

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 industri penyamakan kulit yang mempunyai karakteristik :

2.1.1 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 industri karet ini adalah 6,53, 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 Solid

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 industri karet ini adalah 130 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 184,5 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 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 industri karet ini adalah 213,68 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 60 mg/L.

2.1.4 Chemical Oxygen Demand

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 industri karet ini adalah 607,15 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 200 mg/L.

2.2.5 N-Total

Nitrogen total adalah jumlah atau kadar keseluruhan nitrogen yang terdapat dalam limbah cair atau sampel, air permukaan dan lainnya. Nitrogen dapat ditemui hampir di setiap badan air dalam berbagai macam bentuk, bergantung tingkat oksidasinya, yaitu NH_3 , N_2 , NO_2 , NO_3 . Nitrogen netral berada sebagai gas N_2 yang merupakan hasil suatu reaksi yang sulit untuk bereaksi lagi. N_2 lenyap dari larutan sebagai gelembung gas karena kadar kejenuhannya rendah.

Hubungan yang timbul diantara berbagai bentuk campuran nitrogen dan perubahan – perubahan yang terjadi dalam alam pada umumnya digambarkan dengan siklus nitrogen. Di dalam air limbah kebanyakan dari nitrogen tersebut terdapat dalam bentuk organik atau protein dan amoniak. Setingkat demi setingkat

nitrogen organik tersebut dirubah menjadi nitrogen amoniak. Dalam kondisi aerobik, oksidasi dari amoniak menjadi nitrit dan nitrat terjadi sesuai waktunya.

Dalam limbah, nitrogen dapat berada dalam bentuk amoniak tereduksi sampai senyawa nitrat teroksidasi. Konsentrasi tinggi dari berbagai bentuk nitrogen beracun terhadap flora dan fauna tertentu. Amoniak merupakan bagian dari nitrogen total yang berasal dari oksidasi zat organik secara mikrobiologi yang berasal dari air buangan industri dan penduduk. Kadar amoniak yang tinggi selalu menunjukkan pencemaran. Amonia menyebabkan perubahan jaringan pada sistem pernafasan dan meningkatkan infeksi mikoplasma dan menurunkan pertumbuhan. Selain itu, amonia dalam tanah akan dikonversikan ke dalam nitrat oleh bakteri nitrat, sehingga mengakibatkan pH air tanah turun dan tingginya kadar nitrat dalam air minum.

Kandungan Nitrogen Total air buangan Industri Karet ini adalah 10,04 mg/Lt, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan Nitrogen Total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 10 mg/Lt (Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No.8 Tahun 2012.).

2.2.6 Amonia Total

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik (sisa pakan, feses dan biota akuatik yang mati) oleh bakteri pengurai. Amonia yang terukur dalam perairan berupa amonia total ($\text{NH}_3\text{-N}$), yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Persentase kadar amonia bebas meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Amonia bebas bersifat toksik terhadap organisme akuatik Toksisitas amonia ini akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut.

Air limbah industri kayu lapis berasal dari proses produksi glue spender dan

proses pencucian mesin maupun peralatan produksi. Dari tiap-tiap perekat yang dibuat, komposisi terbesar yang digunakan yaitu resin dengan persentase 70-80% dari total campuran yang ada. resin ini berfungsi sebagai pengikat ion negative penyebab korosi (resin kation) dan pengikat ion positif penyebab kerak atau scale

(resin anion). Resin yang telah jenuh harus diregenerasi, proses regenerasi ini yang menyebabkan amonia yang terikat akan lepas dan terikut dalam air limbah regenerasi hasil dari produksi industri kayu lapis.

Amonia total pada air buangan kawasan industri adalah 25 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kadar amonia total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 4 mg/L (Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No.8 Tahun 2012.).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

2.2.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini diatas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Pada saluran pembawa, setiap 10 m saluran pembawa terdapat bak kontrol. Atau apabila terjadi jika ada ukuran screen lebih besar dari saluran, maka peletakan screen dipasang di bak kontrol.

➤ Kriteria Perencanaan

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s

(Sumber : Metcalf & Eddy 4th Edition, halaman 316)

- Freeboard = 5 – 30%

(Sumber : Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Koefisien manning (n) = 0,013 (beton yang dihaluskan)

(Sumber : Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 111. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

2.2.2 Screen

Screen biasanya merupakan tahap awal proses pengolahan air limbah. Proses ini bertujuan untuk memisahkan potongan-potongan kayu, plastik dan sebagainya. Screen biasanya terdiri dari batang paralel, kawat atau grating, perforated plate dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Secara umum peralatan screen terbagi menjadi dua tipe yaitu Screen Kasar (*Course Screen*) dan Screen Halus (*Fine Screen*). Dan ada dua cara pembersihannya yaitu secara manual dan mekanis. Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Screen berfungsi untuk :

1. Menyaring benda padat dan kasar yang ikut terbawa atau hanyut dalam air buangan supaya benda-benda tersebut tidak mengganggu aliran dalam saluran dan tidak mengganggu proses pengolahan air buangan.
2. Mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran pembawa.
3. Melindungi peralatan seperti pompa, valve dan peralatan lainnya. Perbedaan screen kasar dan halus adalah pada jauh atau dekatnya jarak antar bar screen.

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain screen dengan pembersihan secara manual maupun mekanis baik coarse screen adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran batang				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	23 – 38

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Jarak antar batang	1,0 - 2,0	0,6 - 3,0	25 - 50	15 - 75
Parameter lain				
Kemiringan terhadap vertikal (derajat)	30 - 45	0 - 30	30 - 45	0 - 30
Kecepatan	1,0 - 2,0 ft/s	2,0 - 3,25 ft/s	0,3 - 0,6 m/s	0,6 - 1,0 m/s
headloss	6 m	5 - 24 m	150 mm	150 - 600 mm

Sumber: (Metcalf and Eddy, 2003)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut :

- Jumlah kisi (n)

$$L = (n \times w) + (n + 1) b$$

Keterangan:
L = lebar
w = tebal batang
b = jarak antar batang
n = jumlah kisi
- Lebar bukaan screen (Ls)

$$Ls = (n+1) b$$

Keterangan:
b = jarak antar batang
n = jumlah kisi

- Panjang *screen* yang terendam (P_s)

$$P_s = \frac{D}{\sin \theta}$$

Keterangan:

D = diameter

θ = kemiringan batang

- Luas penampang *screen* yang dilalui air (A_s)

$$A_s = P_s \times L_s$$

Keterangan:

P_s = Panjang *screen* yang terendam

L_s = lebar bukaan *screen*

- Kecepatan aliran pada *screen* (V)

$$V = \frac{Q}{A_s}$$

Keterangan:

Q = debit

A_s = luas penampang *screen* yang dilalui air

(Syahputra, Benny & Poedjiastoeti, Hermin & Soedarsono, 2022)

- *Headloss* pada *Bar screen* saat non-clogging

$$H_f = \frac{1}{C} \times \left(\frac{V_i^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

C merupakan koefisien pada saat non-clogging yaitu 0,7

- *Headloss* pada *Bar screen* saat clogging

$$H_f = \frac{1}{C_c} \times \left(\frac{V_i^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

C_c merupakan koefisien pada saat clogging yaitu 0,6.

(Metcalf and Eddy, 2003)

2.2.3 Bak Penampung

Bak penampung merupakan unit penyeimbang dimana debit dan kualitas limbah yang akan menuju unit selanjutnya harus sudah dalam kondisi konstan. Bak penampung akan menampung sementara air limbah pada periode waktu tertentu dan mengalirkan air dari bangunan ke bangunan pengolah air limbah lainnya. Bak

penampung dimanfaatkan ketika ada pembersihan atau perbaikan unit yang membutuhkan waktu lama atau mengharuskan proses pengolahan limbah dihentikan, maka limbah dari industri dapat disimpan pada bak penampung. Pada perancangan ini digunakan bak Penampung, adapun kriteria perencanan dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut: Kriteria Perencanaan :

- a. Freeboard = 5% - 30 %
- b. Waktu Detensi = > 2 jam
- c. Kedalaman = $\leq$ 4 meter

(Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 344)

2.2.4 Dissolved Air Flotation (DAF)

Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk memisahkan partikel padat atau cair dari fase cair. Pemisahan dilakukan dengan memasukkan gelembung gas halus (udara) ke dalam fase cair. Gelembung menempel pada partikel, dan gaya apung gabungan partikel dan gelembung gas cukup besar untuk menyebabkan partikel naik ke permukaan. Partikel yang memiliki densitas lebih tinggi dari cairan dengan demikian dapat dibuat naik.

Air flotation atau aerasi pada tekanan atmosfer terjadi ketika udara akan masuk kedalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menjubukan disperser sehingga udara bercampur dengan air sehingga partikel yang mengapung dapat disisihkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisihkan partikel minyak Proses flotasi udara terlarut/ Dissolved Air Flotation (DAF) merupakan sistem pengolahan air yang telah terbukti efektif dalam proses pemisahan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip dari proses ini adalah terjadinya pengikatan flok oleh gelembung-gelembung udara yang berasal dari proses pencampuran antara udara dengan air dalam tekanan tinggi, sehingga udara akan terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang sangat kecil, antara 10 mm – 100 mm. Pada proses ini

padatan tersuspensi dan akan dipisahkan dengan sistem mekanik (Andrian et al., 2020).

Sistem dalam flotasi udara terlarut/ Dissolved Air Flotation (DAF) udara didistribusikan dipecahkan dalam air limbah di bawah tekanan beberapa atmosfer, diikuti dengan pelepasan tekanan ke tingkat atmosfer. Dalam sistem tekanan kecil, seluruh aliran dapat diberi tekanan melalui pompa hingga 275 hingga 350 kPa dengan udara terkompresi ditambahkan pada suction pompa. Dalam tangki retensi di bawah tekanan selama beberapa menit untuk memberikan waktu bagi udara untuk larut, kemudian masuk melalui katup pengurang tekanan ke tangki flotasi di mana udara keluar dari oli dengan gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2004).

2.2.5 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 paling umum untuk menghilangkan logam berat anorganik adalah presipitasi kimia atau pengendapan kimia.

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.
- 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 (Lanouette, 1976).

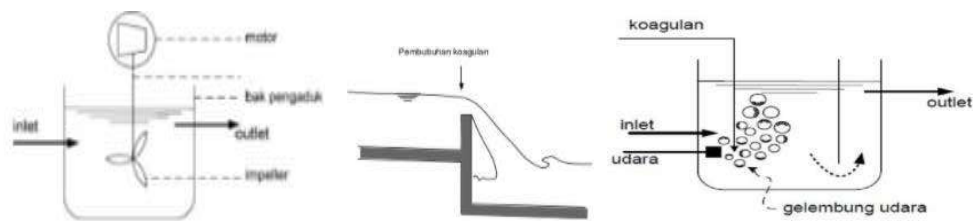
2.2.6 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya Tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil penggumpalan partikel tidak terjadi dan Gerakan brown menyebabkan partikel tetap menjadi suspensi. Melalui koagulasi maka akan terjadi destabilisasi sehingga partikel koloid menyatu dan menjadi besar, sehingga partikel koloid yang awalnya sulit dipisahkan dari air menjadi mudah dipisahkan dengan menambahkan flokulasi dan sedimentasi (Said, 2017).

Proses destabilisasi terjadi salah satunya akibat dari pengadukan cepat, pengadukan cepat bertujuan agar menghasilkan turbulensi pada air sehingga bahan kimia (koagulan) dapat didispersikan kedalam air. Secara umum pengadukan cepat ialah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan yang besar (300 sampai 1000/s) selama 5 hingga 60 detik yang bergantung pada maksud serta tujuan dari pengadukan itu sendiri (Masduqi, 2016).

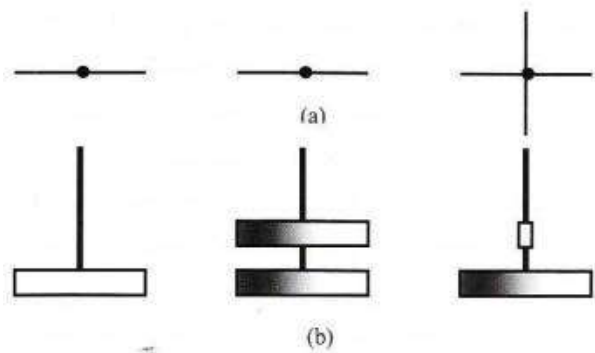
Menurut caranya, pengadukan cepat dibagi menjadi tiga cara, yaitu pengadukan mekanis, pengadukan hidraulis, dan pengadukan pneumatis. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan dengan memakai peralatan mekanis yang terdiri dari motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk yang

digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Pengadukan hidraulis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan yang dihasilkan dari energi hidraulis dari suatu aliran hidraulis yang dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau lompatan hidraulis pada suatu aliran. Sedangkan pengadukan pneumatis merupakan pengadukan yang memakai udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan (Masduqi, 2016).



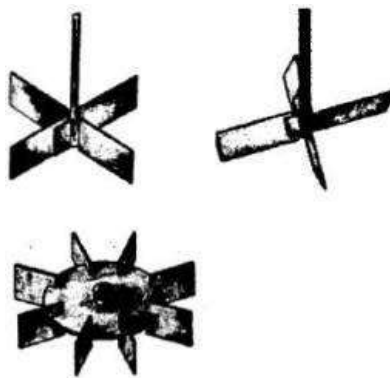
Gambar 2.1 Pengadukan Mekanis, Pengadukan Hidraulis dan Pengadukan Pneumatis

Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (balok-balok). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.8, gambar 2.9, dan gambar 2.10. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.2. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Tabel 2.3 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT yang dapat dilihat pada tabel 2.4.



Gambar 2.2 Tipe *Paddle* a) Tampak Atas dan Samping Tampak Atas, (b) Tampak Samping

(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)



Gambar 2.3 Tipe *Paddle*

(a) *turbine* blade lurus, (b) *turbine* blade dengan piringan, (c) *turbine* dengan blade menyerong

(Sumber : Qasim, et all., 2000)



Gambar 2.4 Tipe *Propeller*

(a) propeller 2 blade, (b) propeller 3 blade

(Sumber : Qasim, et all., 2000)

Bahan kimia yang biasanya dipakai untuk proses koagulasi umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan dipakai untuk menggumpalkan partikel yang tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi, serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan lebih efisien (Said, 2017).

Beberapa macam koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air adalah Poly Aluminium Chloride (PAC), aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ferri klorida (FeCl_3), dan ferri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Pada umumnya koagulan yang paling sering digunakan oleh masyarakat adalah aluminium sulfat atau yang lebih dikenal dengan tawas. Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan koagulan-koagulan diatas.

1. *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

PAC adalah garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat daripada aluminium yang biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida. Kegunaan dari PAC adalah sebagai koagulan atau flokulan untuk menguraikan larutan yang keruh dan menggumpalkan partikel, sehingga memungkinkan untuk memisah dari medium larutannya. Keuntungan penggunaan PAC sebagai koagulan dalam proses penjernihan air yaitu korosivitasnya rendah karena PAC adalah koagulan bebas sulfat sehingga aman dan mudah dalam penyimpanan dan transportasinya dan

penggunaan PAC sebagai koagulan tidak menyebabkan penurunan pH yang cukup tajam.

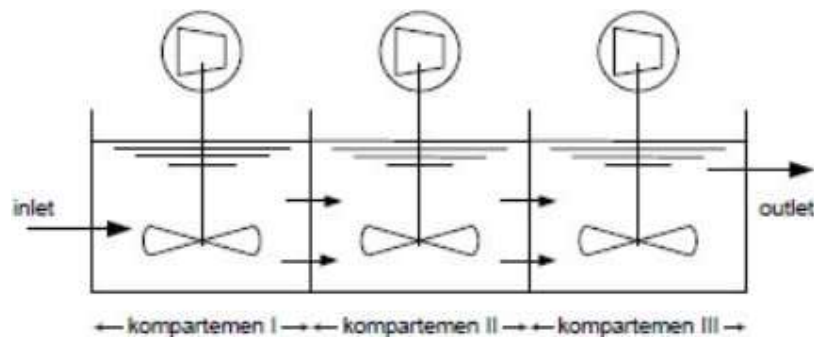
2. Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment.

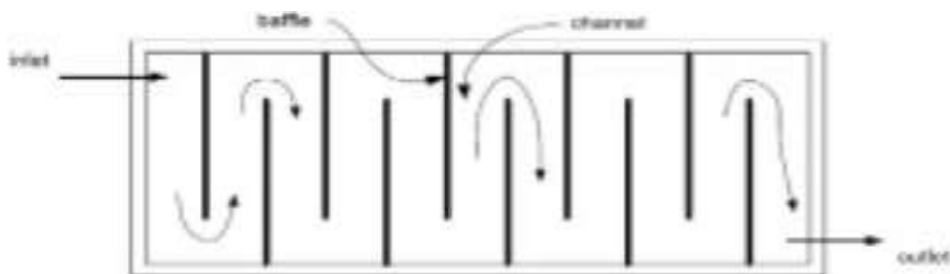
2.2.7 Flokulasi

Pada hakikatnya flokulator adalah kombinasi antara pencampuran dan pengadukan sehingga flok-flok halus yang terbentuk pada bak pencampur cepat akan saling bertumbukan dengan partikel-partikel kotoran atau flok-flok yang lain sehingga terjadi gumpalan-gumpalan flok yang semakin besar (Said, 2017).

Proses flokulasi berfungsi untuk membentuk flok-flok agar menjadi besar dan stabil sehingga dapat diendapkan dengan mudah atau disaring. Untuk proses pengendapan dan penyaringan, partikel-partikel kotoran halus maupun koloid yang ada dalam air baku harus digumpalkan menjadi flok-flok yang cukup besar dan kuat untuk diendapkan atau disaring. Proses pembentukan flok dimulai dari proses koagulasi sehingga terbentuk flok-flok yang masih halus. Flok tersebut kemudian akan saling bertumbukan dengan sesama flok atau dengan partikel kotoran yang ada dalam air baku sehingga akan menggabung membentuk gumpalan flok yang besar sehingga mudah mengendap. Umumnya pengadukan lambat dapat berupa pengadukan mekanis dengan memakai *impeller* atau berupa pengadukan hidraulis dengan *baffle channel* (Said, 2017).



Gambar 2.5 Pengadukan Lambat secara Mekanis



Gambar 2.6 Pengadukan Lambat secara Hidraulis

Dalam proses flokulasi beberapa hal berikut perlu diperhatikan : (Said, 2017).

1. Proses flokulasi harus sesuai dengan cara pengadukan yang dilakukan agar pembentukan flok dapat berjalan dengan baik dan efektif
2. Kecepatan pengadukan didalam bak flokulator harus bertahap dan kecepatannya semakin pelan ke arah aliran keluar
3. Waktu pengadukan rata-rata 20-40 menit
4. Perencanaan peralatan pengadukan didasarkan pada perhitungan gradien kecepatan dalam bak flokulator.

2.2.8 Sedimentasi

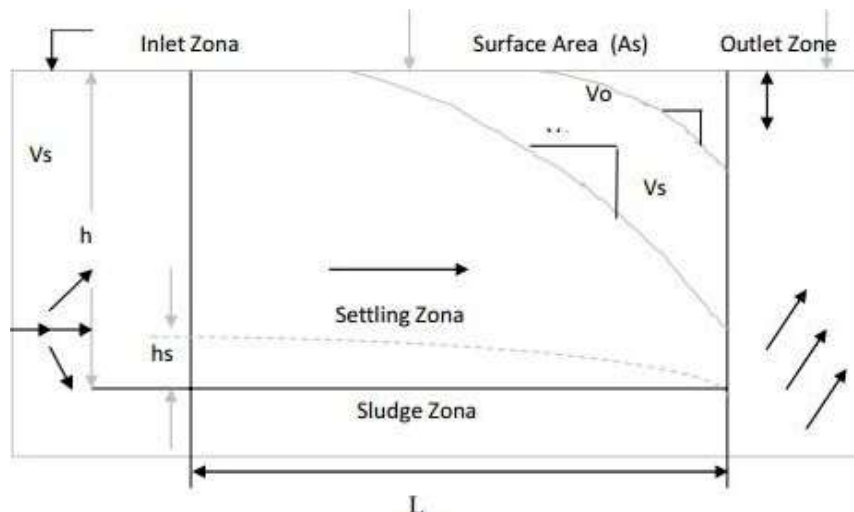
Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan

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 :

- 1) Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- 2) Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- 3) Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- 4) Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)



Gambar 2.7 Zona Pada Bak Sedimentasi

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

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- Zona Inlet

Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak).

- Zona Settling

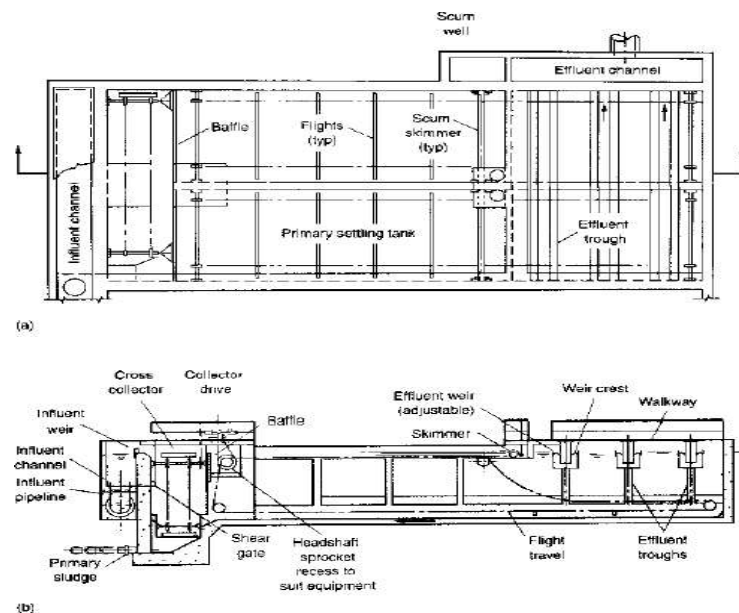
Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.

- Zona Sludge

Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada $1/5$ volume bak.

- Zona Outlet

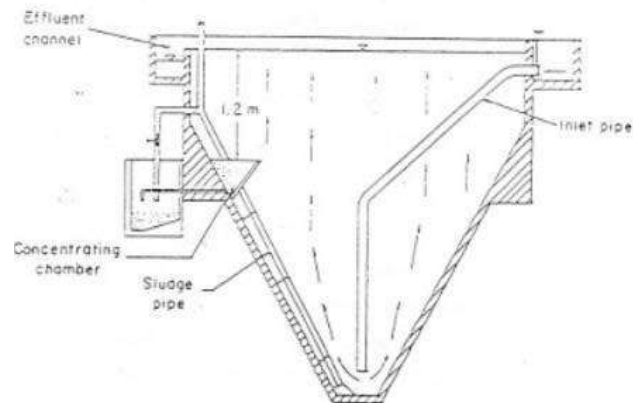
Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.



Gambar 2.8 Denah dan Potongan Sedimentasi *Rectangular*

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

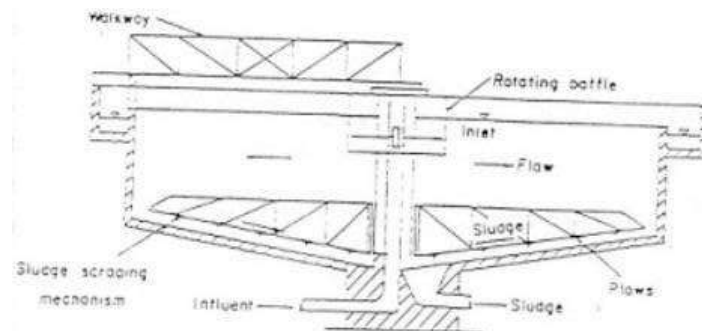
1. Lingkaran (*circular*) – *center feed*, dimana air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak.



Gambar 2.9 Bak Sedimentasi *Circular Center Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

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



Gambar 2.10 Bak Sedimentasi *Circular Peripheral Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

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

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air

masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016). Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

2.2.9 Activated Sludge

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi, pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO₂ dan H₂O, NH₄, dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan. Activated sludge merupakan 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.

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 Sedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO₂ dan H₂O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi (Sperling, 2007).

2.2.10 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).

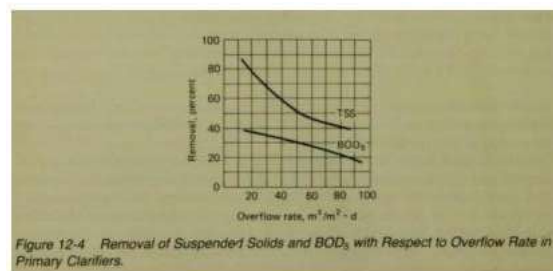
Secondary clarifier merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem activated sludge. Bagian ini berperan dalam proses pemisahan lumpur dari limbah yang telah diolah di dalam reaktor biologi. Ada lima parameter yang paling berpengaruh terhadap performa secondary clarifier, yaitu: - Konsentrasi MLSS yang 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.

Berikut ini adalah kriteria perencanaan unit *Clarifier*:

Zona Pengendapan (Settling Zone)

i. Over Flow Rate (OFR)

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



Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

ii. Waktu Tinggal (Td) = 0,6-3,6 jam

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

iii. Dimensi

- Rectangular
 - Panjang (L) = 10-100 m
 - Lebar (W) = 3-24 m
 - Kedalaman (H) = 2,5-5 m
 - P : L = 1-7,5 : 1
 - P : H = 4,2-25 : 1
- Circular
 - Diameter (D) = 3-60 m
 - Kedalaman (H) = 3-6 m

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 271)

iv. Flight Speed = 0,02-0,05 m/menit

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 398)

v. %Removal TSS = 50%-70%

Sumber: (Huisman, 1977, Halaman 12)

vi. Weir Loading Rate = 125-500 m³/m².hari

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 401)

- vii. Diameter *Inlet* Well = 15%-20% Diameter Bak
- viii. Ketinggian *Inlet* Well = 0,5-0,7 m
- ix. Kecepatan *Inlet* Well = 0,3-0,75 m/s
Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 401)
- x. Bilangan Reynold (NRe) = <1 (Aliran Laminar)
untuk v_s
- xi. Bilangan Reynold (NRe) = <2000 (Aliran Laminar)
untuk v_h
- xii. Bilangan Freud (NFr) = $>10^{-5}$ (Mencegah Aliran Pendek)
(Sumber: SNI 6774 – 2008 Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air)
- xiii. Specific Gravity = 1,3-1,5
Suspended Solid
Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)
- xiv. Slope ke arah Zona *Sludge*
 - Rectangular = 1%-2%
 - Circular = 40-100 m/m

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 274)

Konsentrasi Solid = 4%-12%
- xv. Cek NRe Partikel < 0,5
- xvi. Syarat terjadinya pengendapan ($T_p < T_d$)
- xvii. Syarat terjadinya penggerusan ($V_{sc} > V_h$)
- xviii. Suhu air buangan 28 °C, sehingga:
 - *Kinematic* = $8,004 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
Viscosity (ϑ)
 - *Absolute* = $8,004 \times 10^{-4} \text{ N.s./m}^2$
Viscosity (μ)
 - Massa Jenis (ρ) = $0,99626 \text{ g/cm}^3$
= $996,26 \text{ kg/m}^3$

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996, Halaman 762)
- xix. Koef. Manning (n) = 0,012-0,016

(Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2017)

xx. Kontrol penggerusan

- Faktor kisi = 0,05
porositas (β)
- Faktor fraksi = 0,03
hidrolis (λ)

Sumber: (Huisman, 1977, Halaman 57)

Zona Lumpur (*Sludge Zone*)

- i. Volatile Solid = 60%-90%
- ii. Dry Solid = 3%-8%

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 428)

- iii. Specific Gravity = 1,3-1,5
Suspended Solid

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)

- iv. Massa Jenis (ρ) = 0,99626 gr/cm³
= 996,26 kg/m³

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