

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Definisi Limbah

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah merupakan sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah atau air buangan merupakan sisa air buangan yang berasal dari rumah tangga, industri ataupun tempat umum lainnya yang umumnya mengandung zat membahayakan lingkungan atau kesehatan manusia.

Berdasarkan Metcalf dan Eddy, air limbah adalah kombinasi dari campuran cairan dan sampah-sampah buangan yang dihasilkan dari proses produksi industri, domestic (rumah tangga), perdagangan, air tanah, air permukaan dan air buangan lainnya yang berdampak negatif bagi lingkungan apabila tidak dilakukan pengelolaan yang tepat sesuai dengan standart. Menurut Ehless dan Steel dalam Chandra (2006), air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempattempat umum lainnya dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 tahun 2014, air limbah merupakan sisa atau buangan dari suatu usaha dan kegiatan manusia. Limbah berbeda dengan sampah, sampah cenderung banyak ditemui dari hasil buangan kegiatan manusia sehari-hari atau proses alam yang berbentuk padat. Sedangkan limbah berasal dari kegiatan manusia secara individu maupun kelompok, seperti pada kegiatan industri yang menghasilkan sisa buangan pada proses produksi (pengolahan bahan baku menjadi produk).

Menurut Arief (2016), limbah adalah buangan yang di hasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah lebih di kenal sebagai sampah, yang keberadaannya sering tidak

dikehendaki dan mengganggu lingkungan, karena sampah dipandang tidak memilih nilai ekonomis. Limbah industri berasal dari kegiatan industri, baik karena proses secara langsung maupun proses secara tidak langsung. Limbah dari kegiatan industri adalah limbah yang terproduksi bersamaan dengan proses produksi, di mana produk dan limbah hadir pada saat yang sama. Sedangkan limbah tidak langsung terproduksi sebelum proses maupun sesudah proses produksi.

Sehingga secara umum dapat disimpulkan bahwa limbah merupakan hasil buangan yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-harinya, industri ataupun tempat umum lainnya yang mengandung bahan-bahan yang membahayakan dalam kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian hidup. Perlu adanya penanganan untuk mengurangi limbah tersebut, apabila tidak dilakukan pengolahan limbah terlebih dahulu akan berbahaya dan berdampak langsung terhadap lingkungan.

Limbah cair umum ditemukan di kehidupan sehari-hari, seperti limbah cair mudah ditemukan dibuang ke sungai, selokan, kamar mandi dan badan air lainnya dikarenakan berbentuk cair sehingga orang-orang beranggapan mudah untuk dibuang dengan dialirkan ke berbagai tempat walaupun tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu sehingga mengakibatkan terjadinya pencemaran di badan air karena parameter yang terkandung dalam air tersebut belum memenuhi baku mutu saat dibuang. Limbah cair yang berasal dari industri biasanya telah memiliki pengolahan limbah (IPAL) sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Limbah cair juga memiliki standart baku mutu untuk menetapkan kadar diperbolehkan limbah tersebut dibuang pada lingkungan.

2. 2 Karakteristik Air Limbah

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat ditinjau berdasarkan kandungan yang ada didalamnya. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut.

2.2.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil analisis COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam air limbah. Ada beberapa alasan dilakukannya analisis COD pada air limbah, antara lain (Metcalf & Eddy, 2003). Terdapat beberapa materi yang tidak dapat dioksidasi biologi, seperti glukosa dan lignin, akan teroksidasi secara kimiawi. Nilai COD yang tinggi akan disebabkan oleh tingginya kadar materi organik yang dioksidasi oleh dikromat.

Chemical Oxygen Demand atau COD merupakan jumlah bahan organik yang ada pada air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat.

Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio $BOD/COD \geq 0.5$ maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika rasio $BOD/COD < 0.3$ maka

tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri.

2.2.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis (biological oxidation) di dalam air limbah secara dekomposisi aerobik (Metcalf and Eddy, 2003). Pengukuran BOD digunakan untuk mendapatkan besaran karbon organik yang dapat diuraikan secara biologis. Dalam hal ini, BOD diukur dengan menggunakan pendekatan periode 5 (lima) hari atau disebut juga dengan BOD₅. Menurut Perry (1998), waktu 5 (lima) hari merepresentasikan hanya sebagian dari total BOD. Menurut Perry (1998), diperkirakan 70% material organik dapat terurai selama durasi 5 hari oleh mikroorganisme secara alami. BOD dapat didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menstabilkan materi organik yang dapat terdekomposisi di bawah kondisi aerobik (Sawyer, 2003).

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat-zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

Ketika oksigen yang dibutuhkan tercukupi, dekomposisi biologis air limbah secara aerobik akan terus terjadi sampai semua limbah dikonsumsi. Tiga atau lebih proses yang berbeda akan berlangsung. Pertama, sebagian air limbah dioksidasi menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel dan pembentukan jaringan sel baru. Secara bersamaan

beberapa bahan organik dari air limbah diubah menjadi jaringan sel baru menggunakan energi yang dilepaskan selama oksidasi. Ketika bahan organik habis, sel-sel baru akan mengkonsumsi jaringan sel mereka sendiri untuk mendapatkan energi untuk metabolisme sel. Proses ketiga ini disebut respirasi endogen. CHONS (karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen dan sulfur) mewakili jaringan sel.

2.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang sukar mengendap, melayang-layang, dan tidak larut di dalam air. Padatan TSS memiliki sifat sukar mengendap akibat muatan elektrostatis dan gerak brown sehingga stabil di dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Effendi, 2003).

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Das, Akibat, & Limbah, 2013).

2.2.4 Derajat Keasaman (pH)

pH atau derajat keasaman digunakan sebagai salah satu ukuran tingkat asam atau basa suatu larutan. Konsentrasi ion hidrogen (pH) dapat diartikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasi ion hydrogen. Mikroorganisme dalam pengolahan limbah dapat hidup optimal pada tingkat keasaman (pH)

yang netral yaitu berkisar antara 6 hingga 9. Limbah dengan tingkat keasaman (pH) yang tinggi sulit diolah secara biologis sehingga perlu diolah terlebih dahulu melalui unit pengolahan tertentu (Metcalf & Eddy et al., 2007).

2.2.5 Cadmium (Cd)

Logam Cadmium (Cd) merupakan logam yang bernomor atom 48 dan massa atom 112,41. Logam ini termasuk dalam logam transisi pada periode V dalam tabel periodik. Logam Cd dikenal sebagai unsur chalcophile, jadi cenderung ditemukan dalam deposit sulfide (Manahan,2001). Cadmium (Cd) merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik (Akbar, A.W, dkk, 2014).

Cadmium (Cd) merupakan hasil sampingan dari pengolahan bijih logam seng (Zn), yang digunakan sebagai pengganti seng. Unsur ini bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah serta dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain seperti nikel, perak, tembaga, dan besi. Cadmium mempunyai titik didih rendah dan mudah terkonsentrasi ketika memasuki atmosfer. Air dapat juga tercemar apabila dimasuki oleh sedimen dan limbah yang mengandung Cd, sementara ketika bercampur dengan asap akan membentuk pencemaran terhadap udara (Dewa, R.P, dkk, 2015).

Cadmium (Cd) merupakan logam yang bersifat kronis dan pada manusia biasanya terakumulasi dalam ginjal. Keracunan Cd dalam waktu yang lama membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, kelenjar reproduksi dan ginjal. Logam ini juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak rusaknya indera penciuman (Anwar,1996).

2.2.6 Timbal (Pb)

Timbal termasuk ke dalam kelompok logam berat golongan IVA di dalam Sistem Periodik Unsur kimia. Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 berbentuk padat pada suhu kamar dan memiliki berat

jenis sebesar 11,4/1 (Gusnita, 2012). Timbal bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya adalah plumbum (Pb). Timbal merupakan logam yang mempunyai empat bentuk isotop, berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5 °C dan titik didih pada 1740 °C di atmosfer (Gusnita, 2012). Menurut Saryan (1994) dan Palar (1994) dalam Amalia (2016) pada suhu 550 – 600 °C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida (Saryan, 1994; Palar, 2004). Timbal diketahui dapat menyebabkan keracunan kronis sehingga menyebabkan kerusakan pada pembentukan sel darah merah hingga gangguan pada sistem reproduksi (Indirawati, 2017; (Sudarmaji, Mukono dan Corie, 2006).

2.2.7 Total Krom (Cr)

Kromium adalah elemen yang secara alamiah ditemukan dalam konsentrasi yang rendah pada batuan, hewan, tanah, debu, juga gas. Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam, logam ini seiring ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur yang lain (Mukaromah, 2008). Kromium merupakan logam transisi, memiliki massa atom 51,996 gram/mol, nomor atom 24, titik lebur 1907°C, dan massa jenis 7,19 g/cm³ (Callister, 2007). Logam ini memiliki tingkat oksidasi +2 sampai +6, namun sering dijumpai adalah tingkat oksidasi +3 dan +6 (Cavaco, 2009). Kromium masuk ke perairan melalui dua cara, yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya krom secara alamiah dapat terjadi disebabkan oleh beberapa faktor fisika, seperti erosi atau pengikisan yang terjadi pada batuan mineral. Disamping itu debu-debu dan partikel-partikel krom yang di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Masuknya krom yang terjadi secara non alamiah lebih merupakan dampak atau aktivitas yang dilakukan manusia.

Sumber-sumber krom yang berkaitan dengan aktivitas manusia dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga (Pratiwi, 2013).

Keberadaan kromium dengan kadar yang tinggi dalam limbah cair industri penyamakan kulit tentunya dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Dampak kelebihan kromium pada tubuh akan terjadi pada saluran pernafasan, ginjal dan hati. Pengaruh terhadap saluran pernafasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu kromium dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi kronis, polyp, tracheobronchitis dan pharingitis kronis. Reaksi asma lebih sering terjadi akibat Cr (VI) daripada Cr (III). Pada pekerja chrome-plating plants dan penyamakan kulit sering terjadi kasus pada mucosa hidung.

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Pada bangunan pengolahan air buangan memiliki beberapa tingkatan pengolahan, yaitu

2.3.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Proses *pre-treatment* yaitu suatu proses dengan tujuan mempermudah proses pengolahan selanjutnya dengan menyaring sampah-sampah terapung berukuran besar yang terbawa air limbah. Pada proses ini beberapa sampah yang dapat disaring yaitu kerikil dan padatan berukuran besar. Selain itu, pada proses ini juga bertujuan untuk menyalurkan air limbah dari outlet pabrik menuju instalasi pengolahan air limbah dengan unit-unit sebagai berikut :

a. Saluran Pembawa

Saluran pembawa merupakan suatu saluran yang berfungsi untuk mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air lainnya. Saluran pembawa memiliki 2 bentuk yaitu persegi dan lingkaran. Saluran pembawa yang berbentuk persegi maupun lingkaran ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton maupun pipa penyaluran, keduanya dapat di desain secara tertutup maupun terbuka pada proses penyaluran air limbah (Hermana *et al.*, n.d.). Saluran

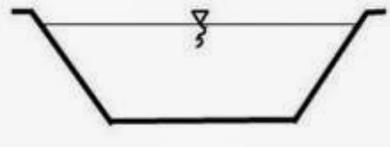
terbuka berfungsi untuk menyalurkan limbah dari outlet limbah proses produksi industri kertas menuju ke unit pengolahan limbah. Air tidak akan mengalir jika saluran tersebut datar, maka dibutuhkan kemiringan (slope).

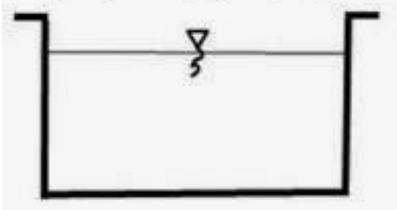
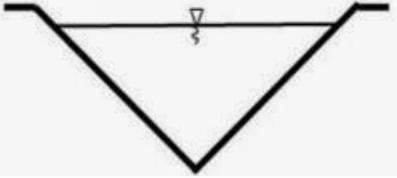
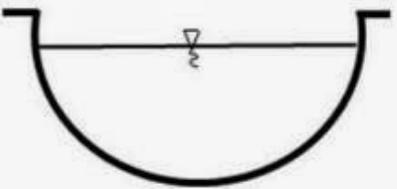
Saluran pembawa dibagi 2, yaitu saluran terbuka (*open channel flow*) dan saluran tertutup (*pipe flow*). Saluran terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Saluran tertutup (*pipe flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi seperti halnya saluran terbuka.

- Saluran terbuka (*open channel flow*)

Saluran terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Berikut merupakan bentuk-bentuk saluran terbuka, yaitu

Tabel 2.3.1 Bentuk-Bentuk Saluran Pembawa Terbuka dan Fungsinya

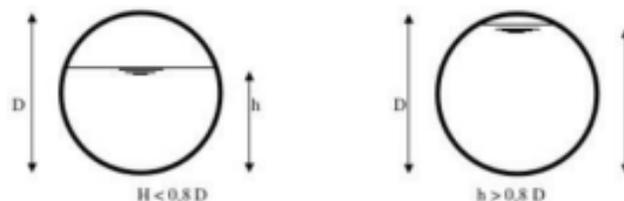
No	Bentuk Saluran	Fungsi
1	Trapesium 	Menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus secara fluktuasi yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan

2	Persegi Panjang 	Menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar. Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil.
3	Segitiga 	Menampung dan menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini digunakan pada lahan yang cukup terbatas.
4	Setengah Lingkaran 	Menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil. Bentuk saluran ini umumnya digunakan untuk saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan yang padat.

Sumber : (https://lorenskambuaya.blogspot.com/2014/05/bentuk-dan-dimensi-saluran-terbuka_18.html)

- Saluran tertutup (*pipe flow*)

Sedangkan saluran tertutup (*pipe flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya tidak terpengaruh udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka.



Gambar 2.3.1.1 Bentuk-Bentuk Saluran Tertutup

Sumber : ([Aliran Seragam pada Saluran Terbuka \(Hidrolika\) \(slideshare.net\)](#))

- Kriteria perencanaan yang disediakan untuk saluran pembawa, yaitu

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 2,4m/s
- Kemiringan (slope) maksimal = 1,10 – 3m/m
- Freeboard saluran = 5-30%
- Dimensi saluran direncanakan (W_s) = $B = 2H$
- Kekasaran saluran (n) = 0,011 – 0,020 (saluran terbuka bahan beton) (Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II)

b. Bar Screen

Screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran >0,5-1,0cm sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu: (1) merusak peralatan unit pengolahan berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air. Adapun jenis dari bar screen adalah fine screen (saringan halus) dan coarse screen (saringan kasar). Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis bar screen yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynolds & Richards, 1996).

Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di

saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan 30° – 45° dari horizontal (Metcalf & Eddy et al., 2007). Tebal batang biasanya 5-15mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim & Zhu, 2017). Berikut beberapa jenis dari bar screen, yaitu

- Coarse Screen (Penyaring kasar)

Dalam pengolahan air limbah, penyaring kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Screening dengan pembersihan secara mekanik, bahannya terbuat dari stainless steel atau dari plastik. Terdapat beberapa tipe screen secara mekanik.

Tabel 2.3.2 Kriteria Perencanaan Coarse Screen

Parameter	US Customary unit			Satuan Internasional (SI)		
	Unit	Metode Pembersihan		Unit	Metode Pembersihan	
		Manual	Mekanik		Manual	Mekanik
Ukuran Batang						
Lebar	in	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	mm	5 - 15	5 - 15
Kedalaman	in	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	mm	25 - 38	25 - 38
Jarak antar batang	in	1,0 – 2,0	0,6 – 3,0	mm	25 – 50	15 - 75
Parameter Lainnya						

Kemiringan terhadap vertical (°)	°	30 - 45	0 - 30	°	30 - 45	0 - 30
Kecepatan	Ft/s	1,0 – 2,0	2,0 – 3,25	m/s	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Headloss (max)	in	6	5 - 24	mm	150	150 - 600

Sumber : Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 315-316

- Fine Screen (Penyaring halus)

Fine screen atau penyaring halus berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. *Screen* ini dapat digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Preliminary Treatment*) adalah seperti ayakan kawat (*static wedgewire*), *drum putar (rotary drum)*, atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/primary clarifier) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m³/d.

Tabel 2.3.3 Kriteria Perencanaan Fina Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		in	mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel	Pengolahan primer
Drum (Berputar)	Kasar	0,1 – 0,2	2,5 - 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel	Pengolahan Pendahuluan

	Sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel	Pengolahan Primer
	Halus		6 – 35 μm	Stainless steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
Horizontal Reciprocating	Sedang	0,06 – 0,17	1,6 - 4	Batangan stainless steel	Gabungan dengan saluran air hujan
Tangensial	Halus	0,0475	1200 μm	Jala – jala yang terbuat dari stainless steel	Gabungan dengan saluran pembawa

Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 322-323

- Micro Screen (Penyaring sangat halus)

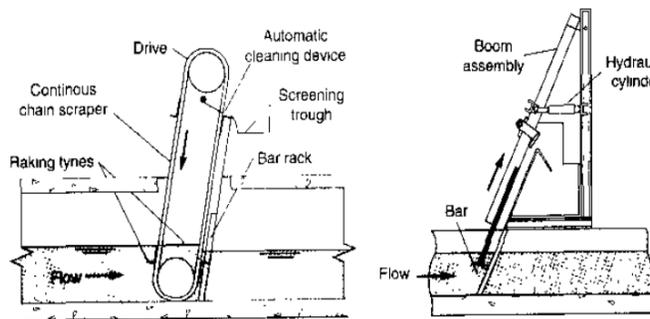
Microscreens berfungsi untuk menyaring padatan halus, yang berukuran kurang dari 0,5 μm . Prinsip dari *microscreens* ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari 0,3 m/detik, sehingga bahan padatan bahan padatan yang tertahan di depan tidak terjepit. Jarak antar batang adalah 20-40 mm dan bentuk penampang batang tersebut persegi empat, dengan panjang berukuran 10 mm x 50 mm (Metcalf, 2003).

Tabel 2.3.4 Kriteria Perencanaan Micro Screen

Parameter	US Customary Unit	SI Unit	Remarks
Ukuran Screen	25 – 60 μm	20 – 35 μm	Stainless steel atau polyester screen berukuran antara 15 – 60 μm
Hydraulic loading rate	75 – 150 gal/ft ² .min	3 – 6 m ³ /m ² .min	Berdasarkan area yang terendam di drum
Headloss melewati screen	3 – 6 in	75 – 150 mm	Bypass harus ada saat headloss diatas 200 mm

Drum submerged	70 – 75% dari tinggi, 60 – 70% dari area	70-75% dari tinggi, 60-70% dari area	Variasinya tergantung dengan desain screen
Diameter drum	8 – 16 ft	2,5 – 5 m	Umumnya diameter yang digunakan 3 m, lebih kecil ukurannya dapat memperbesar backwash
Kecepatan drum	15 ft/min di 3 in headloss	4,5 m/min di 75 mm	Maksimum rotaasi kecepatan di 45 m/min
Persyaratan Backwash	2% di 50 lb/in ² , 5% di 15 lb/in ²	2% di 350 kPa, 5% di 100 kPa	

Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 328



Gambar 2.3.2.1 Unit Bar Screen

(Sumber : Metcalf & Eddy, WWET 4th edition, 2004)

c. Aerated Grit Chamber

Grit chamber (kolam atau ruang pengendapan) merupakan bagian dari sistem pengolahan air limbah yang dirancang khusus untuk menghilangkan material grit (seperti pasir, kerikil, batu, dan partikel abrasif lainnya) dari aliran air limbah sebelum memasuki tahapan pengolahan selanjutnya.

Fungsi utama grit chamber adalah untuk memisahkan partikel-partikel yang berat dan kasar dari air limbah. Proses ini penting karena material grit tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan infrastruktur di dalam sistem pengolahan air limbah jika tidak

dihilangkan secara efektif. Tujuan penerapan *Grit Chamber* adalah untuk melindungi peralatan mekanis dari abrasi akibat partikel padat dan keras, mengurangi endapan di dalam pipa, terutama di belokan pipa. Pada instalasi digester aerob dan anaerob, unit *Grit Chamber* digunakan untuk mengurangi frekuensi pembersihan digester akibat akumulasi *grit*. Tanpa unit yang mengawali rangkaian IPAL ini (biasanya IPAL domestik, terutama yang *combined sewer*, yakni saluran air limbah yang juga berfungsi untuk menyalurkan air hujan) dikhawatirkan terjadi kerusakan pompa dan penyumbatan pipa atau kanal penyalur air limbah. Untuk IPAL industri, terutama industri yang air limbahnya lebih banyak mengandung senyawa terlarut dan koloid, maka *Grit Chamber* ditiadakan, diganti dengan *equalization tank*.

Grit chamber biasanya merupakan tahap awal dalam proses pengolahan air limbah. Dengan memisahkan material *grit*, sistem ini membantu melindungi peralatan seperti pompa, pipa, dan mesin-mesin lainnya dari kerusakan yang disebabkan oleh partikel-partikel kasar yang terdapat dalam air limbah. Hal ini juga membantu mempertahankan kinerja optimal dari tahapan-tahapan pengolahan air limbah yang lebih lanjut dalam proses pengolahan secara keseluruhan.

Aerated grit chamber (kolam aerasi) adalah salah satu jenis unit pengolahan air limbah yang digunakan untuk menghilangkan pasir, kerikil, dan partikel abrasif lainnya dari air limbah sebelum masuk ke tahap pengolahan lebih lanjut. Prinsip kerjanya melibatkan kombinasi antara penggunaan udara yang diinjeksikan ke dalam air limbah dan kecepatan aliran yang dikendalikan untuk memisahkan material *grit* (seperti pasir, kerikil, dan partikel berat lainnya) dari air limbah.

Tujuan utama dari aerated grit chamber adalah untuk melindungi peralatan dan infrastruktur pengolahan air limbah yang

lebih sensitif dari kerusakan yang disebabkan oleh partikel grit yang kasar dan berat. Dengan memisahkan pasir, kerikil, dan material grit lainnya dari air limbah, aerated grit chamber membantu mengurangi risiko kerusakan pada pompa, pipa, dan peralatan lainnya dalam sistem pengolahan air limbah yang lebih lanjut. Penggunaan aerated grit chamber dapat meningkatkan efisiensi proses pengolahan air limbah secara keseluruhan dengan memastikan bahwa material grit yang kasar dan berat tidak merusak atau mengganggu tahap-tahap selanjutnya dalam proses pengolahan air limbah.

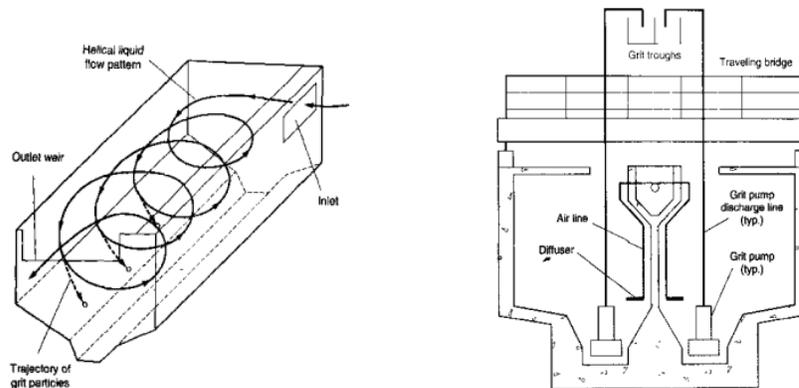
Prinsip kerja aerated grit chamber yaitu udara diinjeksikan ke dalam kolam dengan menggunakan aerator atau sistem pengaduk udara. Udara yang diinjeksikan membentuk aliran naik dalam air limbah, menghasilkan gaya angkat yang membantu partikel grit mengapung ke permukaan. Berkat injeksi udara, partikel-partikel grit yang berat akan terangkat ke permukaan air limbah. Dengan adanya aliran yang cukup lambat, partikel grit akan terperangkap di permukaan air dan kemudian dapat dengan mudah dipisahkan. Grit yang terkumpul di permukaan kemudian dihapus dari sistem dengan menggunakan alat pengumpul, seperti sistem skimming atau alat penyaring, yang mengumpulkan material grit yang terpisah. Secara berkala, material grit yang terkumpul harus dihapus dari sistem agar tidak mengganggu proses dan kinerja kolam aerasi.

Tabel 2.3.5 Kriteria Perencanaan Aerated Grit Chamber

<i>Parameter</i>	<i>US Customary Units</i>			<i>SI Units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>
Waktu detensi saat aliran puncak	min	2 - 5	3	min	2 - 5	3
Dimensi : Kedalaman	Ft	7 - 16		M	2 - 5	

Panjang	Ft	25 – 65		M	7,5 – 20	
Lebar	Ft	8 - 23		M	2,5 - 7	
Rasio kedalaman lebar	rasio	1 : 1 - 5 : 1	1,5 : 1	rasio	1 : 1 - 5 : 1	1,5 : 1
Rasio kedalaman panjang	rasio	3 : 1 - 5 : 1	4 : 1	rasio	3 : 1 - 5 : 1	4 : 1
Supplay udara per panjang unit	Ft ³ /ft.min	3 - 8		M ³ /m.min	0,2 – 0,5	
Kuantitas grit	Ft ³ /Mgal	0,5 – 27	2	M ³ /10 ³ m ³	0,004 – 0,20	0,015

Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 389



Gambar 2.3.2.3 Unit Aerated Grit Chamber

Sumber : (Metcalf & Eddy, WWET 4th edition, 2004)

d. Bak Penampung

Bak penampung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak

terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain: (1) pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena shock loading rate mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan; (2) kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pemuatan padatan; (3) kebutuhan luas permukaan dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus backwash pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolik yang lebih rendah (efisiensi penggunaan); (4) dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya. Namun unit bak penampung juga memiliki kekurangan diantaranya adalah: (1) memerlukan area/lokasi yang cukup luas; (2) mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal; (3) memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat (Metcalf & Eddy *et al.*, 2007).

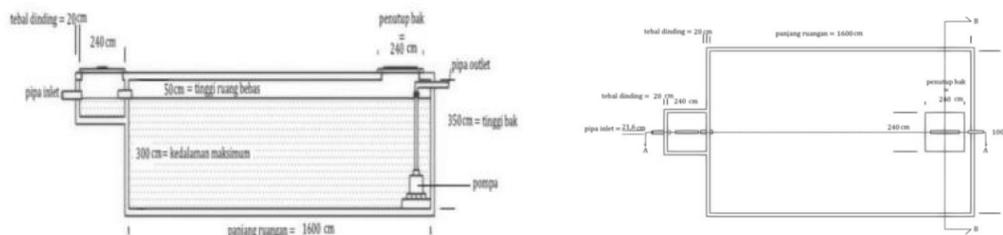
Bak penampung adalah wadah atau bak yang dirancang untuk menampung sementara air limbah atau bahan cair lainnya sebelum diproses lebih lanjut atau sebelum dilepaskan ke lingkungan. Bak penampung berfungsi untuk menampung sementara air limbah atau bahan cair lainnya sebelum masuk ke tahap pengolahan lebih lanjut atau sebelum dibuang. Fungsinya adalah untuk memberikan waktu bagi pengelolaan atau pemrosesan lanjutan yang mungkin diperlukan sebelum air limbah tersebut dilepaskan atau diproses lebih lanjut. Bak penampung juga dapat berfungsi sebagai pengatur aliran. Kadang-kadang, aliran air limbah dari sumbernya bisa sangat

bervariasi. Bak penampung memungkinkan pengaturan aliran yang lebih konsisten ke fasilitas pengolahan selanjutnya dengan cara menampung sementara air limbah yang masuk dalam jumlah besar dan mengeluarkannya secara lebih teratur sesuai dengan kapasitas atau kemampuan pengolahan sistem selanjutnya. Dalam banyak sistem pengolahan air limbah, bak penampung merupakan komponen yang penting karena memungkinkan fleksibilitas dalam pengelolaan air limbah, membantu mengatur aliran air limbah, dan memberikan kesempatan bagi proses-proses pengolahan atau pengendapan yang mungkin dibutuhkan sebelum air limbah masuk ke tahap pengolahan berikutnya atau dilepaskan ke lingkungan.

Tabel 2.3.6 Kriteria Perencanaan Bak Penampung

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	Hmin	1,5 – 2	m	(Metcald & Eddy, 2007)
2	Ambang batas (freeboard)	Hfb	5 - 30	%	
3	Laju pompa udara (aerasi)	Qudara	0,01 – 0,015	M ³ /m ³ . menit	
4	Kemiringan dasar tangki	slope	40 - 100	Mm/m diameter	(Qasim & Zhu, 2017)
5	Waktu tinggal	Td	1 - 2	jam	(Metcalf & Eddy, 2007)

Sumber : Dirjen Cipta Karya, 2018, Halaman 32



Gambar 2.3.4 Unit Bak Penampung

Sumber : (Effendi, 2003)

2.3.2 Pengolahan Pertama (*Primary-Treatment*)

Pengolahan primer air limbah adalah tahap pertama dalam serangkaian proses pengolahan yang bertujuan untuk menghilangkan padatan kasar, material padat berat, dan partikel besar dari aliran air limbah. Tahap ini membantu menjaga agar partikel-partikel kasar dan material grit tidak merusak atau mengganggu peralatan dan infrastruktur di tahap-tahap pengolahan selanjutnya. Pengolahan primer penting karena membantu melindungi peralatan dan infrastruktur pengolahan air limbah yang lebih sensitif dari kerusakan yang disebabkan oleh partikel-partikel kasar dan grit yang ada dalam aliran air limbah. Dengan menghilangkan padatan kasar dan material berat sejak awal, sistem pengolahan air limbah menjadi lebih efisien dalam menjalankan tahapan-tahapan pengolahan selanjutnya, seperti pengolahan biologis, pengendapan lebih lanjut, atau pengolahan tersier untuk menghasilkan air limbah yang aman dan lebih bersih sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan.

a. Koagulasi Flokulasi

- Koagulasi

Koagulasi adalah salah satu proses dalam pengolahan air yang digunakan untuk menghilangkan partikel-partikel kecil yang tersuspensi dalam air. Proses ini melibatkan penggunaan zat kimia tertentu yang disebut koagulan. Pada dasarnya, koagulan ditambahkan ke dalam air limbah dengan tujuan membantu menggumpalkan partikel-partikel yang sangat kecil atau terdispersi sehingga dapat membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar. Partikel-partikel ini kemudian dapat lebih mudah diendapkan atau dihilangkan dari air (Metcalf & Eddy, 2004)

Proses koagulasi dimulai dengan pemberian koagulan ke dalam air limbah. Koagulan ini akan bereaksi dengan partikel-partikel kecil

yang tersuspensi, menyebabkan partikel tersebut saling melekat atau berkoagulasi membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar yang dikenal sebagai floc atau flok. Setelah proses koagulasi, tahap selanjutnya yang biasanya terjadi adalah flokulasi. Flokulasi melibatkan proses pengadukan atau pencampuran perlahan-lahan dalam air limbah yang telah ditambahkan koagulan. Hal ini membantu gumpalan-gumpalan yang terbentuk menggumpal menjadi flok yang lebih besar dan lebih berat sehingga lebih mudah diendapkan atau dihilangkan dari air limbah.

Tujuan akhir dari proses koagulasi dan flokulasi adalah membantu menghilangkan padatan tersuspensi, partikel-partikel kecil, zat-zat organik, atau senyawa-senyawa tertentu dari air limbah sehingga air tersebut menjadi lebih jernih dan lebih mudah untuk diproses lebih lanjut dalam tahap pengolahan air limbah selanjutnya, seperti sedimentasi atau filtrasi. Koagulasi merupakan salah satu tahap penting dalam proses pengolahan air limbah dan juga digunakan secara luas dalam pengolahan air bersih untuk memperbaiki kualitas air dengan menghilangkan partikel-partikel dan zat-zat yang menyebabkan kekeruhan atau pencemaran pada air (Qasim & Zhu, 2017).

Prinsip kerja unit koagulasi yaitu zat kimia koagulan, seperti sulfat aluminium (alum) atau polielektrolit (misalnya poliakrilamida), ditambahkan ke dalam air limbah. Koagulan ini berperan dalam membantu partikel-partikel kecil yang tersuspensi untuk saling bertabrakan dan bergabung membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar. Setelah koagulan ditambahkan, partikel-partikel kecil dalam air limbah bereaksi dengan koagulan tersebut. Zat koagulan membantu meningkatkan muatan listrik pada partikel-partikel tersebut sehingga partikel yang tadinya saling tolak-menolak menjadi saling

tertarik satu sama lain. Akibatnya, partikel-partikel ini berkoagulasi dan membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar yang disebut flok. Flok yang terbentuk menjadi lebih besar dan lebih berat. Hal ini membuat flok-flok tersebut lebih mudah untuk diendapkan atau dihilangkan dari air limbah melalui proses selanjutnya, seperti flokulasi, sedimentasi, atau proses filtrasi. Tujuan utama dari koagulasi adalah menghasilkan air yang lebih jernih dengan menghilangkan partikel-partikel kecil yang tersuspensi. Setelah flok terbentuk, langkah selanjutnya adalah memisahkan flok-flok tersebut dari air limbah agar air yang dihasilkan menjadi lebih bersih dan siap untuk tahap pengolahan selanjutnya.

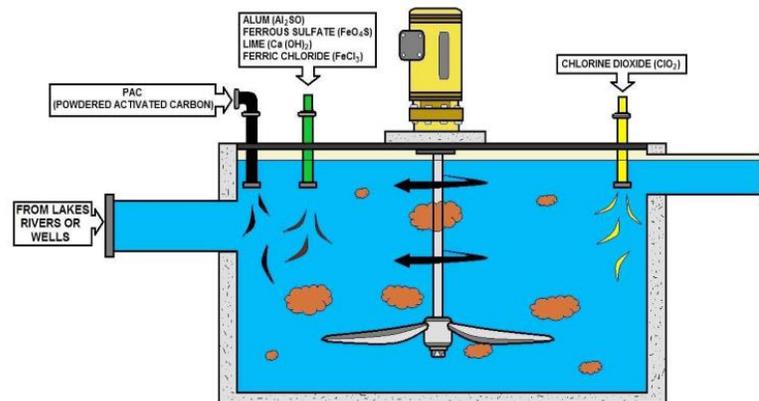
Prinsip utama dari koagulasi adalah untuk membantu partikel-partikel kecil yang tersuspensi dalam air limbah untuk berkoagulasi dan membentuk gumpalan-gumpalan yang lebih besar sehingga dapat dengan mudah diendapkan atau dihilangkan dari air. Hal ini membantu dalam meningkatkan kualitas air dengan mengurangi kekeruhan, memperbaiki sifat fisik air, serta mempersiapkan air limbah untuk tahapan pengolahan selanjutnya dalam proses pengolahan air limbah atau air bersih. Kriteria desain perancangan unit koagulasi, yaitu

- Waktu tinggal dalam bak (Td) = 20 – 60 s
- Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000 /detik
- Kedalaman bak (H) = 1 – 1,25 diameter
- Jarak impeller dari dasar (Di) = 30 – 50% dari diameter impeller

(Sumber: Reynolds, Tom D and Richards C. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, page 182)

(Sumber: Reynolds, Tom D and Richards C. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, page 184)

- Diameter impeller (D_i) = 50 – 80%
- Lebar impeller (W_i) = 1/6 – 1/10 diameter impeller
(Sumber: Reynolds, Tom D and Richards C. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, page 185)
- Kecepatan putaran impeller (n) = 400 - 1750 rpm
(Sumber: Reynolds, Tom D and Paul A. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, page 187)
- Reynold number (N_{Re}) = > 10.000
(Sumber: Reynolds, Tom D and Richards C. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, page 187)



Gambar 2.3.5 Unit Bak Koagulasi

Sumber : (<https://www.caesaryvery.com/2017/07/koagulasikoagulan-flokulasiflokulan.html>)

- **Flokulasi**

Flokulasi adalah proses dalam pengolahan air limbah atau air bersih yang melibatkan pengadukan atau penggumpalan perlahan-lahan dari partikel-partikel kecil yang telah berkoagulasi menjadi gumpalan yang lebih besar yang disebut flok. Flokulasi terjadi setelah proses koagulasi. Setelah zat koagulan ditambahkan ke dalam air limbah untuk

membantu partikel-partikel kecil menggumpal menjadi flok, tahap selanjutnya adalah flokulasi. Proses flokulasi melibatkan pengadukan atau pencampuran yang lambat dari air limbah yang telah berkoagulasi. Tujuannya adalah untuk membantu flok-flok yang telah terbentuk untuk bergabung, tumbuh, dan membentuk flok yang lebih besar dan lebih berat.

Prinsip flokulasi adalah memfasilitasi pertumbuhan dan penggumpalan flok-flok yang telah terbentuk dalam koagulasi menjadi gumpalan yang lebih besar dan lebih berat. Hal ini mempermudah proses selanjutnya, seperti proses pengendapan atau sedimentasi, di mana flok-flok yang lebih besar dan lebih berat akan lebih mudah diendapkan dari air limbah. Dengan bantuan proses flokulasi, partikel-partikel yang telah terkoagulasi menjadi flok yang lebih besar dan lebih padat, sehingga lebih mudah untuk dihapus atau diendapkan dari air limbah. Ini merupakan langkah penting dalam rangkaian proses pengolahan air limbah yang bertujuan untuk membersihkan air limbah sehingga memenuhi standar kualitas sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan atau digunakan kembali (Metcalf & Eddy, 2004).

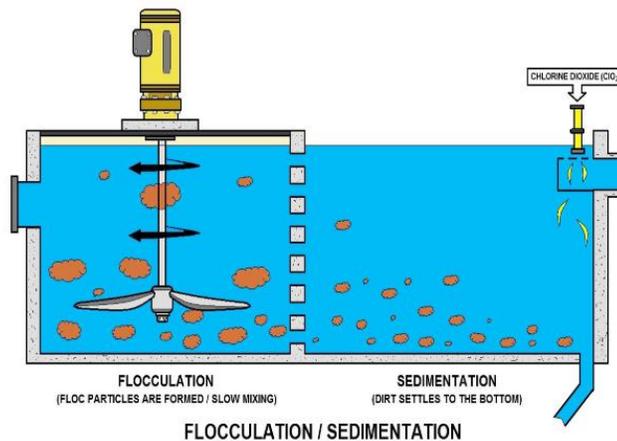
Tujuan dari proses flokulasi dalam pengolahan air limbah atau air bersih adalah untuk membantu partikel-partikel kecil yang telah berkoagulasi untuk membentuk flok yang lebih besar dan lebih berat. Proses ini merupakan langkah lanjutan dari proses koagulasi dan bertujuan untuk meningkatkan ukuran, berat, serta kepadatan flok agar lebih mudah diendapkan atau dihilangkan dari air limbah. Tujuan utama dari proses flokulasi adalah untuk memfasilitasi pertumbuhan flok-flok yang telah berkoagulasi menjadi gumpalan yang lebih besar, lebih padat, dan lebih berat sehingga lebih mudah diendapkan dari air limbah. Hal ini merupakan langkah penting dalam proses pengolahan air limbah yang bertujuan untuk membersihkan air limbah sebelum dilepaskan

kembali ke lingkungan atau digunakan kembali dalam keperluan lainnya.

Prinsip kerja flokulasi dalam pengolahan air limbah melibatkan proses penggumpalan partikel-partikel kecil yang telah mengalami koagulasi menjadi gumpalan yang lebih besar, disebut flok. Flokulasi terjadi setelah tahap koagulasi dalam rangkaian pengolahan air limbah dan merupakan proses lanjutan untuk membantu gumpalan-gumpalan yang telah terbentuk menjadi lebih besar, lebih berat, dan lebih mudah diendapkan atau dihilangkan dari air limbah. Setelah proses koagulasi, air limbah yang telah mengalami koagulasi dan mungkin sudah memiliki flok kecil akan diaduk atau dikocok secara perlahan-lahan. Tujuannya adalah untuk membantu flok-flok tersebut bergabung menjadi flok yang lebih besar. Proses pengadukan yang lambat memungkinkan flok-flok yang sudah ada untuk tumbuh lebih besar. Partikel-partikel yang terkoagulasi bergabung satu sama lain, membentuk flok yang lebih besar dan lebih berat. Proses pengadukan memungkinkan flok-flok tersebut untuk saling bersentuhan, bergabung, dan tumbuh menjadi gumpalan yang lebih besar, lebih padat, dan lebih berat. Hal ini membantu meningkatkan kemampuan flok-flok untuk segera terendapkan ketika proses selanjutnya, seperti sedimentasi, dilakukan. Tujuan utama dari flokulasi adalah membantu partikel-partikel yang sudah menggumpal menjadi flok lebih besar agar lebih mudah diendapkan atau dihilangkan dari air limbah. Dengan mempersiapkan flok yang lebih besar dan lebih berat, flokulasi memfasilitasi proses pengendapan selanjutnya agar air limbah menjadi lebih bersih dan siap untuk tahapan pengolahan berikutnya (Qasim & Zhu, 2017). Kriteria desain perancangan unit flokulasi, yaitu

- Kecepatan pengadukan (n) = 20 – 150 rpm
- Waktu detensi (Td) = 15 – 30 menit

- Gradien kecepatan (G) = 10 – 50/s
(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 110)
- Waktu retensi flokulasi = 20 – 30 menit
(Sumber : Metcalf and Eddy, 1991)
- Nilai Reynolds (Nre) = < 2100 (Aliran laminar)
- $Nfr > 10^{-5}$
(Sumber : Reynold Richard, Unit Operation and Process in Environmental Engineering, 2nd edition, 1996)



Gambar 2.3.2.6 Unit Bak Flokulasi

Sumber : (<https://www.caesarvery.com/2017/07/koagulasikoagulan-flokulasiflokulan.html>)

b. Sedimentasi 1

Sedimentasi primer adalah proses di mana partikel-partikel padat yang lebih berat yang terdapat dalam air limbah atau air bersih mengendap ke dasar tangki atau kolam dengan bantuan gaya gravitasi. Sedimentasi merupakan salah satu tahap penting dalam pengolahan air limbah atau air bersih yang biasanya terjadi setelah proses flokulasi. Sedimentasi primer berperan dalam menghilangkan partikel-partikel padat yang sudah tergumpal (flok) dan lebih berat, yang terbawa oleh aliran air limbah atau air bersih. Proses ini terjadi dalam suatu tangki

atau kolam pengendapan di mana air limbah yang sudah melalui proses flokulasi masuk dan diamati selama periode waktu tertentu untuk memungkinkan partikel-partikel yang telah menggumpal ini mengendap ke dasar.

Prinsip kerja sedimentasi primer yaitu Setelah melalui proses flokulasi, air limbah yang sudah memiliki flok-flok atau gumpalan-gumpalan yang lebih besar masuk ke dalam kolam atau tangki sedimentasi. Partikel-partikel yang sudah menggumpal dan lebih berat cenderung mengendap ke dasar tangki selama periode tinggalnya di sana. Selama periode tinggal tersebut, flok-flok yang sudah mengendap secara perlahan akan terpisah dari air. Air yang lebih jernih akan berada di bagian atas tangki, sementara padatan yang terendap akan berkumpul di dasar tangki. Padatan yang telah terendapkan di dasar tangki kemudian dihapus atau dibuang dari proses pengolahan. Langkah ini dapat dilakukan melalui proses pembersihan atau pembuangan material padat yang terkumpul di dasar tangki pengendapan.

Tujuan utama dari sedimentasi primer adalah untuk menghilangkan settleable solid dan material yang mudah mengambang, dengan demikian akan mengurangi kandungan padatan tersuspensi pada air limbah. Sedimentasi primer digunakan sebagai Langkah awal dalam pengolahan lebih lanjut dari air limbah. Rancangan dan pengoperasian yang efisien dari tangki sedimentasi primer harus menghilangkan 50 hingga 70% padatan tersuspensi dan 25 hingga 40% BOD (Reynolds & Richards, 1996). Tangki sedimentasi juga telah digunakan sebagai tangki retensi, dirancang untuk memberikan waktu detensi sedang (10 sampai 30 menit) untuk overflow air limbah. Efisiensi bak sedimentasi dalam penghilangan parameter BOD dan TSS dipengaruhi oleh: (1) jenis aliran yang masuk

ke dalam tangki sedimentasi; (2) ukuran partikel, bentuk partikel, dan konsentrasi partikel; (3) viskositas air limbah pada saat masuk ke dalam bak sedimentasi; (4) temperatur air limbah dan lingkungan (Metcalf & Eddy et al., 2007). Unit pengolahan ini memiliki efisiensi penyisihan berkisar 50-70% untuk TSS (Qasim & Zhu, 2017) dan 25-40% BOD5 (Metcalf & Eddy et al., 2007).

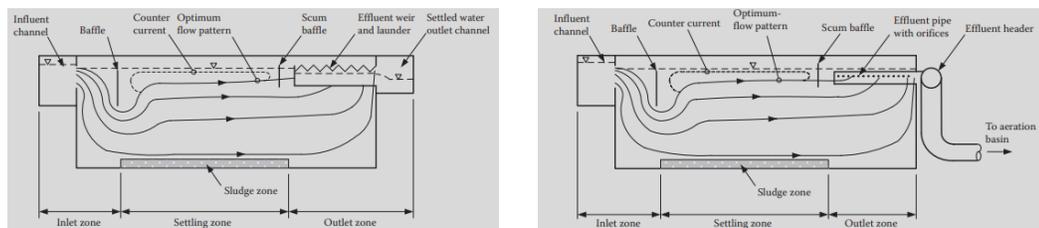
Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak pengendap pertama. Adapun komponen pendukung yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan, yakni: (a.) Skimmer, berfungsi untuk menyisahkan minyak dan lemak yang mengapung di atas permukaan. Terdapat pula saluran khusus yang menampung minyak dan lemak untuk selanjutnya dibuang, (b.) Scrapper sludge, berfungsi untuk mengumpulkan lumpur di dasar bak pengendapan menuju ke titik pembuangan baik menggunakan pompa maupun manual secara gravitasi (jika memungkinkan), (c.) Pompa lumpur, berfungsi untuk memompa keluar lumpur menuju ke pengolahan lumpur, (d.) Weir atau pelimpah, berfungsi untuk mengalirkan air permukaan atau overflow yang merupakan air yang telah mengalami proses sedimentasi. Adapun perhitungan dari bak sedimentasi primer adalah sama seperti dengan bak sedimentasi awal. kriteria desain perencanaan dari bak sedimentasi yang harus dipenuhi menurut standar internasional antara lain (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):

Tabel 2.3.7 Kriteria Perencanaan Sedimentasi Primer

No	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran	Sumber
1	Overflow rate : Debit rata-rata Debit puncak	Qr	30 – 50 70 - 130	m ³ /m ² .hari	(Qasim & Zhu, 2017)
2	Waktu detensi	Td	1 – 2 1,5 – 2,5	Jam	

Dimensi Bak Sedimentasi Primer					
4	Bentuk Kotak (Rectangular)				(Qasim & Zhu, 2017)
	Panjang	p	10 – 100	M	
	Lebar	l	6 – 24	M	
	Kedalaman	h	2,5 – 5	M	
	Rasio P dan L	-	1 – 7,5		
	Rasio P dan T	-	4,2 - 25		
5	Bentuk Lingkaran (Circular)				(Qasim & Zhu, 2017)
	Diameter	d	3 - 60	m	
	Kedalaman	h	3 - 6	m	
6	Penyisihan TSS	-	50 - 70	%	(Metcalf & Eddy, 2007)
	Penyisihan BOD	-	50 – 80	%	
7	Kemiringan Dasar	Slope (S)	1 - 2	%	(Qasim & Zhu, 2017)

Sumber : Dirjen Cipta Karya, 2018, Halaman 41



Gambar 2.3.7 Unit Sedimentasi Primer

Sumber : (Qasim & Zhu, 2017, *Wastewater Treatment and Reuse Theory and Design Examples*)

2.3.3 Pengolahan Kedua (*Secondary-Treatment*)

Pengolahan air limbah sekunder merupakan tahap berikutnya setelah pengolahan primer dalam proses pengolahan air limbah. Tahap ini fokus pada penghilangan bahan organik yang terlarut dan tersuspensi yang tidak terbuang pada tahap primer. Tahap pengolahan sekunder biasanya melibatkan proses biologis yang lebih kompleks daripada tahap primer. Pengolahan sekunder bertujuan untuk menghilangkan bahan organik yang lebih halus dan yang tidak terhapuskan pada tahap pengolahan primer. Proses ini meningkatkan

kualitas air limbah dengan mengurangi jumlah bahan organik yang dapat mengganggu lingkungan jika dibuang kembali tanpa pengolahan yang memadai. Setelah tahap pengolahan sekunder, air limbah akan mengalami tahap lanjutan seperti pengolahan tersier untuk mencapai tingkat kebersihan yang lebih tinggi sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan.

a. Activated Sludge

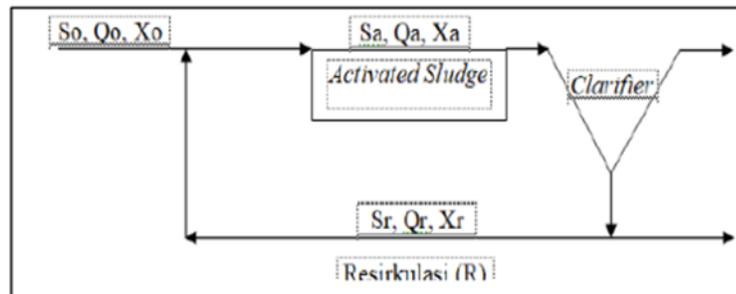
Activated sludge adalah salah satu proses pengolahan air limbah yang menggunakan lumpur aktif (activated sludge) untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah. Proses ini termasuk dalam tahap pengolahan air limbah sekunder yang bertujuan untuk menghilangkan bahan organik yang terlarut dan tersuspensi. Activated sludge merupakan salah satu teknologi yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah untuk mengurangi bahan organik yang berbahaya dan memastikan air limbah yang dihasilkan sudah cukup bersih sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan. Proses ini efektif dalam mengurangi beban pencemaran organik dalam air limbah.

Tujuan utama dari proses activated sludge dalam pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi bahan organik, mikroba patogen, serta zat-zat berbahaya lainnya yang terdapat dalam air limbah. Proses activated sludge bertujuan untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Mikroorganisme dalam lumpur aktif mengonsumsi bahan organik sebagai sumber energi mereka. Dengan demikian, proses ini membantu mengurangi jumlah bahan organik yang dapat mengganggu lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan yang memadai. Dengan mengurangi bahan organik dan mikroba patogen, proses activated sludge bertujuan untuk meningkatkan kualitas air limbah. Air limbah yang telah melalui proses activated sludge menjadi lebih bersih dan kurang membebani lingkungan jika dibuang kembali. Selain mengurangi pencemaran, tujuan lain dari

activated sludge adalah memisahkan lumpur aktif yang telah berperan dalam proses penguraian dari air yang sudah diolah. Proses pengendapan atau tahap pemisahan akan memungkinkan lumpur aktif untuk diolah kembali atau dibuang setelah beberapa siklus. Secara keseluruhan, tujuan utama dari proses activated sludge adalah untuk membersihkan air limbah dengan menguraikan bahan organik, mengurangi keberadaan mikroba patogen, dan meningkatkan kualitas air sehingga dapat memenuhi standar kualitas sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan.

Prinsip kerja dari proses activated sludge terutama melibatkan interaksi antara mikroorganisme yang hidup dalam lumpur aktif dengan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Proses ini dilakukan di dalam tangki aerasi, di mana air limbah bersirkulasi dan udara atau oksigen disuplai ke dalam air limbah. Lingkungan ini memungkinkan mikroorganisme dalam lumpur aktif untuk melakukan proses penguraian secara aerobik, menggunakan oksigen sebagai bagian dari proses metabolik mereka. Mikroorganisme dalam lumpur aktif, terutama bakteri aerobik, menggunakan bahan organik dalam air limbah sebagai sumber makanan mereka. Mereka mengonsumsi bahan organik yang ada dalam air limbah, mengoksidasi materi organik ini menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti air, karbon dioksida, dan senyawa-senyawa yang kurang kompleks. Selama proses aerasi di dalam tangki, air limbah dicampur dengan lumpur aktif secara terus-menerus untuk memberikan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme. Proses pencampuran ini memastikan kontak yang cukup antara air limbah dan mikroorganisme untuk mendukung proses penguraian bahan organik. Setelah proses penguraian selesai, air limbah yang telah diuraikan dan lumpur aktif yang mengandung mikroorganisme akan masuk ke dalam tangki

pengendapan. Di sini, lumpur aktif akan mengendap ke dasar tangki, sedangkan air yang sudah diolah akan berada di bagian atas tangki. ebagian lumpur aktif yang sudah diendapkan dapat digunakan kembali dalam proses activated sludge untuk menjaga populasi mikroorganisme yang bermanfaat. Namun, sebagian lumpur aktif juga harus dibuang atau diproses lebih lanjut (Sperling, 2007).



Gambar 2.3.8. Proses yang Terjadi di Activated Sludge

b. Clarifier

Clarifier merupakan suatu struktur atau kolam yang digunakan dalam pengolahan air limbah untuk memisahkan partikel-partikel padat yang telah mengendap dari air yang sudah diolah. Fungsinya adalah untuk mengendapkan lumpur atau partikel-partikel padat yang terbawa dalam air limbah setelah proses pengolahan. Proses di clarifier ini memanfaatkan gaya gravitasi untuk memisahkan lumpur aktif atau partikel-partikel padat dari air yang telah diolah dalam proses activated sludge atau proses pengolahan lainnya. Ketika air limbah mengalir masuk ke clarifier, kecepatan aliran air dibuat sedemikian rupa agar partikel-partikel padat yang lebih berat dapat mengendap ke dasar tangki.

Setelah partikel-padatan terendapkan, air yang jernih akan berada di bagian atas dan dapat dialirkan keluar untuk tahap pengolahan lanjutan atau dilepaskan kembali ke lingkungan setelah

memenuhi standar yang ditentukan. Sedangkan lumpur atau partikel-padatan yang terkumpul di dasar clarifier akan dikeluarkan secara terpisah untuk pengolahan lebih lanjut atau pembuangan. Clarifier merupakan bagian penting dalam rangkaian proses pengolahan air limbah, karena membantu dalam pemisahan lumpur aktif atau partikel-partikel padat yang sudah diendapkan sehingga air limbah yang keluar menjadi lebih jernih dan bersih.

Tujuan utama dari clarifier dalam pengolahan air limbah adalah untuk melakukan pemisahan antara partikel-padatan padat yang telah mengendap dengan air yang sudah diolah. Clarifier berfungsi untuk memungkinkan partikel-partikel padat yang sudah mengendap di dalam air limbah, termasuk lumpur aktif dari proses activated sludge atau partikel-padatan lainnya, untuk mengendap ke dasar kolam clarifier. Clarifier membantu dalam memisahkan lumpur atau partikel-padatan dari air yang telah mengalami proses pengolahan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan gaya gravitasi, di mana partikel-partikel yang lebih berat akan mengendap ke dasar clarifier, sedangkan air yang lebih bersih akan berada di bagian atasnya. Dengan memisahkan partikel-padatan dari air yang telah diolah, clarifier membantu meningkatkan kualitas air yang keluar dari proses pengolahan. Air yang telah melalui clarifier menjadi lebih jernih dan memiliki kandungan partikel-padatan yang lebih rendah. Clarifier dapat digunakan untuk mengumpulkan dan memulihkan sebagian lumpur aktif atau partikel-padatan yang terendapkan. Lumpur ini dapat dikembalikan ke proses pengolahan, seperti dalam proses activated sludge, untuk menjaga populasi mikroorganisme yang diperlukan dalam pengolahan air limbah.

Prinsip kerja dari clarifier dalam pengolahan air limbah melibatkan proses pemisahan partikel-padatan padat yang telah

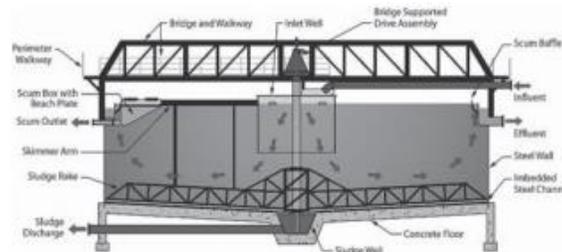
mengendap dari air yang telah melalui proses pengolahan. Prinsip ini didasarkan pada prinsip pengendapan gravitasi. Clarifier didesain untuk menciptakan kondisi di mana partikel-padatan yang lebih berat akan mengendap ke dasar kolam clarifier. Hal ini terjadi karena gaya gravitasi yang membuat partikel-partikel padat cenderung bergerak ke bawah. Pengendapan ini membantu pemisahan partikel-padatan dari air yang telah diolah. Air limbah yang telah melalui tahap pengolahan primer atau sekunder masuk ke clarifier dengan kecepatan aliran yang direduksi secara signifikan. Reduksi kecepatan aliran memungkinkan partikel-partikel padat untuk turun secara perlahan ke dasar clarifier. Clarifier memiliki zona pengendapan di bagian bawahnya, di mana partikel-padatan yang lebih berat terakumulasi. Zona ini memungkinkan pengendapan lumpur aktif atau partikel-padatan lainnya, sehingga air yang jernih terakumulasi di bagian atas clarifier. Proses ini menghasilkan pemisahan antara lumpur aktif atau partikel-padatan yang sudah mengendap dengan air yang telah dibersihkan. Lumpur aktif atau partikel-padatan terakumulasi di dasar clarifier, sedangkan air yang lebih bersih naik ke atas. Lumpur aktif atau partikel-padatan yang terkumpul di dasar clarifier biasanya akan dikeluarkan secara terpisah untuk pengolahan lebih lanjut atau pembuangan, sementara air yang jernih dikeluarkan dari bagian atas clarifier (Metcalf & Eddy, 2004).

Pada clarifier terdapat beberapa zona yang memiliki fungsi masing-masing, yaitu

- Zona Settling (Zona Pengendapan) merupakan bagian di mana terjadi proses pengendapan partikel-padatan dari air limbah. Di zona ini, air limbah yang telah melalui proses pengolahan masuk ke

clarifier dan dibiarkan tenang agar partikel-padatan yang lebih berat dapat mengendap ke dasar tangki.

- Zona Inlet (Zona Masukan) merupakan bagian di mana air limbah masuk ke dalam clarifier. Pada titik ini, air limbah yang telah diolah dari proses sebelumnya (seperti dari proses activated sludge atau tahap pengolahan lainnya) memasuki clarifier untuk proses pengendapan selanjutnya.
- Zona Thickening (Zona Penebalan) merupakan bagian di mana lumpur aktif atau partikel-padatan yang sudah mengendap semakin terkumpul atau menebal di dasar tangki. Di zona ini, pengendapan lebih lanjut terjadi, sehingga partikel-padatan yang lebih berat semakin terkumpul.
- Zona Sludge (Zona Lumpur Aktif) adalah bagian di mana lumpur aktif atau lumpur hasil pengendapan partikel-padatan terkumpul di dasar clarifier. Lumpur aktif ini terdiri dari partikel-padatan yang telah mengendap, dan zona ini berfungsi sebagai tempat akumulasi lumpur yang terpisah dari air yang sudah diolah.
- Zona Outlet (Zona Keluaran) merupakan bagian di mana air yang telah melewati proses pengendapan dan terbebas dari partikel-padatan akan dikeluarkan dari clarifier. Air yang lebih jernih dan sudah bersih akan dialirkan keluar dari clarifier untuk tahap pengolahan lanjutan atau untuk dilepaskan kembali ke lingkungan.



Gambar 2.3.9 Unit Clarifier
Sumber : (Qasim & Zhu, 2017)

2.3.5 Pengolahan Ketiga (*Tertiary-Treatment*)

Pengolahan tersier air limbah adalah tahapan lanjutan dalam proses pengolahan air limbah yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan yang tersisa setelah melalui proses pengolahan primer dan sekunder. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas air limbah lebih lanjut sehingga air yang dihasilkan dapat memenuhi standar kualitas yang lebih tinggi sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan atau digunakan kembali. Pengolahan tersier ini bertujuan untuk menjamin bahwa air limbah yang dihasilkan sudah mencapai standar kualitas yang sesuai sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan. Proses ini merupakan tahap akhir yang sangat penting dalam upaya untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang tidak akan merusak lingkungan dan dapat digunakan kembali dengan aman jika dimungkinkan.

a. Ion Exchange

Ion exchange adalah suatu proses pengolahan air yang melibatkan pertukaran ion dalam air limbah dengan ion-ion yang terdapat pada resin penukar ion. Proses ini merupakan metode pengolahan yang digunakan untuk menghilangkan ion-ion tertentu dari air atau untuk memisahkan ion-ion yang diinginkan dari air limbah. Pada proses ini, resin penukar ion yang biasanya terbuat dari polimer sintesis memiliki kation atau anion tertentu yang dapat ditukar dengan ion sejenis dalam air limbah. Ketika air limbah mengalir melalui resin penukar ion, ion-ion yang ada dalam air limbah akan bercampur dengan ion yang ada di resin, dan pertukaran ion terjadi. Ion dalam air limbah akan digantikan dengan ion yang ada pada resin, sehingga air limbah yang keluar dari proses ini akan memiliki konsentrasi ion tertentu yang lebih rendah. Terdapat dua jenis proses pertukaran ion, yaitu

1. Pertukaran Ion Kation (Cation Exchange): Resin penukar ion dalam kasus ini memiliki ion-ion positif yang dapat menukar

ion-ion positif dalam air limbah. Contohnya, ion logam seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), atau ion-ion logam lainnya dalam air limbah dapat ditukar dengan ion natrium (Na^+) yang ada dalam resin penukar ion.

2. Pertukaran Ion Anion (Anion Exchange): Resin penukar ion dalam hal ini memiliki ion-ion negatif yang dapat bertukar dengan ion-ion negatif dalam air limbah. Misalnya, ion sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-), atau ion-ion anion lainnya dalam air limbah dapat ditukar dengan ion hidroksida (OH^-) atau anion lain yang ada dalam resin penukar ion.

Ion exchange digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air minum, pengolahan air limbah, dan dalam proses industri yang memerlukan penghilangan atau pemisahan ion-ion tertentu dari larutan. Metode ini sering digunakan karena efektif dalam menghilangkan kontaminan-ion yang spesifik dari air limbah, sehingga menghasilkan air dengan kualitas yang lebih baik (Qasim & Zhu, 2017).

Proses ion exchange bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang tidak diinginkan dari air limbah, seperti ion logam berat (misalnya, timbal, merkuri, kadmium), ion-ion kalsium, magnesium, sulfat, nitrat, atau zat-zat lain yang dapat mengganggu atau mencemari lingkungan jika hadir dalam konsentrasi tinggi. Selain menghilangkan ion-ion yang tidak diinginkan, ion exchange juga dapat digunakan untuk memisahkan atau mendapatkan ion-ion tertentu dari larutan. Ini sering terjadi dalam aplikasi industri yang memerlukan pemisahan spesifik ion untuk digunakan dalam proses produksi. Dalam pengolahan air limbah, ion exchange digunakan untuk mengurangi kontaminan yang terlarut dari air limbah, sehingga menciptakan air

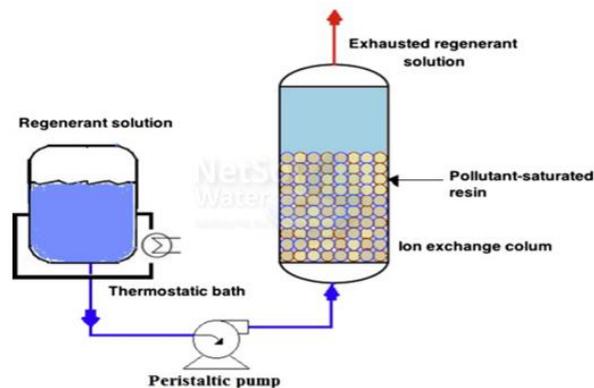
yang lebih bersih dan aman sebelum dilepaskan kembali ke lingkungan.

Prinsip kerja ion exchange didasarkan pada kemampuan resin penukar ion untuk bertindak sebagai media yang dapat menukar ion-ion dalam air limbah dengan ion-ion yang terdapat pada resin tersebut. Proses ini menggunakan resin penukar ion yang terbuat dari polimer sintesis yang memiliki kation atau anion tertentu yang dapat ditukar dengan ion yang ada dalam air limbah. Resin ini mengandung muatan ion yang bisa "ditukar" dengan ion-ion sejenis dalam larutan. Ketika air limbah mengalir melalui resin penukar ion, ion-ion dalam air limbah akan berinteraksi dengan ion yang terikat pada resin. Ion-ion dalam air limbah akan menggantikan ion-ion yang ada pada resin, terjadi pertukaran ion antara larutan dengan resin. Selama proses pertukaran ion, ion-ion yang tidak diinginkan dalam air limbah akan terikat pada resin penukar ion. Sebaliknya, ion-ion yang diinginkan akan dilepaskan dari resin. Dengan demikian, air yang keluar dari proses ini akan memiliki konsentrasi ion tertentu yang lebih rendah dari sebelumnya. Setelah resin penukar ion jenuh dengan ion-ion yang telah ditukar dari air limbah, resin perlu diregenerasi untuk mengembalikan kemampuan pertukaran ion-nya. Proses regenerasi melibatkan larutan kimia khusus yang dapat menggantikan ion-ion yang menempel pada resin, sehingga resin kembali siap untuk digunakan dalam proses pertukaran ion berikutnya (Metcalf & Eddy, 2004).

Regenerant pada proses ion exchange adalah larutan kimia khusus yang digunakan untuk membersihkan atau meregenerasi resin penukar ion setelah resin tersebut jenuh dengan ion-ion dari air limbah. Saat resin penukar ion tidak lagi efektif dalam pertukaran ion karena sudah terisi penuh dengan ion dari larutan yang telah ditangkapnya,

regenerant digunakan untuk mengembalikan kemampuan resin tersebut untuk bertukar ion lagi. Untuk resin penukar ion kation, regenerant umumnya berupa larutan asam, seperti larutan asam sulfat (H_2SO_4) atau larutan asam klorida (HCl). Larutan asam ini membantu untuk menggantikan ion kation yang telah ditangkap oleh resin dengan ion hidrogen (H^+) sehingga resin kembali memiliki ion yang siap untuk bertukar. Proses regenerasi ini memungkinkan resin penukar ion untuk kembali siap digunakan dalam proses ion exchange. Resin yang telah diregenerasi akan memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion baru dari air limbah yang melewati proses ion exchange.

Jika air limbah memiliki pH netral (sekitar 6-9), terkadang tidak diperlukan netralisasi tambahan setelah melalui proses ion exchange. Proses ion exchange biasanya tidak secara signifikan mempengaruhi pH air limbah karena tujuannya adalah untuk menghilangkan atau memisahkan ion-ion tertentu tanpa mengubah secara signifikan keseimbangan pH (Qasim & Zhu, 2017).



Gambar 2.4.0 Cara Kerja Unit Ion Exchange

Sumber : (<https://www.netsolwater.com/issues-involved-in-ion-exchange-resins.php?blog=216>)

2.3.4 Pengolahan Lumpur (*Sludge-Treatment*)

Pengolahan lumpur dalam air buangan atau air limbah melibatkan proses pemisahan, pengelolaan, dan pengurangan volume lumpur yang terbentuk sebagai hasil dari proses pengolahan air limbah. Lumpur dalam air limbah terdiri dari padatan organik dan anorganik yang terendap atau dihasilkan selama proses pengolahan. Proses pengelolaan lumpur dalam air limbah harus memperhatikan regulasi lingkungan dan memastikan bahwa pembuangan atau penggunaan kembali lumpur telah memenuhi standar yang ditetapkan.

a. Belt Filter Press

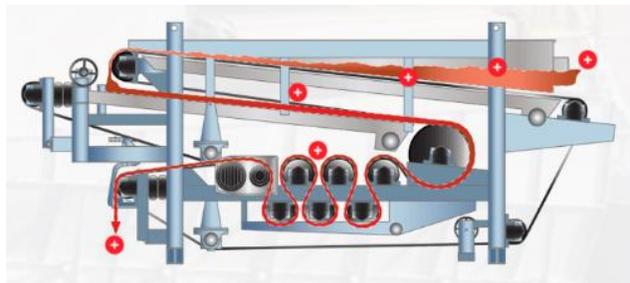
Belt filter press adalah salah satu jenis mesin pengolah lumpur yang digunakan dalam proses pengurangan kelembaban atau pengeringan lumpur yang dihasilkan dari pengolahan air limbah atau proses-proses industri lainnya. Mesin ini menggunakan prinsip filtrasi tekanan dan gravitasi untuk mengurangi kelembaban dari lumpur atau bahan padat lainnya.

Prinsip kerja belt filter press yaitu lumpur atau bahan padat yang mengandung kelembaban dipompa atau dimasukkan ke dalam belt filter press. Di awal proses, lumpur ini terletak di atas belt atau sabuk kain yang terus bergerak. Saat belt bergerak, tekanan diterapkan pada lumpur yang berada di atas belt. Tekanan ini membantu dalam proses pemisahan air dari lumpur. Air yang terkandung dalam lumpur akan terperangkap di antara serat-serat belt atau kain, sementara lumpur yang semakin kering tetap bergerak maju. Proses pemisahan air dari lumpur terus berlanjut seiring pergerakan belt filter press. Tekanan yang diterapkan membantu mengurangi kelembaban lumpur secara signifikan. Setelah proses filtrasi dan pengurangan kelembaban, lumpur yang lebih kering terkumpul di ujung belt filter press. Lumpur

yang telah dikeringkan ini kemudian dapat diangkut atau diolah lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan.

Keuntungan dari penggunaan belt filter press adalah kemampuannya untuk mengurangi kelembaban lumpur dengan efisien, sehingga menghasilkan lumpur yang lebih padat dan lebih mudah untuk ditangani atau dibuang. Mesin ini juga cocok digunakan untuk skala industri yang lebih besar karena dapat memproses jumlah lumpur yang besar dengan efisien. Belt filter press mampu mengurangi kelembaban lumpur atau bahan padat dengan efisien. Proses filtrasi dan aplikasi tekanan pada belt membantu dalam pemisahan air dari lumpur, menghasilkan lumpur yang lebih padat dan lebih kering.

Lumpur yang dihasilkan dari proses belt filter press biasanya akan diarahkan ke tempat pembuangan akhir yang sesuai atau dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan tertentu. Jika lumpur telah diolah dengan baik dan memenuhi standar keamanan dan kualitas tertentu, beberapa jenis lumpur dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk pertanian. Ini dapat membantu dalam memperkaya kandungan nutrisi tanah. Beberapa jenis lumpur yang dihasilkan dari proses belt filter press yang telah mengalami pengolahan tertentu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Ini dapat dimanfaatkan dalam proses pembakaran untuk menghasilkan energi.



Gambar 2.4.1 Mesin Belt Filter Press

Sumber : (<https://dewater.com/belt-filter-press/>)

2.4 Aksesoris Perancangan Bangunan

- Pompa

Pompa adalah suatu alat mekanis yang digunakan untuk menggerakkan atau memindahkan cairan atau zat padat dalam jumlah besar dari satu tempat ke tempat lain. Pompa bekerja dengan prinsip dasar memanfaatkan energi mekanis untuk mengubah energi tersebut menjadi energi kinetik pada cairan yang dipindahkan. Pompa juga digunakan untuk mengatur laju aliran cairan dalam sistem pengolahan air limbah. Ini penting untuk memastikan bahwa proses-proses berjalan sesuai dengan kebutuhan yang ditetapkan, baik untuk pengolahan primer, sekunder, maupun tersier. Pompa digunakan untuk memindahkan lumpur atau padatan yang terbentuk selama proses pengolahan. Ini membantu dalam pengurangan volume, pengeringan, atau pengelolaan limbah padat yang dihasilkan.

- Blower

Blower adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk menghasilkan aliran udara atau gas dalam jumlah besar dengan tekanan yang relatif rendah. Blower bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi kinetik pada udara atau gas yang dipindahkan. Dalam pengolahan air limbah, blower sering digunakan dalam proses aerasi pada sistem pengolahan air limbah, terutama di unit-unit seperti tangki aerasi dalam proses pengolahan lumpur aktif atau pada unit pengolahan biologis. Blower memberikan udara yang diperlukan untuk menyediakan oksigen bagi mikroorganisme yang mengurai bahan organik dalam air limbah.

- Pipa

Pipa adalah suatu saluran yang terbuat dari material tertentu, seperti logam, plastik, atau bahan lainnya, yang digunakan untuk mengalirkan cairan atau gas dari satu tempat ke tempat lain. Pipa memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan jenis yang digunakan untuk berbagai keperluan dalam berbagai industri dan aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, air minum, industri minyak dan gas, industri kimia, dan banyak lagi. Pipa juga dalam sistem pengolahan air limbah untuk mengalirkan air limbah dari rumah tangga, industri, atau tempat lainnya ke tempat-tempat seperti instalasi pengolahan air limbah, instalasi penyaringan, atau tempat pembuangan akhir yang sesuai.

- Shock Pipe atau Socket

Socket pipa adalah bagian dari pipa yang dirancang untuk menerima ujung pipa lainnya agar bisa dihubungkan dengan rapat. Ini adalah bagian berbentuk cekung atau lobang pada ujung pipa yang akan digunakan untuk menyambungkan pipa lain yang memiliki ujung yang sesuai untuk dipasangkan.

- Elbow

Elbow dalam konteks perpipaan adalah komponen yang digunakan untuk mengubah arah aliran dalam sistem perpipaan. Elbow umumnya memiliki bentuk lengkung atau sudut, memungkinkan perubahan arah aliran dari satu arah menjadi arah yang lain. Elbow sering kali memiliki sudut kelengkungan tertentu, seperti 90 derajat, 45 derajat, atau sudut lainnya, tergantung pada kebutuhan sistem perpipaan. Elbow digunakan untuk mengalihkan atau mengubah arah aliran fluida dalam sistem perpipaan. Misalnya, ketika perpipaan harus berbelok 90 derajat dari satu arah

ke arah yang lain, elbow 90 derajat digunakan untuk mencapai perubahan tersebut.

- Tee

Tee adalah komponen perpipaan yang memiliki bentuk menyerupai huruf "T" dan digunakan untuk menggabungkan atau membagi aliran dalam sistem perpipaan. Tee memiliki tiga saluran masuk/keluar yang membentuk sudut 90 derajat satu sama lain, yang menjadikannya mirip dengan huruf "T". Tee digunakan untuk menggabungkan aliran dari dua pipa ke dalam satu pipa tunggal. Tee juga digunakan untuk membagi aliran dari satu pipa menjadi dua arah yang berbeda. Dengan menggunakan tee, aliran dalam satu pipa dapat dibagi menjadi dua aliran yang terpisah ke dua pipa yang berbeda.

- Reducer

Reducer dalam konteks perpipaan adalah komponen yang digunakan untuk mengurangi ukuran atau diameter pipa dari satu ukuran ke ukuran yang lebih kecil atau lebih besar. Reducer memiliki dua ujung dengan ukuran yang berbeda, memungkinkan aliran fluida dari pipa yang lebih besar menuju pipa yang lebih kecil atau sebaliknya. Reducer digunakan untuk mengubah ukuran pipa sehingga aliran dari pipa besar dapat dialirkan ke pipa yang lebih kecil atau sebaliknya. Ini memungkinkan fleksibilitas dalam mengelola sistem perpipaan, terutama jika ada kebutuhan untuk menyesuaikan aliran antara pipa dengan ukuran yang berbeda.

- Increaser

Increaser adalah komponen yang digunakan untuk meningkatkan ukuran atau diameter pipa dari satu ukuran ke ukuran yang lebih besar. Ini memiliki fungsi kebalikan dari reducer, yang mengurangi

ukuran pipa dari pipa yang lebih besar ke yang lebih kecil. Increaser digunakan untuk memperbesar ukuran pipa sehingga aliran dari pipa yang lebih kecil dapat dialirkan ke pipa yang lebih besar. Ini berguna ketika ada kebutuhan untuk meningkatkan kapasitas aliran atau menyesuaikan ukuran pipa dalam suatu sistem perpipaan.

2.5 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan air buangan adalah menurunkan beban pencemar pada sumber air buangan industri pengolahan daging tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar.

2.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/ head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa

2.7 Bill Of Quantity (BOQ)

Bill of Quantity (BoQ) adalah dokumen yang merinci secara rinci daftar item-item atau pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek konstruksi atau pembangunan. BoQ biasanya disusun oleh seorang Quantity Surveyor atau penilai kuantitas yang memiliki pengetahuan tentang bahan, pekerjaan, dan biaya yang diperlukan untuk proyek konstruksi tertentu. Dalam BoQ, setiap item atau pekerjaan dikuantifikasi dengan detail yang mencakup spesifikasi, jumlah, ukuran, jenis bahan yang diperlukan, serta metode pengerjaan atau instalasi. BoQ biasanya disusun berdasarkan dokumen desain teknik (seperti gambar teknis atau spesifikasi teknis) yang sudah ada untuk proyek tersebut.

2.8 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan Anggaran Biaya (RAB) merupakan suatu dokumen yang merinci estimasi biaya untuk suatu proyek konstruksi atau pekerjaan tertentu. Dokumen ini mencakup rincian biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut dari awal hingga akhir. RAB umumnya disusun oleh seorang Quantity Surveyor atau estimator yang memiliki pengetahuan yang kuat tentang bahan, tenaga kerja, peralatan, dan biaya lain yang diperlukan untuk proyek konstruksi. Dalam RAB, setiap aspek pekerjaan atau pekerjaan yang diperlukan dipisahkan dan dianalisis secara rinci. Rincian tersebut mencakup estimasi biaya untuk bahan material, biaya tenaga kerja, biaya peralatan, biaya overhead, dan mungkin biaya tambahan seperti biaya administrasi, biaya desain, dan biaya tambahan lainnya yang terkait dengan proyek.