

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri dan jenis bangunan memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) yang mempunyai karakteristik limbah domestik, menurut Baku Mutu PermenLH No. 68 Tahun 2016:

2.1.1 Derajat keasaman (pH)

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH biasanya digunakan untuk menunjukkan konsentrasi dari ion hydrogen tersebut. Kandungan pH pada air limbah IPALD ini adalah 7,79 , Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan merubah kondisi di perairan alami. (Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57)

2.1.2 Total Suspended Solids (TSS)

TSS adalah jumlah Total Solids (TS) yang tertahan pada sebuah filter dengan ukuran pori tertentu, yang diukur setelah dikeringkan pada suhu 105°C. Filter yang paling umum digunakan untuk pengukuran TSS yaitu Whatman glass fiber filter dengan ukuran pori 1,58 µm. Sedangkan TS sendiri adalah residu yang tersisa setelah air limbah diuapkan dan dikeringkan dengan suhu tertentu (103 – 105°C). (Metcalf & Eddy, 2003).

Kandungan TSS pada air limbah IPALD ini adalah 130 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang di

perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L. TSS merupakan penyebab utama kekeruhan air yang disebabkan oleh partikel-partikel tersuspensi di dalam air yang dapat mengganggu penyerapan cahaya matahari ke dalam air. Kekeruhan akan menghambat penembusan sinar matahari yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan fitoplankton untuk melakukan fotosintesis. TSS meliputi seluruh padatan yang terdapat dalam air, baik senyawa organik maupun anorganik.

2.1.3 Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD adalah jumlah kebutuhan oksigen terlarut di dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mereduksi bahan organik secara biokimia dalam kondisi aerobik. Alasan mengapa tes BOD diperlukan ialah: Untuk menentukan kuantitas oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik secara biologis secara tepat, Menentukan ukuran unit pengolahan limbah, Mengukur efisiensi pengolahan, dan untuk menentukan pematuan pembuangan air limbah yang diperbolehkan (Metcalf & Eddy, 2003). Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*).

BOD adalah 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.

2.1.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi

bahan organik dalam air limbah secara kimiawi dengan menggunakan kalium dikromat didalam larutan asam. Nilai COD seringkali lebih tinggi dari BOD dikarenakan: Banyak substansi organik yang sulit untuk dioksidasi secara biologis seperti ligninyang hanya dapat dioksidasi secara kimiawi, Substansi anorganik yang dioksidasi oleh dikromat meningkatkan jumlah bahan organik dalam air, Beberapa substansi organik dapat meracuni mikroorganisme yang digunakan dalam uji BOD, Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya substansi anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator dikromat sebagai sumber oksigen, dinyatakan dalam ppm atau miligram per liter (mg/L). Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimiawi. Maka, semakin tinggi COD maka semakin tinggi kadar oksigen terlarut untuk oksidasi dan oksigen yang tersedia untuk biota perairan semakin rendah. Kandungan COD pada air limbah IPALD ini adalah 284,604 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 80 mg/L.

2.1.5 Ammonia (NH₃)

Ammonia berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman air dan mikroba fotosintetik seperti cyanobacteria dan mikroalga. Oleh karena itu, konsentrasi ammonia dalam air harus diatasi agar tidak terjadi ledakan jumlah organisme fotosintetik seperti algae blooming. Kandungan ammonia yang ada di limbah domestik ini adalah 15,0935 mg/L. Sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 10 mg/L.

2.1.6 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak sebenarnya mirip, minyak dan lemak merupakan bahan (ester) dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Gliseride asam lemak yang cair dan temperaturnya normal merupakan minyak, sedangkan yang padat merupakan lemak. Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya. Ketebalan minyak yang diperlukan untuk membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003048 mm (0,0000120 in). (Metcalf & Eddy, 2003).

Kandungan minyak dan lemak pada air limbah IPALD ini adalah 12,125 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 20 mg/L. Minyak dan lemak merupakan campuran gliserida dengan susunan asam-asam lemak yang tidak sama. Sifat-sifat fisik dan kimia trigliserida ditentukan oleh asam lemak penyusunnya, karena asam lemak merupakan bagian terbesar berat molekul minyak. (Meyer,1973).

2. 2 Bangunan-bangunan Pengolahan Air Buangan

2.2.1 Intake (bak penampung)

Bak Penampung merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Pemompaan digunakan untuk mengalirkan limbah ke unit pengolahan selanjutnya dengan adanya peningkatan energi mekanika fluida.

Bak penampung adalah sebuah bak yang digunakan untuk menampung air limbah dari saluran pembawa. Bak penampung juga merupakan sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, ketika air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak

penampung agar debitnya konstan

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut :

- Volume Bak Penampung

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

V = Volume bak penampung (m³)

Q = Debit limbah (m³ /s)

t_d = Waktu detensi (s)

- Ketinggian total bak penampung

$$H_{Total} = H + (10\%-30\% \times H) \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

H_{Total} = Kedalaman total bak penampung (m)

H = Kedalaman bak penampung (m)

F_b = 10% - 30% H

2.2.2 Greaser trap

Grease trap merupakan sebuah unit pengolahan yang digunakan untuk menyisahkan minyak dan lemak dalam air limbah agar tidak mengganggu sistem pengolahan selanjutnya. Dapat mencegah penyumbatan dan gangguan unit selanjutnya yang diakibatkan oleh minyak dan lemak. Diperlukan pembersihan *scum* secara berkala; dan diperlukan lahan yang memadai. Grease trap terdiri dari dua kompartemen, yaitu kompartemen pertama (2/3 dari total panjang) dan kompartemen kedua (1/3 dari total panjang). *Grease trap* dilengkapi dengan lubang control (*manhole*) dengan diameter minimum 0,6 m.

Penyisihan minyak dan lemak menggunakan grease trap dilakukan

di awal sistem pengolahan untuk mencegah terjadinya gangguan pada unit pengolahan selanjutnya. Pada umumnya, grease trap terdiri dari dua kompartemen. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa greaserap mampu menyisihkan hingga 80% minyak dan lemak (EPA, 1998). Disarankan kecepatan aliran dalam grease trap 2-6 m/jam dan waktu tinggal 5-20 menit.

2.2.3 Koagulasi – Flokulasi

Air baku dari air permukaan umumnya mengandung partikel tersuspensi. Partikel tersuspensi dalam air dapat berupa partikel bebas dan koloid dengan ukuran yang sangat kecil, antara 0,001 mikron (10^{-6} mm) sampai 1 mikron (10^{-3} mm). Partikel yang ditemukan dalam kisaran ini meliputi :

- Partikel anorganik, seperti serat asbes, tanah liat, dan lanau atau silt,
- Presipitat koagulan, dan
- Partikel organik, seperti zat humat, virus, bakteri, dan plankton. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012)

Pada umumnya, dispersi koloid mempunyai sifat memendarkan cahaya. Sifat pemendaran cahaya ini terukur sebagai satuan kekeruhan. Partikel tersuspensi pada umumnya sangat sulit mengendap secara alami (lihat Tabel 2.11). Hal ini karena adanya stabilitas suspensi koloid. Stabilitas koloid terjadi karena :

- Gaya van der Waals. Gaya ini merupakan gaya tarik-menarik antara dua massa, yang besarnya tergantung pada jarak antar keduanya.
- Gaya Elektrostatik. Gaya elektrostatik adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid pada keadaan yang stabil. Sebagian besar koloid mempunyai muatan listrik. Oksida metalik umumnya bermuatan positif, sedangkan oksida nonmetalik dan sulfida metalik umumnya bermuatan negatif. Kestabilan koloid terjadi karena adanya gaya tolak antar koloid

yang mempunyai muatan yang sama. Gaya ini dikenal sebagai zeta potensial.

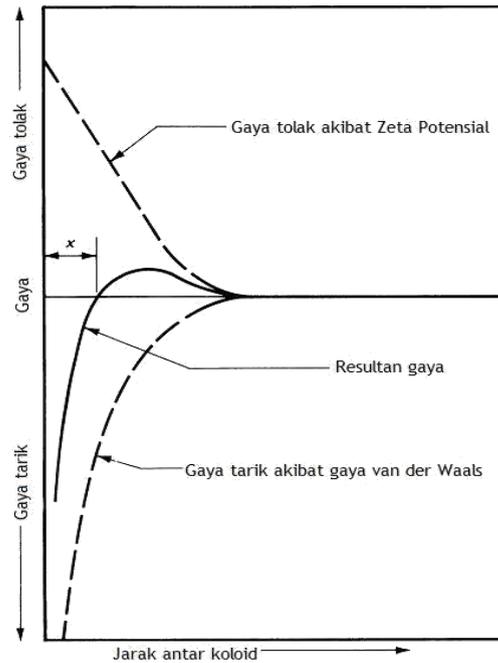
- Gerak Brown. Gerak ini adalah gerak acak dari suatu partikel koloid yang disebabkan oleh kecilnya massa partikel. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012)

Pada umumnya, gaya van der Waals dan gaya elektrostatis saling meniadakan. Kedua gaya tersebut nilainya makin mendekati nol dengan makin bertambahnya jarak antar koloid. Resultan kedua gaya tersebut umumnya menghasilkan gaya tolak yang lebih besar. Hal ini menyebabkan partikel dan koloid dalam keadaan stabil. Berikut ini adalah tabel 2.1 waktu pengendapan partikel:

Tabel 2. 1 Pengendapan Partikel Dalam Air

Ukuran Partikel (mm)	Tipe Partikel	Waktu Pengendapan (h = 1 m)
10	Kerikil	1 s
1	Pasir	10 s
10^{-1}	Pasir Halus	2 menit
10^{-2}	Lempung	2 jam
10^{-3}	Bakteri	8 hari
10^{-4}	Koloid	2 tahun
10^{-5}	Koloid	20 tahun
10^{-6}	Koloid	200 tahun

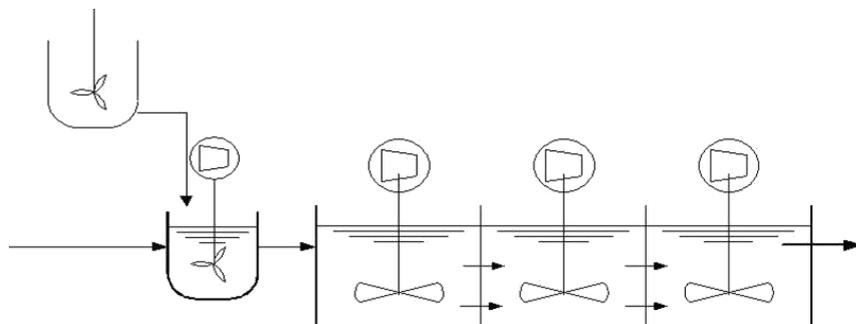
Sumber : (Water Treatment Handbook : 6th edition, Volume 1, 1991)

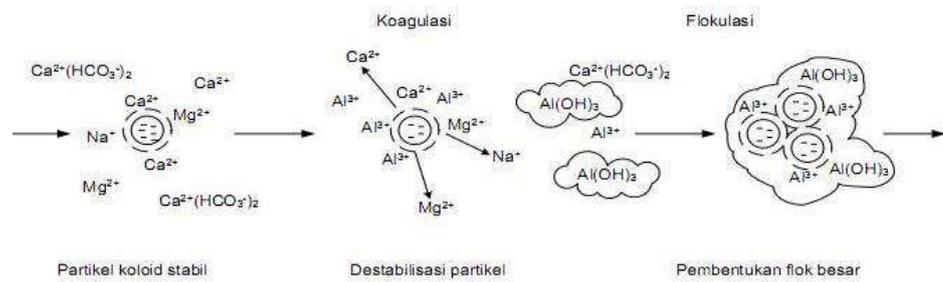


(Sumber: Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012)

Gambar 2. 1 Gaya-Gaya Pada Koloid

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.





Gambar 2. 2 Koagulasi Flokulasi

Empat 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:

1. Pengadukan satu substansi dengan substansi lain
2. Mencampur cairan yang dapat dicampur
3. Flokulasi partikel air limbah
4. Melanjutkan pengadukan cairan tersuspensi
5. Transfer panas.

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



Gambar 2. 3 Pengadukan Skala Lab

a. Continuous 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 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 karakteristik pengeringan.

b. Continuous 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 mikroflok.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

- Waktu detensi = 20 - 60 detik
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
(Reynold, 166-193; Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012)

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

- Waktu detensi = 20 - 60 detik
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
(Reynold, 166-193; Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 0,5 - 6 menit
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
(Reynold, 166-193; Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012)

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:

- a. Koagulan Aluminium Sulfat
- b. Koagulan Ferrous sulfat
- c. Koagulan *Chlorinated Copperas* ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$), $\text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
- d. Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

c. Pengadukan Lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk

menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai *GTd* (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Secara spesifik, nilai *G* dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut:

Untuk air sungai:

- Waktu detensi = minimum 20 menit

$G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$ Untuk air waduk:

- Waktu = 30 menit

$G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$ Untuk air keruh:

- Waktu dan *G* lebih rendah

Bila menggunakan garam besi sebagai koagulan:

G tidak lebih dari 50 detik⁻¹ Untuk flokulator 3 kompartemen:

- G kompartemen 1 : nilai terbesar
- G kompartemen 2 : 40 % dari G kompartemen 1
- G kompartemen 3 : nilai terkecil

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

- Waktu detensi = minimum 30 menit

$G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15 - 30 menit

$G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$

$GTd = 10.000 - 100.000$

(Reynold, 166-193; Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi)

Komponen-komponen pengaduk lambat atau mekanismenyadiantaranya adalah:

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

Kendala yang ada pada pengaduk lambat adalah:

1. Kurang fleksibel terhadap perubahan kualitas air baku
2. Sulit beradaptasi terhadap perubahan debit
3. Headloss besar

Jenis-jenis flokulasi, yaitu:

- a. Flokulasi mekanis
- b. Flokulasi hidrolis
 - *Baffle channel flocculator*
 - *Gravel bed flocculator*
 - *Hidrolic jet flocculator*
- c. 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 :

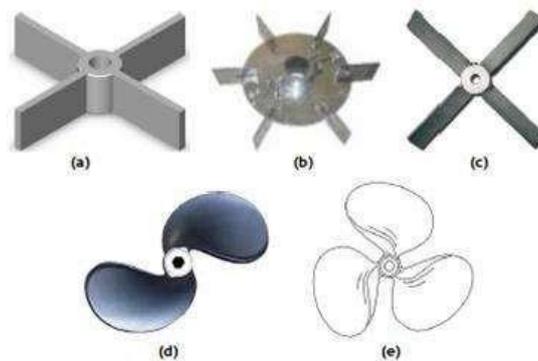
1. Turbine
2. Paddle
3. Propellers

Jika hanya menggunakan suatu koagulan maka menggunakan satu kompartemen, tetapi apabila lebih dari satu koagulan jumlah kompartemen bisa lebih dari satu. Diharapkan aliran dalam bak pengaduk cepat adalah aliran turbulen. Volume bak tergantung dari waktu detensi. Hubungan waktu detensi dan gradien kecepatan pada pengaduk cepat dilihat pada berikut:

Tabel 2. 2 Hubungan Waktu Detensi dan Gradien Kecepatan pada Pengaduk Cepat

Waktu detensi (Detik)	GI (fps/ft.or sec ⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50	700

a. Tipe Turbine



Gambar 2. 4 Tipe Turbine Impeller

Ada beberapa jenis turbine impeller antara lain :

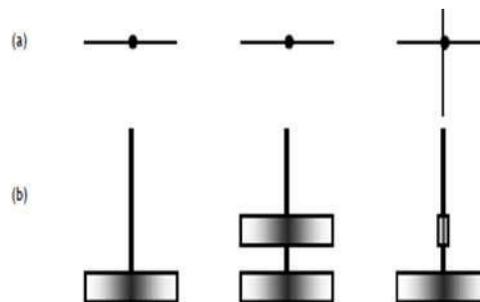
- Straight blade
- Vaned disc

- Curved blade
- Propeler 2 blade
- Propeler 3 blade

Sedangkan kriteria dari turbin propeller ini adalah sebagai berikut:

- Diameter impeller = 30 – 50 % dari diameter atau lebar bak.
- Kecepatan impeller = 10 – 150 rpm
- Baffle dalam bak = 0.1 dari diameter atau lebar bak.

b. Paddle



Gambar 2. 5 Tipe Paddle

Kriteria dari Paddle Impeller ini adalah sebagai berikut :

- Diameter = 50 – 80 % dari diameter atau lebar bak.
- Kecepatan = 20 – 150 rpm
- Baffle dalam bak = 0.1 dari diameter atau lebar bak.
- Lebar paddle = $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{10}$ dari diameter bak atau lebar bak

c. Propeller

Kriteria dari Propeler ini adalah sebagai berikut :

- Kecepatan = 400 – 1750 rpm
- Baffle dalam bak = 0.1 dari diameter atau lebar bak
- Terdiri dari = 2 – 4 blades
- Max. Diameter propeller = 18 inci

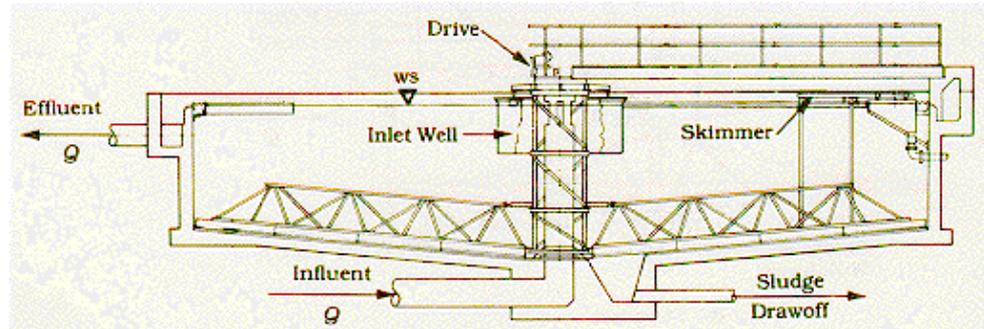
Power yang diberikan pada air yang diolah oleh propeler yang berbeda harus menghasilkan aliran turbulen dengan $NRe > 10000$.

2.2.4 Sedimentasi

Bak pengendap I adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid tanpa bantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25- 40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh:

1. Aliran angin.
2. Suhu udara permukaan.
3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air.
4. Suhu terstratifikasi dari iklim.
5. Bilangan eddy

Desain bak pengendap I yang kami pilih yaitu circular. Pada tangki circular pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur sirkular yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan range dari 1-2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 6 Sedimentasi

Kriteria - kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: Surface Loading (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Nilai waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari (Metcalf & Eddy, 2003).

2.2.5 Activeted Sludge

Untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi di metabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO₂ dan H₂O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun proses didalam activated sludge, yaitu :

a. Konvensional

Pada sistem konvensional terdiri dari tanki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik.

➤ Tangki Aerasi

Oksidasi aerobik material organik dilakukan dalam tangki ini. Efluent pertama masuk dan tercampur dengan Lumpur Aktif Balik (Return Activated Sludge = RAS) atau disingkat LAB membentuk lumpur campuran (mixed liquor), yang mengandung padatan tersuspensi sekitar 1.500 - 2.500 mg/l. Aerasi dilakukan secara mekanik. Karakteristik dari proses lumpur aktif adalah

adanya daur ulang dari biomassa. Keadaan ini membuat waktu tinggal rata-rata sel (biomassa) menjadi lebih lama dibanding waktu tinggal hidrauliknya (Sterritt dan Lester, 1988). Keadaan tersebut membuat sejumlah besar mikroorganisme mengoksidasi senyawa organik dalam waktu yang singkat. Waktu tinggal dalam tangki aerasi berkisar 4 - 8 jam.

➤ **Tangki Sedimentasi**

Tangki ini digunakan untuk sedimentasi flok mikroba (lumpur) yang dihasilkan selama fase oksidasi dalam tangki aerasi. Seperti disebutkan diawal bahwa sebahgian dari lumpur dalam tangki penjernih didaur ulang kembali dalam bentuk LAB kedalam tangki aerasi dan sisanya dibuang untuk menjaga rasio yang tepat antara makanan dan mikroorganisme (F/M Ratio). Parameter yang umum digunakan dalam lumpur aktif (Davis dan Cornwell, 1985; Verstraete dan van Vaerenbergh, 1986) adalah sebagai berikut:

1. *Mixed-liqour suspended solids* (MLSS). Isi tangki aerasi dalam sistem lumpur aktif disebut sebagai mixed liqour yang diterjemahkan sebagai lumpur campuran. MLSS adalah jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk didalamnya adalah mikroorganisma. MLSS ditentukan dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (filter), kemudian filter dikeringkan pada temperatur 1050C, dan berat padatan dalam contoh ditimbang.
2. *Mixed-liqour volatile suspended solids* (MLVSS). Porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel (Nelson dan Lawrence, 1980). MLVSS diukur dengan memanaskan terus sampel filter yang telah kering pada 600 - 6500C, dan nilainya mendekati 65-75% dari MLSS.
3. *Food - to - microorganism ratio* (F/M Ratio). Parameter ini merupakan indikasi beban organik yang masuk kedalam sistem lumpur aktif dan diwakili nilainya dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari (Curds dan Hawkes, 1983; Nathanson, 1986)

% Removal = 80 – 85 % COD

80 – 85 % TSS

80 – 90 % N

(Sumber : WWETDR, Metcalf and Eddy, hal 484)

b. Nonkonvensional

Pada "Sistem Extended Aeration" ini mengolah air limbah secara Biologi, dengan menciptakan suatu kondisi dimana mengembang biakkan bakteri-bakteri yang terkandung di dalam air limbah tersebut menjadi lebih baik, dan melakukan proses dekomposisi/ penguraian zat - zat pencemar secara optimal, dan aman untuk di salurkan ke Drainase kota. Extended Aeration Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit. % Removal = 75 – 90 % BOD

2.2.6 Clarifier

Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing-masing vee dan dihilangkan melalui pipa di bawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1–2 jam. Kedalaman clarifier rata-rata 10–15 feet (3–4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (sludge blanket) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter).

Secondary clarifier merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem activated sludge. Bagian ini berperan dalam proses pemisahan lumpur dari

limbah yang telah diolah di dalam reaktor biologi. Ada lima parameter yang paling berpengaruh terhadap performa secondary clarifier, yaitu: - Konsentrasi MLSS yang masuk ke clarifier - Debit air limbah - Debit resirkulasi system activated sludge - Luas permukaan clarifier, dan - Kemampuan mengendap lumpur. Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri pathogen lainnya. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan clarifier. Clarifier sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.

2.2.7 Disinfeksi UV

Karakteristik dari cahaya ultraviolet memberikan dampak pada kerusakan kulit dan mampu membunuh mikroorganisme di dalam sehingga perkembangannya terlambat. Cahaya UV ini ditemukan sejak tahun 1677, dan pertama kali dimanfaatkan oleh Niels Ryberg Finsen seorang peneliti Denmark untuk membunuh organisme patogen. Selain itu UV lamp merupakan lampu gelombang ultraviolet yang memancarkan gelombang cahaya yang mempunyai panjang gelombang paling pendek dari cahaya tampak yaitu antara 100-390 nm. Sinar yang bersifat membunuh mikroorganisme (germisida) dari lampu kabus merkuri dipancarkan secara eksklusif pada panjang gelombang 2537 satuan Amstrong (253,7 milimikron). Ketika sinar UV melewati bahan, energi dibebaskan ke orbital elektron dalam atom konstituen. Energi yang terserap ini menyebabkan meningginya keadaan energi atom-atom dan mengubah reaktifitasnya (Chamim, A.N.N. & Iswanto, 2011).

Klasifikasi sinar UV :

1. UV type C = 100 – 280 nm
2. UV type B = 280 – 315 nm
3. UV type A = 315 – 390 nm

2.2.8 Reservoir

Bangunan ini selain digunakan untuk keperluan konsumen juga digunakan untuk keperluan instalasi. Maksud dari keperluan instalasi disini misalnya untuk proses backwash, pembersihan instalasi, pelarutan bahan kimia dll. Reservoir bisa berupa ground reservoir dan elevated reservoir. Jenis-jenis reservoir berdasarkan perletakannya antara lain:

A. Elevated Reservoir (menara reservoir)

Menara reservoir dapat direncanakan dari kebutuhan air yang diperlukan untuk instalasi pengolahan air buangan tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalasi dapat direncanakan dimensi menara instalasi 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 Reservoir Menara

B. 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.

C. Stand Pipe

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

- a) Kebutuhan air untuk kantor
- b) Kebutuhan air untuk pelarutan koagulan dan desinfektan
- c) Kebutuhan air untuk filtrasi
- d) Kebutuhan air untuk sedimentasi

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang reservoir adalah:

1. Volume reservoir

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

2. Tinggi elevasi energy

Elevasi energi reservoir harus bisa melayani seluruh jaringan distribusi. Elevasi energi akan menentukan sistem pengaliran dari reservoir menuju jaringan distribusi. Bila elevasi energi pada reservoir lebih tinggi dari

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

3. Letak reservoir

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

4. Pemakaian pompa

Jumlah pompa dan waktu pemakaian pompa harus bisa mencukupi kebutuhan pengaliran air.

5. Konstruksi reservoir

- Ambang Bebas dan Dasar Bak
- Ambang bebas minimum 30 cm di atas muka air tertinggi
 - Dasar bak minimum 15 cm dari muka air terendah
- Posisi dan jumlah pipa inlet ditentukan berdasarkan pertimbangan bentuk dan struktur tanki sehingga tidak ada daerah aliran yang mati
- Pipa outlet dilengkapi dengan saringan dan diletakkan minimum 10 cm di atas lantai atau pada muka air terendah
- Perlu memperhatikan penempatan pipa yang melalui dinding reservoir, harus dapat dipastikan dinding kedap air dan diberi flexible joint
- Pipa inlet dan outlet dilengkapi dengan gate valve
- Pipa peluap dan penguras memiliki diameter yang mampu mengalirkan debit air maksimum secara gravitasi dan saluran outlet harus terjaga dari kontaminasi luar.

6. Ventilasi dan Manhole

- Reservoir dilengkapi dengan ventilasi, manhole, dan alat ukur tinggi muka

air

- Tinggi ventilasi \pm 50 cm dari atap bagian dalam
- Ukuran manhole harus cukup untuk dimasuki petugas dan kedap air.

2.3 Persen Removal

Tabel 2. 3 Persen Removal

JENIS BANGUNAN	PARAMETER TERSISIH	KEMAMPUAN PENYISIHAN	SUMBER
Bak Pengumpul	-	-	-
Greaser Trap	➤ Minyak dan Lemak	70 - 85 %	Kementrian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan
Bak Koagulasi	-	-	-
Bak Flokulasi	-	-	-
Bak Pengendap 1	➤ TSS (Total ➤ BOD	➤ 50% - 80% ➤ 25% - 40%	Wastewater Engineering treatment and Reuse 4th Edition : Halaman 396
Activated Sludge	➤ COD ➤ BOD ➤ Amonia	➤ 90% - 95% ➤ 85% - 95% ➤ 75% - 90%	(Sumber : Metcalf & Eddy, WWET Disposal, and Reuse 4th edition, page 1007) (Marcos Von Sperling - Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors_ Biological Wastewater Treatment Volume 5 hal 13)
Clarifier	➤ TSS	➤ 80% - 90%	Ronald L. Droste_ Ronald L. Gehr - Theory and practice of water and wastewater treatment

			hal 315
Desinfeksi UV	➤ Total Coliform	➤ 99%	Winarti, C. (2020). Penurunan Bakteri Total Coliform Pada Air Limbah Rumah Sakit Terhadap Pengaruh Lama Waktu Penyinaran Dengan Sinar Ultra Violet. 20(1), 52–57

2.4 Profil Hidrolis

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan dan kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.

a. 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:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka.
- Kehilangan tekanan pada bak.
- Kehilangan tekanan pada pintu air.
- Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus.

b. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu:

- Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris.
- Kehilangan tekanan pada perpipaan.
- Kehilangan tekanan pada aksesoris.
- Kehilangan tekanan pada pompa.