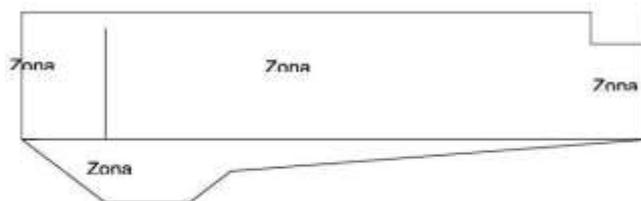
Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur.

4. Zona Outlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran efluen, serta mengatur debit efluen.



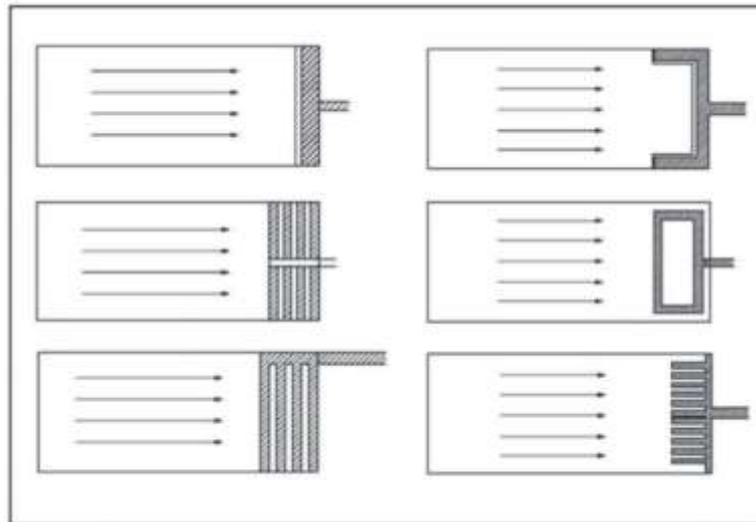
Gambar 2.5 Tampak Samping Unit Praasedimentasi

Desain Outlet biasanya terdiri dari pelimpaah yang dirancang untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading rate dari berbagai sumber.

Tabel 2.4 Ragam Weir Loading Rate dari Berbagai Sumber

Weir Loading Rate (m ³ /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh density current
264	Kaawamura, 2000	
125-250	Droste, 1997	
172,8-259,2	Huisman, 1977	

Berdasarkan kriteria desain dari berbagai sumber tentang weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi density current, weir loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan weir loading rate dapat sekecil mungkin. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan tinggi yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.6

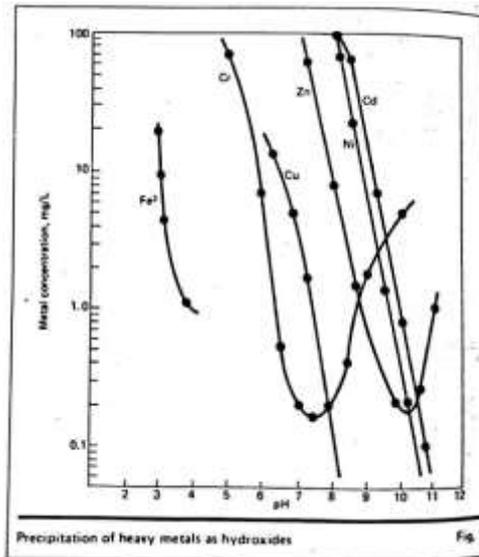


Gambar 2.6 Ragam Susunan Pelimpah pada Outlet

Sumber: Qasim et al, 2000

2.2.3 Presipitasi

Logam berat adalah logam yang menjadi perhatian khusus dalam pengolahan air limbah industri, seperti tembaga, perak, seng, kadmium, merkuri, timbal, kromium, besi, dan nikel. Sebagian besar logam berat yang ditemukan dalam proses pengolahan limbah berada dalam bentuk anorganik. Metode yang paling umum untuk menghilangkan logam berat anorganik adalah presipitasi kimia atau pengendapan kimia. Kurva presipitasi teoritis untuk berbagai logam sebagai hidroksida ditunjukkan pada gambar 2.7.



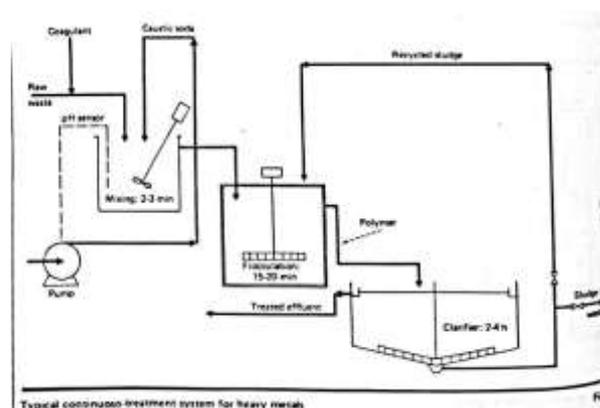
Gambar 2.7 Kurva presipitasi teoritis untuk berbagai logam sebagai hidroksida

Sumber: (Lanouette, 1976)

Logam mengendap pada berbagai tingkat pH, tergantung pada faktor-faktor seperti logam itu sendiri, garam tidak larut yang telah terbentuk (misalnya, hidroksida, karbonat, sulfida, dll.), adanya zat pengompleks seperti amonia, asam sitrat, asam etilendiamintetra asetat (EDTA), dll.

Ketika terdapat dua atau lebih logam berat ditemukan dalam aliran limbah yang sama, pH optimum untuk pengendapan mungkin berbeda untuk setiap ion. Metode yang dapat digunakan untuk mengendapkan satu atau lebih logam pada sumber pada satu pH, dan mengolah aliran yang tersisa pada pH lain, yaitu:

- Menyelidiki zat pengompleks atau chelating lainnya untuk menentukan pengaruhnya terhadap proses pengendapan.
- Menggunakan skala batch dengan menggunakan sampel limbah yang akan diolah untuk menentukan proses pengolahan yang optimal.
- Uji presipitasi harus menggunakan berbagai kemungkinan bahan kimia untuk menentukan mana yang menghasilkan efluen yang paling dapat diterima.
- pH harus disesuaikan pada kisaran yang sesuai.
- Menyelidiki penggunaan polimer untuk membantu koagulasi presipitat.
- Waktu yang diperlukan untuk pencampuran dan sedimentasi yang tepat juga dapat ditentukan dengan program pengujian skala batch. Setelah diuji menggunakan skala batch, dapat diterapkan pada skala kontinyu, yakni pada instalasi pengolahan air limbah seperti pada gambar 2.12.



Gambar 2.8 Pengolahan limbah skala kontinyu untuk meremoval logam berat

Sumber: (Lanouette, 1976)

**Tabel 2.5 Bahan Kimia yang dapat digunakan untuk
presipitasi**

Logam Berat	pH pengendapan	Konsentrasi akhir (mg/L)	Agen Presipitasi
Calcium (Cd)	10	0,1	Lime (CaOH ₂), soda ash (kasus tertentu, memberikan reaksi kimia yang lebih baik)
Krom heksavalen (Cr ⁶⁺)	9	0,5	Lime (CaOH ₂), Caustic
Krom total (Cr)	9	0,5	Lime (CaOH ₂), Caustic
Tembaga (Cu)	10	0,5	Lime (CaOH ₂), Caustic
Nikel (Ni)	10	0,5	Lime (CaOH ₂), atau soda ash (kasus tertentu, memberikan reaksi kimia yang lebih baik)
Seng (Zn)	9	0,5	Lime (CaOH ₂), Caustic

Sumber: (Lannoutte, 1976)

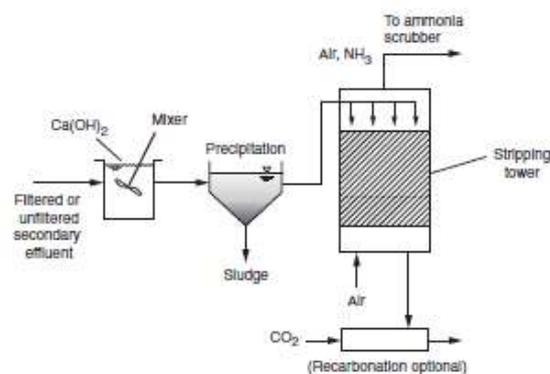
Cr⁶⁺ diubah menjadi Cr³⁺ menggunakan besi sulfat. Pengendapan maksimum Cr³⁺ terjadi pada ph 8,7 dengan penambahan

CaOH₂ dan konsentrasi kromat diturunkan dari 30 mg/L menjadi 0,01 mg/L. Caustic (NaOH) digunakan dalam instalasi yang lebih kecil di mana biaya kimia harian tidak akan signifikan. Lime (CaOH₂) memiliki biaya yang lebih rendah, lebih disukai terutama pada instalasi yang menggunakan lebih dari satu setengah ton per hari, tidak memerlukan peralatan slaking, kemudahan kontrol pH (8 – 11), dan dapat diumpankan langsung ke sistem reaksi (Lanouette, 1976).

2.2.4 Amonia Stripping

Amonia stripping merupakan proses sederhana yang digunakan untuk menurunkan kadar amonia dari aliran air limbah. Beberapa air limbah mengandung banyak amonia dan / atau senyawa yang mengandung nitrogen yang mungkin mudah membentuk amonia. Proses amonia Stripping lebih mudah dan lebih murah dalam menghilangkan nitrogen dari air limbah (dalam bentuk amonia! dari mengkonversi nitrat dan nitrogen sebelum dikeluarkan).

Menurut (Metcalf, Eddy. 2014) pada dasarnya pengaplikasian ammonia stripping berasal dari air stripping, di mana dalam air stripping digunakan untuk menghilangkan berbagai macam gas termasuk; VOCs, Karbondioksida (CO₂), Oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S), dan ammonia (NH₃).



Gambar 2.9 Diagram *removal* amonia oleh air stripping

Sumber: Metcalf and Eddy, 2014

Adapun permasalahan yang terjadi pada air stripping adalah:

- Pemantauan pH yang sesuai untuk efektifitas kerja air stripping
- Penyesuaian kebutuhan kalsium karbonat yang dibutuhkan
- Kurang efektifitasnya kerja amonia stripping pada saat musim dingin

2.2.5 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda ash atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017).

Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem-sistem tersebut diantaranya sebagai berikut (W. Wesley Eckenfelder, 2000):

- Sistem batch biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m³/hari
- Sedangkan sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH). Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara 1-3 ft³/mm.ft² atau 0,3 - 0,9 m³/mm.m² dengan

kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 - 0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m³).

Banyak bahan asam kuat yang efektif digunakan untuk menetralkan air yang bersifat basa, biasanya yang digunakan adalah *sulfuric* atau *hydrochloric acid*. Asap gas yang terdiri dari 14% CO² dapat digunakan untuk netralisasi dengan melewatkan gelembung-gelembung gas melalui air. CO² ini terbentuk dari *carbonic acid* yang dapat bereaksi dengan basa. Reaksi ini lambat tapi cukup untuk mendapatkan pH antara 7 hingga 8. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *spray tower*.

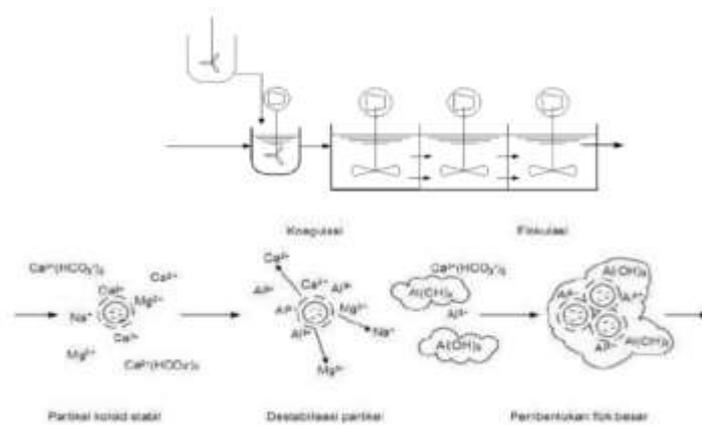
Adapun agen netralisan yang biasa digunakan untuk proses netralisasi air secara umum beserta klasifikasinya adalah sebagai berikut (W. Wesley Eckenfelder, 2000):

- Senyawa basa:
 - Lime dalam bentuk apapun (senyawa basa kuat)
 - Natrium Hidroksida (NaOH) (senyawa basa kuat)
 - Magnesium Hidroksida (Mg(OH)₂) (senyawa basa sedang)
 - Natrium Karbonat (senyawa basa lemah)
 - Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) (senyawa basa lemah)
- Senyawa asam:
 - Asam Sulfat (H₂SO₄) (senyawa asam kuat)
 - Karbondioksida (senyawa asam lemah)

2.2.6 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.



Gambar 2.10 Gambaran proses Koagulasi-Flokulasi

Sumber: Defremont, 1991.

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 :

1. Destabilisasi partikel atau koloid
2. Tumbukan Van der waals

3. Gradien kecepatan
4. Waktu detensi (Td)

Pengadukan adalah unit yang penting pada pengolahan air limbah meliputi:

5. Pengadukan satu substansi dengan substansi lain
6. Mencampur cairan yang dapat dicampur
7. Flokulasi partikel air limbah
8. Melanjutkan pengadukan cairan tersuspensi
9. Transfer panas

Sebagian besar pengadukan pada pengolahan air limbah dapat dikelompokkan sebagai Continuous-rapid (kurang dari 30 detik) atau continuous (terus – menerus).

a) *Continous Rapid Mixing* (pengadukan cepat)

Pengadukan cepat biasanya digunakan dimana satu substansi diaduk dengan yang lain. Prinsip dari pengadukan cepat ini adalah:

- Mencampur bahan kimia dengan air limbah (misal: penambahan alum, garam besi untuk besi untuk di flokulasi dan pengendapan atau untuk menyebarkan klorin dan hypoklorin ke air buangan untuk desinfektan)
- Mencampur cairan yang dapat dicampur
- Penambahan bahan kimia untuk lumpur dan biosolid untuk memperbaiki

b) *Continous Mixing* (pengadukan terus-menerus)

Pengadukan terus-menerus digunakan dimana konten dari reactor atau Holding tank atau tangki harus terjaga suspensinya pada bak equalisasi, bak flokulasi, dan proses pengolahan pertumbuhan biologi, aerated lagoon, dan aerobic digester.

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 mikroflokk. 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 flokk-flokk. Perbedaan proses flokulasi dan koagulasi pada kecepatan pengadukannya, proses koagulasi memerlukan yang relatif cepat dibanding proses flokulasi. Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan adalah :

1. Koagulan Aluminium Sulfat

Aluminium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini membutuhkan kehadiran alkalinitas dalam air untuk membentuk flokk. Dalam reaksi koagulasi, flokk alum dituliskan sebagai $Al(OH)_3$.

Mekanisme koagulasi ditentukan oleh Ph, konsentrasi koagulan dan konsentrasi koloid. Koagulan dapat menurunkan pH dan alkalinitas karbonat. Rentang pH agar koagulasi dapat berjalan dengan baik antara 6-8. Didalam air koagulan alum akan mengalami proses disosiasi, hidrolisa dan polimerisasi.

Reaksi Disosiasi

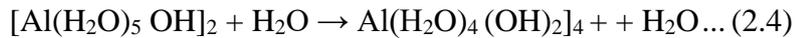


Reaksi Hidrolisa:



Reaksi polimerisasi ion kompleks:





2. Koagulan Ferri Chlorida
3. Koagulan Chlorinated Copperas ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$), Fe Cl_3 , 7 H_2O
4. Koagulan Polu Alumunium Chloride (PAC)

Komponen-komponen pengaduk lambat atau mekanismenya diantaranya adalah :

- Impeller
- Motor
- Controller
- Reducer
- Sistem Transmisi
- Shaft
- Bearing

Jenis-jenis flokulasi, yaitu:

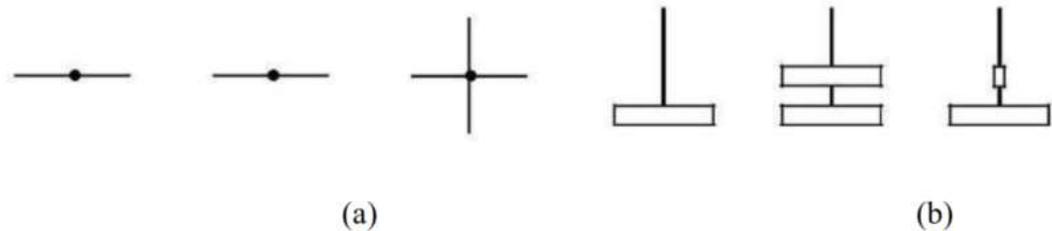
1. Flokulasi Mekanis
2. Flokulasi Hidrolis
 - a. *Baffle Channel Flocculator*
 - b. *Gravel bed flocculator*
 - c. *Hidrolic jet flocculator*
3. Flokulasi Pneumatis

Pengolahan dengan proses koagulasi selalu diikuti dengan proses flokulasi. Pengolahan dengan cara ini diperlukan untuk mengolah limbah yang tingkat kekeruhannya cukup tinggi yang disebabkan oleh zat pencemar. Perbedaan proses koagulasi dengan Flokulasi adalah pada kecepatan pengadukannya. Koagulasi diperlukan pengadukan yang relatif cepat, sedangkan flokulasi pengadukannya secara perlahan.

Adapun jenis pengaduk cepat secara mekanik yaitu :

- a. Turbine
- b. Paddle
- c. Propellers

Berikut tipe paddle, turbine dan propellers :



Gambar 2.11 Tipe Paddle (a) tampak atas (b) tampak samping

2.2.7 Sedimentasi

Removal dari bak pengendap pertama ini tergantung dari kedalaman bak dan dipengaruhi oleh luas permukaan serta waktu detensi. Unit pengolahan bak pengendap I ini berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut dari cairan dengan menggunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan. Bak sedimentasi bentuk Rectangular terbagi menjadi empat zona, yaitu:

- Zona inlet

Zona *inlet* berfungsi untuk mendistribusikan air ke seluruh area bak secara seragam, mengurangi energi kinetik air yang masuk, serta untuk memperlancar transisi dari kecepatan air yang tinggi menjadi kecepatan air yang rendah yang sesuai untuk terjadinya proses pengendapan di zona pengendapan (Kawamura, 2000).

- Zona Pengendapan

Proses pengendapan pada zona pengendapan pada dasarnya ditentukan oleh dua faktor, yaitu :

1. Karakteristik partikel tersuspensi.

2. *Overflow rate*.

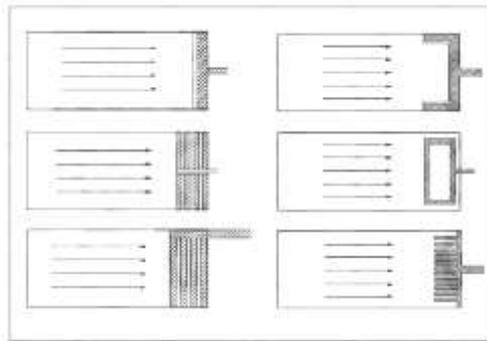
3. Dan efisiensi Bak.

- Zona Lumpur

Zona lumpur merupakan zona dimana partikel-partikel diskret yang telah mengendap berada. Zona ini memiliki kemiringan tertentu menuju ke hopper yang terletak di bagian bawah inlet. Kemiringan dasar bak Rectangular adalah sebesar 1-2%. Zona lumpur didesain memiliki kemiringan tertentu agar mempermudah pada saat pembersihan lumpur. Kemiringan yang cukup terutama untuk pembersihan yang dilakukan secara manual, sebab pembersihan secara manual biasanya dilakukan dengan cara menggelontorkan air agar lumpur terbawa oleh air (Qasim,1985).

- Zona Outlet

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. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona Outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar. Penyusunan zona Outlet dapat dilihat pada Gambar 2.12

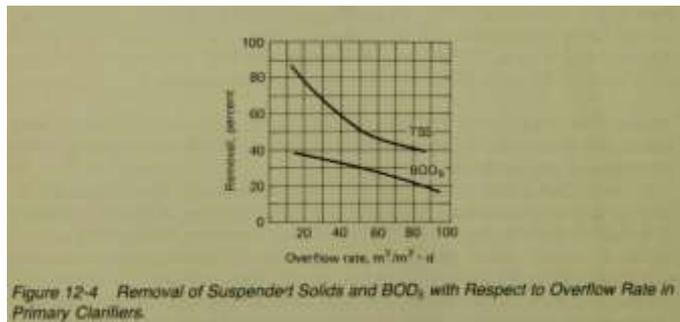


Gambar 2.1 Susunan Pelimpah pada Outlet

Berikut ini adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan untuk menghitung Bak Sedimentasi pada setiap bagiannya :

- Zona Settling
 - a. Kriteria perencanaan
 - 1) *Over Flow Rate (OFR)*

- *Average* = $30-50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$
- *Peak* = $70-130 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$



Gambar 2.2 Grafik Removal Suspended Solid dan BOD

Sumber: Tabel 12.1 (Qasim, 1985), Wastewater Treatment Plants : planning Design and Operation. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 269

- 2) *Waktu Tinggal (Td)* = 0,6-3,6 jam

TABLE 12-2 Detention Times for Various Overflow Rates and Tank Depths

Overflow Rate (m ³ /m ² ·d)	Detention Period (h)					
	2.0-m Depth	2.5-m Depth	3.0-m Depth	3.5-m Depth	4.0-m Depth	4.5-m Depth
30	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
40	1.2	1.5	1.8*	2.1	2.4	2.7
50	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2
60	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
70	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5
80	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4

* A 3.0 m deep sedimentation basin having an overflow rate of 40 m³/m²·d will provide a detention period of 1.8 h.

Gambar 2.3 Waktu Detensi

Sumber: Tabel 12.2 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : planning design and operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 269)

3) Dimensi

a) Rectangular

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

b) Circular

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

(Sumber: Tabel 12.3 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 271)

4) %Removal TSS = 50-70 %

(Sumber: (Huisman, 1977) *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft University of Technology. Halaman 12)

5) Bilangan Reynold (NRe) = <2000 (Laminer)

6) Bilangan Freud (NFr) = >10-5 (mencegah aliran pendek)

7) *Specific gravity 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)

8) Slope ke arah zona *sludge*

- *Rectangular* = 1% - 2%

- *Circular* = (40-100 m/m)

(Sumber: (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 274)

9) Cek NRe partikel <0,5

10) Syarat terjadinya pengendapan ($T_p < T_d$)

11) Syarat terjadinya penggerusan ($V_{sc} > V_h$)

12) Suhu air buangan 26 °C, sehingga

- *Kinematic Viscosity* (ν) = $8,77 \times 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{dt}$

- *Absolute Viscosity* (μ) = $8,75 \times 10^{-4} \text{ (N)(s)/m}^2$

- Massa Jenis (ρ) = $0,99681 \text{ gr/cm}^3$

= $996,81 \text{ kg/m}^3$

(Sumber: Appendix C (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition*. PWS Publishing Company. Halaman 762)

13) Koef. *Manning* (n) = 0,012 – 0,016 (untuk bahan beton)

(Sumber: (Indonesia, 2017) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan

Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Halaman 101).

14) 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)

Rumus yang digunakan

1) Luas permukaan

$$A = \frac{Q}{\text{over flow Rate}}$$

Keterangan :

A = Luas permukaan (m^2)

Q = Debit limbah (m^3/s)

2) Cek *over flow Rate* (OFR)

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

Keterangan :

Q = Debit limbah (m^3/s)

L = panjang (m)

W = lebar (m)

OFR = *over flow rate* ($m^3/m^2 \cdot s$)

3) Kecepatan pengendapan (v_s)

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

Keterangan :

Td = waktu detensi (s)

v_s = kecepatan pengendapan (m^2/s)

H = kedalaman (m)

4) Kecepatan Horizontal (v_h)

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

Keterangan :

V_h = Kecepatan horizontal (m^2/s)

L = panjang pipa (m)

Td = waktu detensi (s)

5) Jari-jari hidrolis

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

Keterangan :

R = jari-jari hidrolis (m)

W = lebar (m)

H = kedalaman (m)

6) Diameter partikel (Dp)

$$DP = \sqrt{\frac{Vs \times \vartheta \times 18}{g \times (Ss - 1)}}$$

Keterangan :

Dp = diameter partikel (m)

ϑ = kinematic viscosity (m^2/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

V_s = Kecepatan pengendapan (m^2/s)

S_s = specific Gravity suspended solid

7) Bilangan Reynolds

a) NRe partikel

$$NRe \text{ partikel} = \frac{v_s \times Dp}{\vartheta}$$

Keterangan :

NRe = Bilangan Reynolds

V_s = Kecepatan pengendapan (m^2/s)

Dp = diameter partikel (m)

ϑ = kinematic viscosity (m^2/s)

b) Nre Zona settling

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

Keterangan :

NRe = Bilangan Reynolds

V_h = Kecepatan horizontal (m^2/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

ϑ = kinematic viscosity (m^2/s)

8) Bilangan Freud (NFr)

$$NFr = \frac{v_h}{\sqrt{g \times H}}$$

Keterangan :

NFr = Bilangan Freud

V_h = Kecepatan horizontal (m^2/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H = Kedalaman (m)

9) Cek penggerusan/kecepatan scouring (V_{sc})

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

Keterangan :

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

Ss = *specific Gravity suspended solid*

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Dp = diameter partikel (m)

10) Slope Bak

$$S_{bak} = 2\% \times L$$

Keterangan :

S_{bak} = Slope bak (m/m)

L = panjang bak (m)

11) Kehilangan Tekanan pada zona settling

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

Keterangan :

Hf = Kehilangan tekanan pipa (m)

Vh = Kecepatan horizontal (m^2/s)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari-jari hidrolis (m)

L = panjang bak (m)

2.2.8 Filtrasi

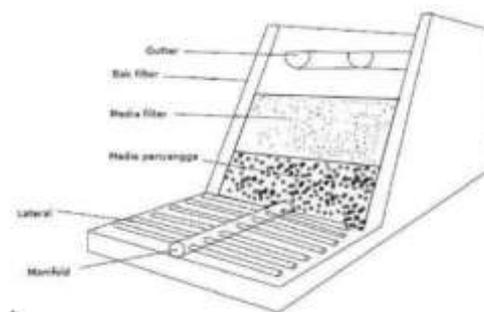
Removal dari bak pengendap pertama ini tergantung dari kedalaman bak dan dipengaruhi oleh luas permukaan serta waktu detensi. Unit pengolahan bak pengendap I ini berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut dari cairan dengan menggunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan. Bak sedimentasi bentuk Rectangular terbagi menjadi empat zona, yaitu 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 sebagai berikut:

- a) Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b) Proses sedimentasi di dalam filter
- c) Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
- d) Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
- e) Proses koagulasi di dalam filter
- f) Proses biologis di dalam filter
- g) Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya 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 2.20 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.15 Bagian-Bagian Filter

Sumber: Reynolds and Richards. 1996

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, diatomaceous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya. Sedangkan jenis filter berdasar sistem operasi dan media antara lain: single media, dual media, dan multi media. Filter single media adalah filter cepat tradisional yang menggunakan media pasir kwarsa. Penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Filter dual media menggunakan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Hal ini memberikan keuntungan yakni kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan hemat biaya. Multi media filter biasanya terdiri dari media antrasit, pasir dan garnet atau dolomit. Media ini sering digunakan karena memiliki perbedaan densitas yang berbeda, dengan antrasit sebagai media filtrasi yang paling ringan per satuan volume, kemudian diikuti oleh pasir dan garnet. Fungsi multi media filter yakni untuk memaksimalkan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring (Reynolds, 1992).

Menurut Al-Layla (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 0,450,55 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 80 cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan

slow sand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari head loss 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, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya.

Adapun beberapa jenis tipe filtrasi adalah sebagai berikut:

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 ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat

berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171).

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 schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176).

3. Filter pasir 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 filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki.

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 kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (upflow) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu menggunakan menara air dan interfilter.

2.2.9 Disinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Disinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Disinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode 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 desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan kalium

permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah untuk sebagai berikut:

1. Menghilangkan bau
2. Mematikan alga
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
4. Mengoksidasi amonia menjadi senyawa amin
5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Berikut adalah macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi disinfeksi adalah:

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi disinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperatur air
5. pH
6. Keberadaan senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam disinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya:

1. Disinfeksi dengan ozon

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

2. Disinfeksi dengan UV

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek germicidal adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam air kemudian diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin

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 lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). 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., 1978).

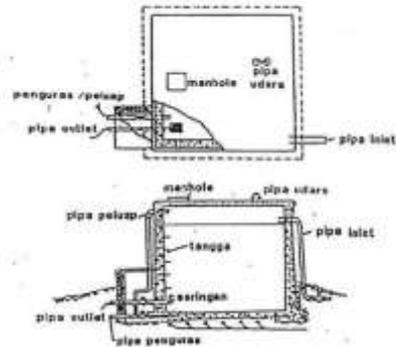
2.2.10 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Berdasarkan tinggi relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah



Gambar 2.16 Reservoir permukaan

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2.17 Reservoir Menara

2.2.11 Sludge Drying Bed

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari thickener. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari.

Pengeluaran air lumpur dilakukan melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara

langsung tanpa proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan drying bed. Bak pengering berupa bak dangkal berisi media penyaring pasir dan batu kerikil sebagai penyangga pasir, serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar bak pengering dibuat saluran atau pipa pembuangan air (drain). Media penyaring merupakan bahan yang memiliki pori besar untuk ditembus air. Pasir, ijuk, dan kerikil merupakan media penyaring yang sering digunakan.

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengeringan alami dengan matahari, maka air akan keluar melalui saringan dan penguapan. Pada mulanya keluarnya air melalui saringan berjalan lancar dan kecepatan pengurangan air tinggi, tetapi jika bahan penyaring (pasir) tersumbat maka proses pengurangan air hanya tergantung kecepatan penguapan. Kecepatan pengurangan air pada bak pengering lumpur seperti ini bergantung pada penguapan dan penyaringan, dan akan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, hujan, ketebalan lapisan lumpur, kadar air, sifat lumpur yang masuk dan struktur kolam pengeringan (Metcalf & Eddy, 2004).

2.1 Profil Hidraulis

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. Profil hidrolis IPA merupakan upaya penyajian secara grafis “hydraulic grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influent-effluent) dan perpipaan untuk memastikan

aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

- a) Kehilangan tekanan pada pintu
- b) Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan lain sebagainya
- c) Kehilangan tekanan pada perpipaan
- d) Rumus yang digunakan: $L \times S$
- e) Kehilangan tekanan pada aksesoris
- f) Mengekivalenkan aksesoris dengan panjang pipa, disini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen sekaligus S
- g) Kehilangan tekanan pada pompa
- h) Hal ini dipengaruhi oleh jenis pompa, cara pemasangan, dan lain-lain
- i) f. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
- j) Menghitung dengan bantuan monogram

2. Tinggi muka air

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

- a) Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir

- b) Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- c) Mendapatkan tinggi muka air bangunan sebelum clear well hingga bangunan pertama sesudah intake
- d) Jika tinggi muka air bangunan setelah intake lebih tinggi dari pada tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air