

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah

Berdasarkan Permenlhk No.P.68/Menlhk/setjen/Kum. 1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, disebutkan pada Pasal 1 ayat 2, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Sedangkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama.

2.1.1 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 domestik yang berasal dari rumah makan (*restaurant*) ini adalah 36,7 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 5 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)

2.1.2 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. Kandungan BOD pada air limbah domestik yang berasal dari rumah makan (*restaurant*) ini adalah 1300 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 30 mg/L.

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 lignin yang 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 domestik yang berasal dari rumah makan (*restaurant*) ini adalah 1650 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L.

2.1.5 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 domestik yang berasal dari rumah makan (*restaurant*) ini adalah 825 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 30 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.

2.1.6 Derajat Keasaman (pH)

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

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 mengubah kondisi di perairan alami. (Metcalf-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57).

pH air buangan pada air limbah domestik yang berasal dari rumah makan (*restaurant*) ini adalah 3 mg/L, sedangkan baku mutu yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah dalam batas 6-9.

2.1.7 Total Coliform

Bakteri Coliform merupakan organisme nonspora yang motil atau nonmotil, berbentuk batang, dan mampu memfermentasi laktosa untuk menghasilkan asam dan gas pada temperatur 37°C dalam waktu inkubasi 48 jam (Abdullah et al., 2019). Konsentrasi Total Coliform yang tinggi melebihi batas standar baku mutu air limbah merupakan indikator adanya cemaran patogen infeksius yang menimbulkan penyebaran penyakit melalui perantara media air (water diseases).

Selain itu kandungan limbah cair dengan konsentrasi Total Coliform yang tinggi juga dapat mempengaruhi kehidupan organisme biota pada suatu perairan. Penelitian keberadaan Coliform di perairan sungai juga menentukan kelayakan apakah air tersebut layak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, status pencemaran sungai dapat dikategorikan tercemar ringan hingga sedang sehingga tidak memenuhi baku mutu untuk budidaya perairan (Pratiwi et al., 2018). Kandungan total coliform pada air limbah domestik yang berasal dari rumah makan (*restaurant*) ini adalah 11000 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur

besar kandungan total coliform yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 3000 mg/L.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan adalah unit yang dirancang untuk mengurangi beban pencemar yang terdapat pada air buangan atau limbah. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel-partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen, komponen beracun dan bahan lainnya yang memiliki sifat beracun dan berpotensi menimbulkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Bangunan pengolahan air limbah harus dirancang dengan baik agar dapat menurunkan beban pencemar secara efektif. Dalam proses pengolahan air limbah dibagi menjadi empat tahapan yaitu :

- a) Pengolahan Pendahuluan (Pre - Treatment)
- b) Pengolahan Pertama (Primary - Treatment)
- c) Pengolahan Kedua (Secondary - Treatment)
- d) Pengolahan Ketiga (Tertiary - Treatment)
- e) Pengolahan Lumpur (Sludge - Treatment)

(Sumber: Sugiharto, (1987), Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah, Salemba, Jakarta: Universitas Indonesia Press.)

2.2.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah unit yang berfungsi untuk mendistribusikan air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Saluran pembawa memiliki 2 jenis yaitu saluran terbuka dan tertutup (pipa). Saluran terbuka biasanya terbuat dari beton dan memiliki bentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran. Perencanaan saluran pembawa selalu memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Saluran pembawa yang baik adalah saluran yang setiap 10 m memiliki bak kontrol.



Gambar 2. 1 Saluran Terbuka dan Tertutup

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
- Kemiringan / Slope maksimal (s_{max}) = 1.10-3m/m
- Freeboard = 10-20% = 0,1 - 0,2
- Dimensi saluran (W_s) = $B = 2H$

(Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, halaman 316)

- Kekasaran saluran (n) = 0,011 – 0,020 (saluran terbuka berbahan beton)

2.2.2 Screen

Screen atau penyaringan merupakan unit operasi pertama dalam pengolahan air limbah. Fungsi penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat padat yang kasar yang berukuran besar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewatkan air limbah melalui saringan kasar untuk menghilangkan benda-benda padatan yang berukuran besar. Bagian-bagian dari screening terdiri dari batang-batang yang dipasang secara paralel yang biasa disebut sebagai “kisi” atau screen kasar yang digunakan untuk meremoval bahan-bahan yang kasar.

Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan :

1. Kerusakan pada alat pengolahan,
2. Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan,
3. Kontaminasi pada aliran air (Metcalf & Eddy, 2003).

Cara pembersihan ada dua cara yaitu secara manual dan mekanis. Perbedaan screen kasar dan halus adalah pada jauh dekatnya jarak antara bar

screen. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0.3 m/detik sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20 - 40 mm dan berbentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar screen yang di bersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horisontal.

2.2.3 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 :

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

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

$$t_d = \text{Waktu detensi (s)}$$

- Ketinggian total bak penampung

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

dengan :

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

$$H = \text{Kedalaman bak penampung (m)}$$

$$F_b = 10\% - 30\% H$$

2.2.4 Dissolved Air Flotation (DAF)

DAF merupakan proses pemisahan padatan, minyak dan kontaminan tersuspensi lainnya dengan menggunakan gelembung udara. Udara yang ditambahkan ke dalam air akan tercampur dengan aliran air dan terlepas dari larutan ketika terjadi kontak dengan kontaminan. Gelembung udara menempel pada padatan, meningkatkan daya apung dan mengangkat padatan ke permukaan air.

Pada system DAF, udara dilarutkan di dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ketekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang sangat halus (30 – 120 mikron).

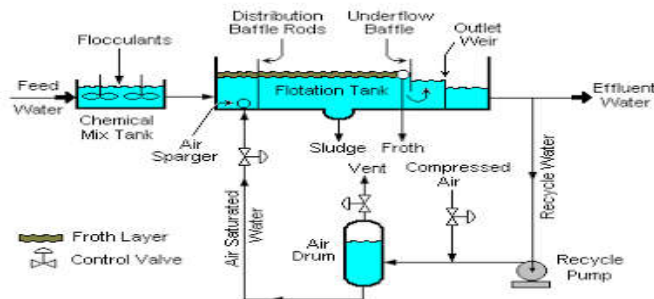
Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif. Aplikasi dari sistim Dissolved Air Flotation di Industri menurut Baum dan Hurst, 1953 adalah:

- Pemisahan partikel tersuspensi sebagai pengganti sedimentasi.
- Pemisahan partikel koloidal, sebagai pengganti filtrasi.
- Pengolahan tingkat pertama, untuk meringankan beban system filtrasi.
- Pemisahan minyak dan lemak, memberikan efisiensi pemisahan yang tinggi untuk emulsi dan fraksi yang terdispersi.
- Pengolahan tingkat pertama dari operasi pengolahan lumpur aktif.

Berdasarkan mekanisme pemisahannya :

- 1) Bisa berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan untuk membantu percepatan flotasi, hal ini bisa terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas sehingga mengapung di permukaan karena berat jenisnya lebih rendah dibanding berat jenis air limbah.
- 2) Bisa dilakukan dengan penambahan bahan, yaitu : Udara atau bahan polimer yang diinjeksikan ke dalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang

diinjeksikan jumlahnya relatif sedikit ($0,2 \text{ m}^3$ udara) untuk setiap m^3 air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan



Gambar 2. 2 Skema DAF

2.2.5 Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berbeda diantara nilai 6,5 – 8,5. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas buffer yang terjadi karena ada produk CO_2 dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

- Larutan dikatakan asam bila : $\text{H}^+ > \text{H}^-$ dan $\text{pH} < 7$
- Larutan dikatakan netral bila : $\text{H}^+ = \text{H}^-$ dan $\text{pH} = 7$
- Larutan dikatakan basa bila : $\text{H}^+ < \text{H}^-$ dan $\text{pH} > 7$

Ada beberapa cara menetralkan kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti :

- Pencampuran limbah.
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur.
- Pencampuran limbah asam dengan Slurry kapur.
- Penambahan sejumlah NaOH , Na_2CO_3 atau NH_4OH ke limbah asam.
- Penambahan asam kuat ($\text{H}_2\text{SO}_4, \text{HCl}$) dalam limbah basa.
- Penambahan CO_2 bertekanan dalam limbah basa.
- Pembangkitan CO_2 dalam limbah basa.

1. Mencampur air limbah yang bersifat asam dengan basa

Jenis netralisasi ini tergantung dari macam-macam bahan basa yang digunakan Magnesium adalah bahan basa yang sangat reaktif dalam asam kuat dan digunakan pada pH di bawah 4,2.

Netralisasi dengan menggunakan bahan basa dapat didefinisikan berdasarkan faktor titrasi dalam 1 gram sampel dengan HCl yang dididihkan selama 15 menit kemudian dititrasi lagi dengan 0,5 N NaOH dengan menggunakan phenolphthalen sebagai buffer. Mencampurkan bahan-bahan basa dapat dilakukan dengan pemanasan maupun pengadukan secara fisik. Untuk bahan yang sangat reaktif, reaksi terjadi secara lengkap selama 10 menit. Bahan-bahan basa lainnya yang dapat digunakan sebagai netralisasi adalah NaOH, Na_2CO_3 atau NH_4OH .

2. Air limbah yang bersifat basa

Banyak bahan asam kuat yang efektif digunakan untuk menetralkan air limbah yang bersifat basa, biasanya yang digunakan adalah sulfuric atau hydrochloric acid. Asap gas yang terdiri dari 14 % CO_2 dapat digunakan untuk netralisasi dengan melewati gelembung-gelembung gas melalui air limbah CO_2 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 beberapa sistem yang digunakan untuk bangunan netralisasi ini adalah:

- a. Sistem batch, yang digunakan untuk aliran air limbah hingga $380 \text{ m}^3/\text{hari}$
- b. Sistem continue, dengan pH control dibutuhkan udara untuk pengadukan dengan minimum aliran air $1-3 \text{ ft}^3 / \text{mm}$, ft^2 atau $0,3-0,9 \text{ m}^3/\text{mm}$, m^2 pada kedalaman 9 ft (2,7 m). Menggunakan sistem pengadukan mekanis, dimana daya yang digunakan $0,2-0,4 \text{ hp/ribu.gal}$ ($0,04 - 0,08 \text{ kW/m}^3$). (Wesley Eckendfelder, 2000)

2.2.6 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. Hal ini karena adanya stabilitas suspensi koloid. Stabilitas koloid terjadi karena :

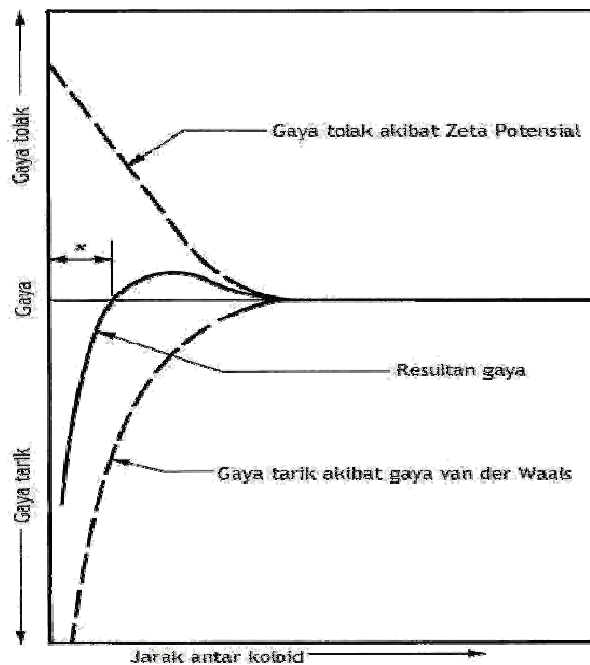
- Gaya van der Waals. Gaya ini merupakan gaya tarik-menarik antara dua massa, yang besarnya tergantung pada jarak antar keduanya.
- Gaya Elektrostatis. Gaya elektrostatis adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid pada keadaan yang stabil. Sebagian besar koloid mempunyai muatan listrik. Oksida metalik 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

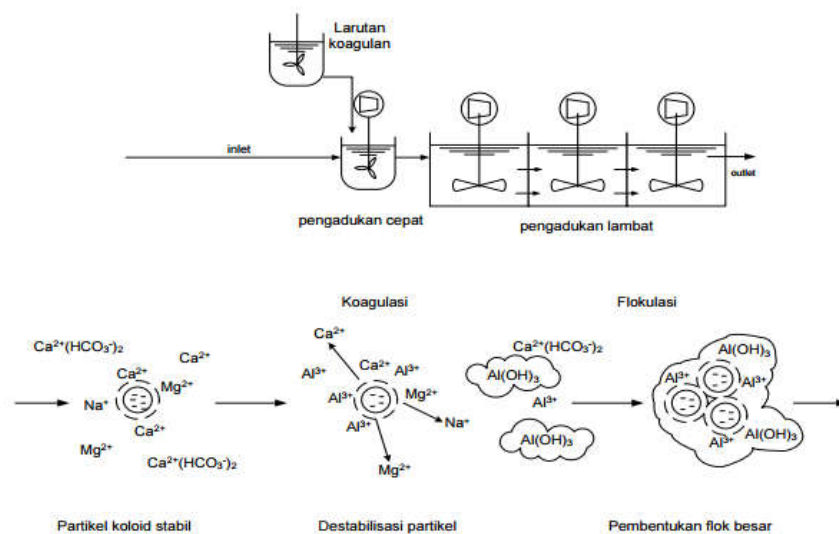
Ukuran Partikel (mm)	Tipe Partikel	Waktu Pengendapan (h = 1 m)
10	Kerikil	1 s
1	Pasir	10 s
0.1	Pasir Halus	2 menit
0.01	Lempu	2 jam
0.001	Bakteri	8 hari
0.0001	Koloid	2 tahun
0.00001	Koloid	20 tahun
0.000001	Koloid	200 tahun

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



Gambar 2. 3 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. 4 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. 5 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 :
 - a. Pengaduk secara mekanik
 - b. Pengaduk dengan hidrolis atau udara
 - c. 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)
- e. 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
 - Baffle channel flocculator
 - Gravel bed flocculator
 - Hidrolic jet flocculator
- b. Flokulasi hidrolis
- 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.

2.2.7 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:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

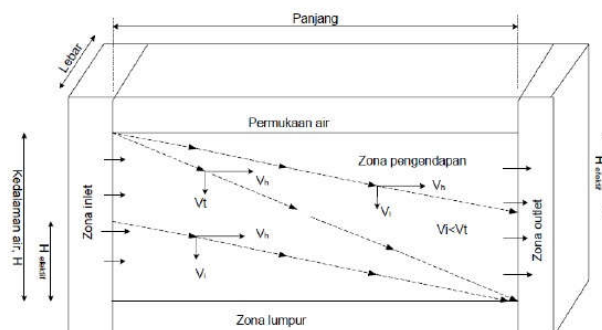
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
- b. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
- c. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
- d. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

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

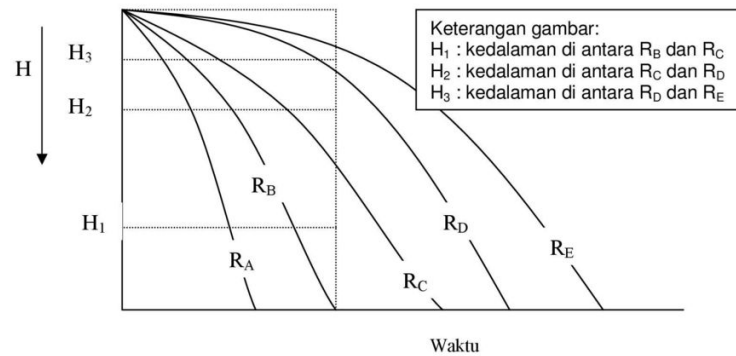
Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :



Gambar 2. 6 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, Water Supply Engineering Design)

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .



Gambar 2. 7 Ketentuan Kedalaman

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

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

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

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

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan overflow rate (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap (aliran kontinu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk overflow rate,

faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (Reynold dan Richards,1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. Horizontal - flow Sedimentation

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

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

Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah:

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

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

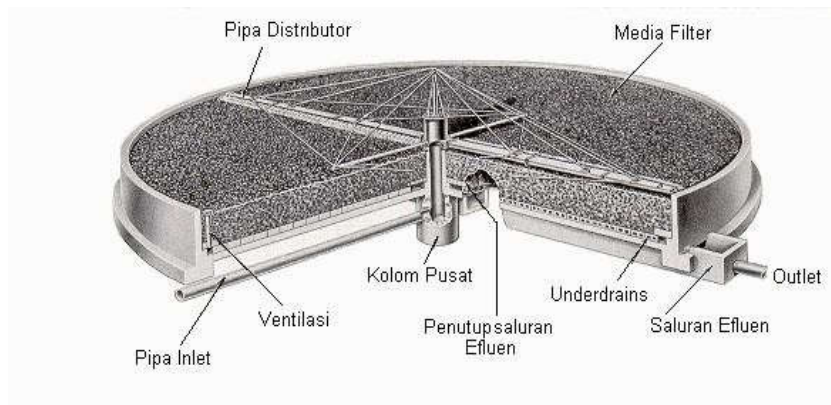
b. Upflow Sedimentation

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

bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

2.2.8 Trickling Filter

Trickling filter menurunkan beban organik yang terdapat dalam air buangan dengan cara mengalirkannya pada media yang permukaannya diselimuti oleh lumpur aktif sebagai biofilm. Filter yang digunakan batu-batuan, pasir, granit dan lainnya dalam berbagai ukuran mulai dari diameter 3/4 in sampai dengan diameter 2,5 in. Proses yang terjadi adalah proses biologis yang memerlukan oksigen (aerobik). Penampang unit *Trickling filter* adalah:



Gambar 2. 8 Penampang Bak *Trickling Filter*

(Sumber: Anonim, 2017)

Air limbah dari pengolahan primer dialirkan masuk melalui pipa yang berputar di atas suatu lahan dengan media filter, beban organik yang ada dalam limbah disemprotkan di atas media, dan diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah diabsorpsi dalam biofilm antar lapisan berlendir.

Pada lapisan bagian luar biofilm, bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme aerobik. Pertumbuhan mikroorganisme mempertebal lapisan biofilm, oksigen yang terdifusi dapat dikonsumsi sebelum biofilm mencapai ketebalan maksimum. Pada saat mencapai ketebalan penuh maka oksigen tidak dapat mencapai penetrasi secara

penuh, sehingga pada bagian dalam atau pada permukaan media akan beradaptasi pada kondisi anaerobik.

Pada saat lapisan biofilm mengalami penambahan ketebalan, dan bahan organik yang diabsorpsi dapat diuraikan oleh mikroorganisme namun tidak mencapai mikroorganisme yang berada pada permukaan media. Dengan kata lain tidak tersedia bahan organik untuk sel karbon pada bagian permukaan media, sehingga mikroorganisme sekitar permukaan media mengalami fase *endogenous* atau kematian. Pada akhirnya mikroorganisme sebagai biofilm tersebut akan lepas dari media, cairan yang masuk akan ikut melepas atau mencuci dan mendorong biofilm keluar setelah itu lapisan biofilm baru akan segera tumbuh. Fenomena lepasnya biofilm dari media tersebut disebut *sloughing* dan hal ini fungsi dari beban organik dan beban hidrolis pada *trickling filter* tersebut.

Beban hidrolis memberikan kecepatan daya gerus biofilm sedangkan beban organik memberikan kecepatan daya dalam biofilm. Berdasarkan beban hidrolis dan organik maka dapat dikelompokkan tipe *trickling filter* *low rate* dan *high rate*.

Tabel 2.6 Data Spesifikasi *Trickling Filter*

Design Characteristics	Low rate	Intermediate Rate	High Rate	High Rate	Roughing
Type of packing	Rock	Rock	Rock	Plastic	Rock/Plastic
Hdraulic loading m ³ /m ² .d	1 – 4	4 – 10	10 – 40	10 – 75	40 – 200
Organic loading Kg BOD/m ² .d	0.07 – 0.22	0.24 – 0.48	0.4 – 2.4	0.6 – 3.2	> 1.5
Recirculation ratio	0	0 – 1	1 – 2	1 – 2	0 – 2
Filter flies	Many	Varies	Few	Few	Few
Sloughing	Intermittent	Intermittent	Continuous	Continuous	Continuous
Depth, m	1.8 – 2.4	1.8 – 2.4	1.8 – 2.4	3.0 – 12.2	0.9 – 6
BOD removal efficiency, %	80 – 90%	50 – 80%	50 – 90%	60 – 90%	40 – 70%
Effluent quality	Well nitrified	Some nitrification	No nitrification	No nitrification	No nitrification
Power, kW/10 ³ m ³	2 – 4	2 – 8	6 – 10	6 – 10	10 – 20

Sumber : Metcalf & Eddy, 1993

Trickling filter terdiri dari suatu tabak dengan media permeable untuk pertumbuhan mikroorganisme. Filter media biasanya mempunyai ukuran diameter 25-100 mm, kedalaman filter berkisar 0,9-2,5 m (rata-rata 1,8) media filter dapat mencapai 12 m yang disebut sebagai *tower trickling filter*.

Air limbah didistribusikan pada bagian atas dengan satu lengan distributif yang dapat berputar. Filter juga dilengkapi dengan *underdrain* untuk mengumpulkan biofilm yang mati untuk kemudian diendapkan dalam bak sedimentasi. Bagian cairan yang keluar biasanya dikembalikan lagi ke *trickling filter* sebagai air pengencer air baku yang diolah. Keuntungan dan kerugian dari bangunan ini adalah :

Keuntungan

- Tidak memerlukan lahan yang terlalu luas serta mudah pengoperasiannya.
- Sangat ekonomis dan praktis.
- Tidak membutuhkan pengawas yang ketat.
- Suplai oksigen dapat diperoleh secara ilmiah melalui permukaan paling atas media.

Kerugian

- Tidak bisa diisi dengan beban volume yang tinggi mengingat masa biologis pada filter akan bertambah banyak sehingga bisa menimbulkan penyumbatan filter.
- Timbulnya bau yang tidak sedap.
- Prosesnya sering terganggu oleh lalat-lalat yang datang menghampiri.

2.2.9 Activated Sludge

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 . dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi

mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan.

Pengolahan air limbah pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode biologi. Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat berkembang biaknya. Metode pengolahan lumpur aktif (activated sludge) adalah merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut.

Dengan menerapkan sistem ini didapatkan air bersih yang tidak lagi mengandung senyawa organik beracun dan bakteri yang berbahaya bagi kesehatan. Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya. Diharapkan pemanfaatan sistem daur ulang air limbah akan dapat mengatasi permasalahan persediaan cadangan air tanah demi kelangsungan kegiatan industri dan kebutuhan masyarakat akan air.

Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya. Air daur ulang yang kami kerjakan dapat dimanfaatkan dengan aman untuk kebutuhan konsumsi air seperti cooling tower, boiler laundry, toilet flusher, penyiraman tanaman, general cleaning, fish pond car wash dan kebutuhan air yang lainnya.

Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium. Tetapi jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya operasi sistem ini jauh lebih rumit. Khususnya untuk limbah industri dengan karakteristik tertentu.

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit activated sludge yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi

dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi.

Adapun jenis-jenis proses di dalam activated sludge, yaitu:

a. Konvensional

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

b. Nonkonvensional

1) Step aerasi:

- Merupakan tipe plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet.
- Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik di tangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik yang paling awal.
- Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek

2) Tapered Aerasi

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara di titik awal lebih tinggi.

3) Contact Stabilisasi

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu :

- Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilisasi).

4) Pure Oxygen

Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan td pendek.

5) High Rate Aeration

Kondisi ini tercapai dengan meninggikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar.

6) Extended Aeration

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.

7) Oxidation Ditch

Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

a. Oksigen

Oksigen dibutuhkan ketika pengolahan terhadap air limbah dilakukan secara aerob. Tetapi untuk proses anaerob, kehadiran oksigen pada reaktor pengolahan limbah tidak diperbolehkan sehingga mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi limbah adalah bakteri anaerob yang tidak membutuhkan oksigen.

b. Nutrisi

Mikroorganisme akan menggunakan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai makanannya, tetapi ada beberapa unsur kimia penting yang banyak digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri sehingga pertumbuhan bakteri optimal. Sumber nutrisi tersebut antara lain :

- Makro nutrient

Sumber makro nutrient yang sering ditambahkan antara lain adalah N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Unsur nitrogen dan fosfor yang digunakan biasanya diperoleh dari urea dan TSP dengan perbandingan 5:1 (Metcalf & Eddy, 2004).

- Mikro nutrient

Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni . Penggunaan mikronutrient adalah 1-100 µg/L (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganismenya. Penambahan mikronutrient Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun (Y.P. Ting, *H. Imai and S. Kinoshita, 1994).

c. Komposisi organisme

Komposisi mikroorganismenya dalam lumpur aktif sangat menentukan baik atau tidaknya proses pengolahan yang dilakukan. Kondisi yang paling baik untuk pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah apabila populasi mikroorganismenya yang dominan adalah free ciliata diikuti dengan stalk ciliata dan terdapat beberapa rotifera.

d. pH

Kondisi pH lingkungan sangat berperan dalam pertumbuhan mikroorganismenya terutama bakteri karena derajat keasaman atau kebasaan akan mempengaruhi aktivitas enzim yang terdapat dalam sel bakteri. pH optimum untuk pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri adalah antara 6.5-7.5. Pergeseran pH dalam limbah cair dapat diatasi dengan larutan H₂SO₄ atau NaOH maupun larutan kapur.

e. Temperatur

Pengaruh temperatur untuk pertumbuhan mikroorganismenya terutama bakteri adalah terhadap proses kerja enzim yang berperan dalam sintesis bahan-bahan organik terlarut dalam limbah cair. Temperatur optimal dalam proses lumpur aktif untuk pertumbuhan bakteri adalah 32-36⁰C (Hammer, Mark J, 1931).

Adapun parameter penting untuk design activated sludge adalah:

a. F / M ratio.

Merupakan perbandingan antara substrat (food) terhadap mikroorganismenya (M) atau lebih tepatnya adalah perbandingan antara substrat (BOD) yang masuk ke tangki aerasi per satuan waktu dengan massa mikroorganismenya di tangki aerasi.

- b. Rasio resirkular (R).

Merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis activated sludge yang digunakan.

- c. Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C_0).
- d. Waktu detensi (td).Td adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi
- e. Volume bak aerasi (V).

2.2.10 Clarifier

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 patogen 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.

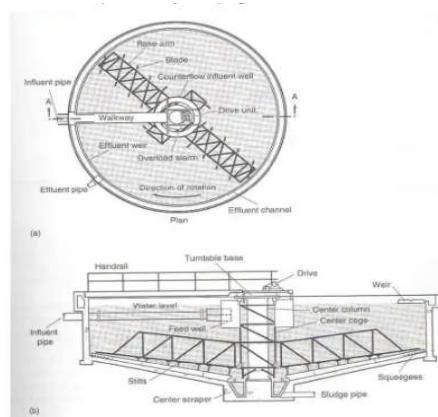
Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing – masing vee dan dihilangkan melalui pipa dibawah 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).

Pada tahap ini, air yang telah melewati pengolahan pada pengolahan sebelumnya akan mengalami proses tahap selanjutnya yang merupakan pengendapan lanjut sehingga menurunkan padatan tersuspensi. Air yang tertampung di secondary clarifier ini sudah memenuhi baku mutu air limbah sehingga dapat dibuang langsung ke saluran air kotor atau diolah dan dimanfaatkan. Air yang telah diolah dan ditampung di secondary clarifier dapat dimanfaatkan lebih lanjut misal untuk menyiram tanaman, dll.

Pada secondary clarifier ini tergantung pada kedalaman tangki, bedanya dengan preliminary clarifier yang tergantung pada kecepatan pengendapan. Namun masalahnya pada secondary clarifier adalah waktu detensi (waktu proses pengendapan), jika terlalu lama dikhawatirkan flok yang sudah terbentuk akan pecah lagi.



Gambar 2. 9 Secondary Clarifier

2.2.11 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 kabut 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

2.3 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “hidrolik grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

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 saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.

b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekuivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen sekaligus S .

c. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi mukaair. 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 pada clear well.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.

Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.