

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Industri Pengolahan Daging di Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur yang memiliki karakteristik limbah cair yang berbeda, sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 tentang baku mutu limbah cair.

2.1.1 Derajat Keasaman (pH)

pH (Power of Hydrogen) menunjukkan adanya konsentrasi ion hydrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air dengan pH ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

Industri Pengolahan Daging memiliki pH sebesar 13 yang tergolong basa. Pada baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri pengolahan daging besar pH yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6-9. Jadi diperlukan penetralan pH pada limbah industri tepung tapioka yang dihasilkan.

2.1.2 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses biologis yang benar-benar terjadi dalam air. BOD sebagai ukuran jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh populasi mikroba di perairan sebagai tanggapan terhadap masuknya bahan organik yang terdekomposisi. Dari istilah ini dapat disimpulkan

bahwa meskipun nilai BOD menunjukkan jumlah oksigen, demi kesederhanaan itu juga dapat diartikan sebagai gambaran dari jumlah bahan organik yang dapat terurai secara hayati di perairan (Mays, 1996). BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi BOD adalah jumlah senyawa organik yang diuraikan, tersedianya mikroorganisme aerob, dan tersedianya jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses penguraian tersebut. Oksidasi biokimia adalah proses yang lambat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95– 99% dan dalam waktu 5 hari sekitar 60–70% bahan organik telah terdekomposisi (Metcalf & Eddy, 1991).

Pada industri pengolahan daging yang dihasilkan adalah 1600 mg/L, dari batas baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri pengolahan daging adalah 125 mg/L. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan sebelum di buang agar tidak mencemari lingkungan.

2.1.3 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai/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 (Metcalf & Eddy, 2003). Apabila tingkat pencemaran air/ COD (chemical oxygen demand) perairan relatif tinggi, terdapat kecenderungan

kandungan logam berat dalam air dan sedimen akan tinggi karena COD menunjukkan kadar bahan organik yang bersifat non biodegradable. (Sumantri & Rahmani, 2020).

Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 memiliki baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri pengolahan daging sebesar 250 mg/L. Sedangkan karakteristik air limbah yang dihasilkan adalah 2800 mg/L.

2.1.4 TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan materi atau bahan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan air terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air. Zat padat tersuspensi merupakan bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat padat tersuspensi, sehingga fotosintesa tidak berlangsung sempurna (Tarumingkeng & Patty, 2019).

Total padatan tersuspensi suatu perairan merupakan material yang halus dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas saring berukuran 0,042 mm (Mustofa, 2017).

Tingginya konsentrasi TSS dapat menghambat penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air sehingga menyebabkan rendahnya nilai produktivitas suatu perairan. Konsentrasi TSS yang tinggi berkaitan dengan adanya aktivitas manusia sehingga perairan tersebut teraduk dengan substrat berlumpur. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Pengolahan Daging kandungan TSS yang diperbolehkan adalah sebesar 100 mg/L. Sedangkan industri Pengolahan Daging memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 300 mg/L.

2.1.5 Amoniak (NH_3)

Kandungan ammonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan, secara kimia, keberadaan ammonia dalam air berupa amonia terlarut (NH_3) dan ion ammonium (NH_4^+). Amonia bebas (NH_3) yang tidak berionisasi akan bersifat toksik. Kadar amonia bebas meningkatkan sejalan dengan meningkatnya pH dan suhu perairan. Sifat toksik pada ammonia dipengaruhi oleh pH, suhu, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi ammonia pada pH rendah akan bersifat racun jika jumlahnya banyak, sedangkan ammonia pada pH tinggi juga akan bersifat racun meskipun jumlahnya rendah. Penurunan oksigen terlarut akan meningkatkan toksisitas ammonia dalam perairan.

Proses kombinasi aerob-anaerob biasanya digunakan untuk menyisihkan kandungan nitrogen di dalam air limbah. , pada kondisi aerobik terjadi proses nitrifikasi, yaitu amonia diubah menjadi ion amonium dan nitrat ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) dan pada kondisi anaerobik (anoxic) terjadi proses denitrifikasi, yaitu nitrat yang terbentuk diubah menjadi gas nitrogen ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$). Kombinasi proses aerob-anaerob juga dapat menghilangkan fosfor maupun BOD/COD secara bersamaan dengan baik. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fosfor terlarut akan diambil oleh bakteri/mikroorganisme dan disintesis menjadi polifosfat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa BOD/COD. Sementara pada kondisi anaerob, senyawa fosfor anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisis senyawa fosfor, sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada dalam air limbah (Satria et al., 2019).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Pengolahan Daging kandungan NH_3 yang diperbolehkan adalah sebesar 10 mg/L. Sedangkan industri Pengolahan Daging memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 11 mg/L.

2.1.6 Minyak Lemak

Lemak dan minyak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan dalam air limbah. Lemak dan minyak membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliserid dari asam lemak ini berupa cairan pada keadaan biasa dikenal sebagai minyak dan apabila dalam bentuk padat dan kental sebagai lemak. Lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Sebagai petunjuk dalam mengelola air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan. Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada dipermukaan air, dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan, sehingga membentuk selamut. Kadar lemak sebesar 15-20 mg/l merupakan batas yang bisa ditolerir apabila lemak ini berada di dalam air limbah (Sugiharto, 1987). Parameter minyak dan lemak dapat ditemukan karena limbah cair industri batik merupakan hasil dari pemisahan sari tebu dalam proses produksi di stasiun pemurnian.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Pengolahan Daging kandungan NH_3 yang diperbolehkan adalah sebesar 10 mg/L. Sedangkan industri Pengolahan Daging memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 18 mg/L

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

2.2.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang digunakan untuk menyalurkan atau mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan lainnya. Saluran pembawa biasanya terbuat dari beton. 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). Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang saluran pembawa:

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran (v) = 0,3-0,6 m/s
- Slope Maksimal (S) = <0,001 m/m
- Freeboard (Fb) = 5-30%
- Koefisien Manning (n) untuk bahan saluran beton = 0,013

Rumus yang Digunakan :

- Luas Permukaan (cross)

$$A = \frac{Q \text{ m}^3/\text{s}}{v \text{ m/s}}$$

- Diameter Pipa Inlet (D)

$$\text{Diameter Pipa} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

- Luas Penampang Baru (A)

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

- Jari-jari Hidrolis (R) = $\frac{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \text{ m}^2}{\pi \times D \text{ m}}$

- Cek Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{Q(\text{m}^3/\text{s})}{A(\text{m}^2)}$$

- Headloss Sepanjang Pipa (Hf)

$$H_f = \left(\frac{10,67 \times Q^{1,85}(\text{m}^3/\text{s})}{C^{1,85} \times D^{4,87}(\text{m})} \right) \times L(\text{m})$$

- Slope Pipa (S)

$$S = \frac{H_f(\text{m})}{L(\text{m})}$$

2.2.1 Bak Kontrol

Bak kontrol adalah komponen penting dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berfungsi sebagai sistem kontrol kualitas air limbah. Bak ini berfungsi sebagai bak penampung sementara dari tiap ruangan penghasil limbah serta digunakan untuk memudahkan pemeliharaan pada saluran perpipaan jika terjadi penyumbatan. Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang Bak kontrol:

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
- Freeboard = 5% - 30%

(Metcalf & Eddy, 2003)

Rumus yang Digunakan :

- Kedalaman Total

$$T_{total} = T + \text{Freeboard}$$
- Volume bak kontrol

$$V = p \times l \times t$$
- Waktu tinggal (t_d)

$$T_d = \frac{v}{Q}$$
- Pipa outlet ke fine screen

$$D = \left(\frac{4 Q}{\pi x v} \right)^{0,51}$$

2.2.2 Bak Penampung

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

2.2.3 Screen (Fine Screen)

Unit pertama yang digunakan dalam pengolahan air limbah adalah screening atau penyaringan. Unit screening berfungsi untuk menghilangkan padatan yang berukuran besar pada air limbah. Screen dipasang melintang arah aliran air agar padatan kasar dapat tersaring dengan kecepatan yang digunakan lebih dari 3 m/s. Saat air limbah dilewatkan unit penyaring, padatan akan tertinggal atau tersaring tidak terjepit (Metcalf & Eddy, 2003).

Apabila padatan kasar lolos sebelum pengolahan limbah, akan menyebabkan kerusakan pada alat pengolah limbah sehingga dapat menyebabkan berkurangnya efektifitas pengolahan. Secara umum, screen dibedakan berdasarkan jenis saringannya yaitu saringan kasar dan halus. Berdasarkan jenis saringannya berikut adalah tipe tipe Screening (Metcalf & Eddy, 2003)

a. *Fine Screen* (Saringan Halus)

Saringan halus digunakan untuk menyaring partikel dengan ukuran 2,3 – 6 mm. Biasanya digunakan untuk pengolahan pendahuluan (pre-treatment) maupun pengolahan pertama atau utama (primary treatment). Fine Screen terdiri dari fixed dan movable Screen. Fixed Screen atau static dipasang secara permanen dalam posisi vertikal, miring, atau horizontal, dan harus dibersihkan dengan garu, 12 gigi, atau sikat. Pada movable Screen pembersihan dilakukan secara terus menerus selama pengoperasian (Qasim, 1985). Jenis saringan halus yang dikembangkan adalah ayakan kawat (*static wedgewire*) seperti Gambar 2.1 , drum putar (*rotary drum*) seperti Gambar 2.2 , dan anak tangga (*step type*) sesuai Gambar 2.3 (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.1 Ayakan Kawat (*Static Wedge Wire*)



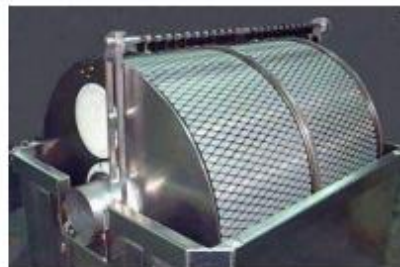
Gambar 2.2 Drum Putar (*Rotary Drum*)



Gambar 2.3 Anak Tangga (*Step Type*)

b. Micro Screen

merupakan saringan yang memiliki ukuran kurang dari $0,5 \mu\text{m}$ dan digunakan untuk menyaring material mengapung, alga, dan benda di dalam limbah yang berukuran kecil. Bentuk Micro Screen dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Micro Screen

c. Coarse Screen (Saringan Kasar)

Coarse Screen berbentuk seperti batangan paralel, umumnya dikenal sebagai "bar screen" digunakan untuk menyaring padatan kasar yang berukuran antara 6mm - 150mm seperti ranting kayu, kain dan kotoran lainnya. Coarse Screen berfungsi untuk melindungi pompa, valve, pipa dan peralatan lainnya terhadap kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. Metode pembersihan bar screen terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik.

Pembersihan manual biasanya dilakukan di industri kecil atau menengah. Prinsip yang digunakan adalah material padat yang kasar dihilangkan dengan rangkaian material baja yang ditempatkan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah 0,3 - 0,6 m/s sehingga padatan tidak tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan penampang batang berbentuk persegi panjang. Bar Screen dibersihkan secara manual, biasanya layar dimiringkan 30° hingga 45° ke arah horizontal.



Gambar 2 .5 Coarse Screen (Saringan Kasar)

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang Screening (*Fine Screen*)

Kriteria Perencanaan :

- Saringan bukaan masuk = 6 - 60 mesh
- Jarak antar batang (r) = 2,3 – 6 mm
- Diameter = 0,9 m – 1,5 m

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
- Headloss saat pembersihan (H_f) = 150 mm
- Headloss saat penyumbatan (H_{fc}) = memenuhi $< 0,80$ m
- Faktor bentuk kisi bulat (β) = 1,79
- Koefisien H_f (C) = 0,7 (saat clean screen)
- Koefisien H_f (C) = 0,6 (saat clogged screen)
- Kemiringan terhadap horizontal pada manual 45-60 °

Rumus Yang Digunakan :

- Jumlah bukaan antar batang/celah (n)

$$W_s = (n \times w) + ((n+1) r)$$
- Total lebar bukaan kisi (W_c)

$$W_c = W_s - (n \times w)$$
- Dimensi Fine Screen
 - Panjang kisi (x)

$$\sin \theta = \frac{h}{x}$$
 - Lebar Kisi (y)

$$\cos \alpha = \frac{y}{x}$$
- H_f

$$= \frac{1}{c} \left(\frac{vb^2 - va^2}{2g} \right)$$
- H_v

$$= \frac{Vc}{2 \times g}$$
- H_{fc}

$$= \beta \times \left(\frac{W_c}{r} \right)^{4/3} \times H_v \times \sin \alpha$$

2.2.4 Grease Trap

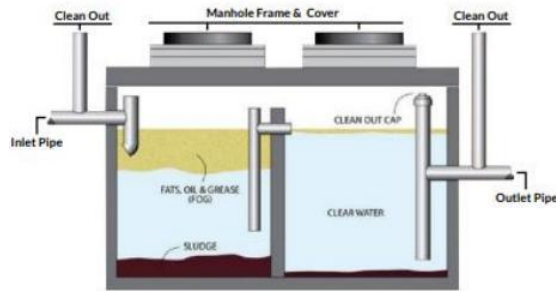
Untuk mengambil zat-zat yang tercampur selain dengan cara pengendapan dapat juga dilakukan dengan cara pengapungan. Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk menyisahkan minyak dan lemak dalam air limbah agar tidak mengganggu sistem pengolahan selanjutnya. Penyisihan minyak dan lemak menggunakan grease trap dilakukan di awal sistem pengolahan untuk mencegah terjadinya gangguan pada unit pengolahan selanjutnya. Pada umumnya grease trap

terdiri dari dua kompartemen. Kompartemen pertama berfungsi untuk menyisihkan berbagai jenis padatan dengan berat jenis yang lebih ringan daripada air (seperti minyak dan lemak) akan mengapung di permukaan air selanjutnya kompartemen kedua berfungsi untuk memastikan bahwa minyak dan lemak tetap tertahan di dalam sistem dan tidak ikut dalam aliran air menuju proses selanjutnya (PUPR).

Grease trap juga dikenal sebagai pencegat lemak, perangkat pemulihan (recovery) minyak dan konverter limbah minyak) merupakan perangkat pipa yang dirancang untuk mencegat sebagian besar gemuk/minyak dan zat padat lain sebelum memasuki sistem pembuangan air limbah. Limbah umumnya mengandung sejumlah kecil minyak yang masuk ke dalam septik tank dan fasilitas pengolahan untuk membentuk lapisan buih mengambang. Jenis Grease Trap :

- a. Yang paling umum adalah grease trap pasif, yaitu titik perangkat sederhana yang digunakan di bawah kompartemen bak cuci dalam dapur. Grease trap ini membatasi aliran dan menghapus 85-90% dari lemak dan minyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan gemuk akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
- b. Jenis yang paling umum kedua adalah tangki in-ground berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, fiberglass, atau 20 baja. Dengan sifat ukuran lebih besar, perangkat ini memiliki kapasitas penyimpanan lemak dan limbah padat yang lebih besar untuk aplikasi aliran limbah yang tinggi seperti pada restoran atau rumah sakit. Trap ini biasa disebut pencegat gravitasi (gravity interceptors). Pencegat / trap memerlukan waktu retensi dari 30 menit untuk memungkinkan lemak, minyak, gemuk dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki.

- c. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (Grease Recovery Devices / Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak / minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak.



Gambar 2.6 Grease Trap

Sumber: <https://mitraprimaenviro.com/product/grease-trap/>

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran (v) = 2-6 m/jam
 $= 0,00055 \text{ m/s} - 0,0016 \text{ m/s}$
- Waktu tinggal (t_d) = 5-20 menit
- Terdiri dari 2 kompartemen
 - Kompartemen pertama = $\frac{2}{3}$ dari total Panjang
 - Kompartemen kedua = $\frac{1}{3}$ dari total Panjang
- Diameter manhole minimal = 0,6 m

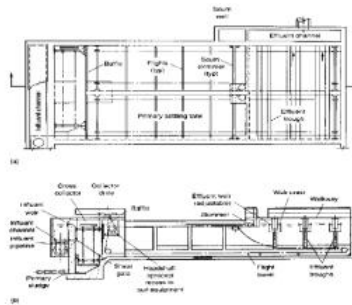
2.2.5 Bak Pengendap 1

Bak pengendap I adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan Koagulasi – Flokulasi. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) Kecepatan pengendapan tidak dapat ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besar partikel yang diuji dengan coloumn settling test dan withdrawal ports pada waktu tertentu akan menghasilkan data

removal sehingga akan didapat grafik isoremoval. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh:

- Aliran angin.
- Suhu udara permukaan.
- Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air.
- Suhu terstratifikasi dari iklim.
- Bilangan eddy



Gambar 2.7 Bak Pengendap 1

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

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

Tabel 2.1 Desain Tangki Sedimentasi I

Item	<i>U.S Customary Units</i>			<i>SI Unit</i>		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
<i>Primary Sedimentation Tanks Followed by Secondary Treatment</i>						
Waktu Tinggal	Jam	1,2-1,2	2	Jam	1,5-2,5	2
Kecepatan Alir						
Rata-Rata	gal/ft ² s	800-1.200	1.000	m ³ /m ² s	30-50	40
Puncak	gal/ft ² s	2.000-3.000	2.500	m ³ /m ² s	80-120	100
Item	<i>U.S Customary Units</i>			<i>SI Unit</i>		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
<i>Weir Loading</i>	gal/ft ² s	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² s	125-500	250
<i>Primary Settling with Waste Activated Sludge Return</i>						
Waktu Tinggal	Jam	1,5-2,5	2	Jam	1,5-2,5	2
Kecepatan Alir						
Rata-Rata	gal/ft ² s	600-800	1.000	m ³ /m ² s	24-32	28
Puncak	gal/ft ² s	1.200-1.700	1.500	m ³ /m ² s	48-70	60
<i>Weir Loading</i>	gal/ft ² s	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² s	125-500	250

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003)

Tabel 2.2 Data Perencanaan Untuk Bangunan Sedimentasi I
Berbentuk Persegi dan Lingkaran

Item	U.S Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Persegi Panjang						
Kedalaman	feet	10-16	14	M	3-4,9	4,3
Panjang	feet	50-300	80-130	M	15-90	24-40
Lebar	feet	10-80	16-32	M	3-24	4,9-9,8
<i>Flight Speed</i>	ft/min	2-4	3	m/min	0,6-1,2	0,9
Lingkaran						
Kedalaman	feet	0-16	14	M	3-4,9	4,3
Diameter	feet	10-200	40-150	M	3-60	12-45
Kemiringan Dasar	In/ft	0,75-2	1	mm/mm	1/16-1/6	1/12
<i>Flight Speed</i>	r/min	0,02-0,05	0,03	r/min	0,02-0,05	0,03

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003)

2.2.6 Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berbeda di antara nilai 6,5 – 8,5.

Larutan dikatakan asam bila : $H^+ > H^-$ dan $pH < 7$

Larutan dikatakan netral bila : $H^+ = H^-$ dan $pH = 7$

Larutan dikatakan basa bila : $H^+ < H^-$ dan $pH > 7$

Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas bufer yang terjadi karena ada produk CO₂ dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam. Terdapat beberapa cara menetralkan kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti (Reynolds & Richards, 1996):

- Pencampuran limbah asam dengan basa dengan komposisi yang sesuai
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur
- Penambahan NaOH, Na₂CO₃, atau NH₄OH ke limbah asam
- Penambahan asam kuat (H₂SO₄, HCl) ke dalam limbah basa

e. Pembangkitan CO₂ dalam limbah basa

Kriteria yang digunakan dalam merancang unit netralisasi adalah sebagai berikut :

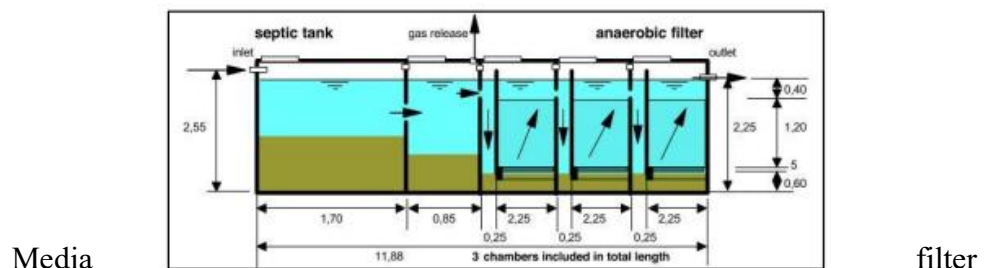
- Waktu tinggal di dalam bak (Td) = 20 – 60 s
- Gradien kecepatan = 700 – 1000/s
- Diameter paddle (Di) = 50 – 80% diameter bak
- Lebar paddle (Wi) = 1/6 – 1/10 diameter paddle
- Kecepatan putaran paddle (n) = 20 – 150 rpm
- Kedalaman bak (D) = 1 – 1,25 diameter
- Jarak paddle dari dasar = 30 – 50% Di
- Reynold number (NRE) = >10.000

Sumber : (Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, hal 182,184,185)

2.2.7 Biofilter Anaerob

Anaerobic filter adalah pengolahan air limbah terlekat menggunakan biofilm yang bertujuan untuk memisahkan padatan yang tidak dapat mengendap dan padatan terlarut. Unit anaerobic filter menggunakan tangka yang memiliki permukaan luas untuk melekatkan bakteri. Ketika air limbah mengalir melewati filter (biasanya dari bawah ke atas / upflow), air limbah akan melakukan kontak dengan biomassa pada filter dan mengalami degradasi anaerobik yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 .

Gambar 2 .8 Unit *Anaerobic Filter*



seperti kerikil, batu atau plastik memiliki luas permukaan tambahan untuk melekatkan bakteri. Semakin luas permukaan media untuk pertumbuhan bakteri

maka semakin cepat proses penguraiannya. Sebuah media filter yang baik memiliki luas permukaan sebesar 90 – 300 m² pada setiap m³ volume reaktor. Permukaan yang kasar memiliki luas area yang lebih besar, paling tidak pada fase awal. Lama kelamaan bakteri yang tumbuh akan semakin banyak sehingga luas permukaan media akan berkurang (Sasse, 1998). Media yang paling efektif untuk biofilter aerob maupun anaerob adalah media sarang tawon (Nusa Idaman, 2000)

Tabel 2 . 3 Luas Permukaan Spesifik

No	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m ² /m ³)
1.	Tricking filter dengan batu pecah	100-200
2.	Modul sarang tawon (honeycomb modul)	150-240
3.	Tipe jarring	50
4.	RBC	80-150

Kriteria yang digunakan dalam merancang unit biofilter anaerob adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan 1-unit biofilter anaerobik:
2. Waktu tinggal (Td) = >6 jam
3. Tinggi ruang lumpur = 0,5-1,5m
4. Beban BOD/Volume media = 0,4-4,7 kg/BOD/m³.hari
5. Tinggi ruang (bed) media pembiakkan mikroba = 0,9-1,5m
6. Efisiensi penyisihan digunakan:
 - a. BOD = 80%
 - b. COD = 80%

2.2.8 Activated Sludge

Pengolahan lumpur aktif adalah sistem pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Dalam hal menurunkan organik, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrof. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon (organik karbon). BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan

selanjutnya disebut sebagai substrat. Modifikasi proses pada lumpur aktif sistem dapat dilakukan dengan:

- Merubah konfigurasi sistem inlet.
- Merubah konfigurasi parameter utama seperti F/M ratio, rasio resirkulasi, umur lumpur dan lain-lain.
- Merubah dengan oksigen murni dan lain-lain.

Tipe-tipe hasil modifikasi dan apa yang membedakannya, adalah sebagai berikut:

1. Konvensional Pada sistem konvensional terdiri dari tangki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik.
2. Non konvensional
 - Step Aeration

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

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara dititik awal lebih tinggi
 - Contact Stabilization

Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.

Reaeration tank yang berfungsi untuk mengosidasi bahan orgganik yang mengabsorb (proses stabilisasi).
 - Pure Oxygen

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

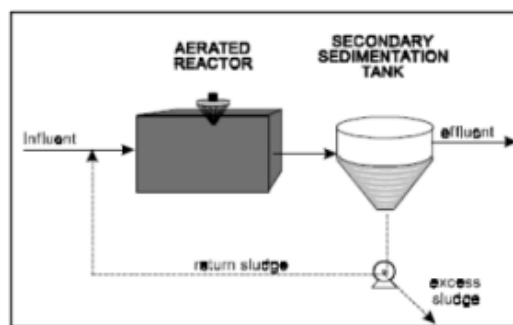
- High Rate Aeration

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

- Extended Aeration

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

Gambar 2.9 Proses activated sludge



2.2.9 Clarifier

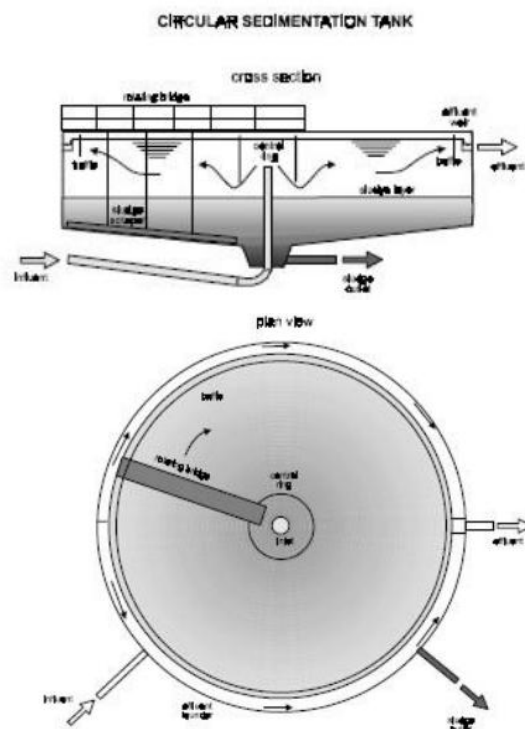
Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya.

Bangunan clarifier digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat

scraper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing-masing vee dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1-2 jam. Kedalaman clarifier rata-rata 10-15 feet (3-4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (sludge blanket) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter). Secondary Settling (Clarifier), fungsinya sama dengan bak pengendap, tetapi clarifier biasanya di tempatkan setelah pengolahan kedua (pengolahan biologis).

Gambar 2.10 Denah dan Potongan Clarifier



2.2.10 Pengolahan Lumpur

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- a. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
- b. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- c. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah :
 - Mereduksi kadar lumpur
 - Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

2.2.10.1 Sludge Drying Bed

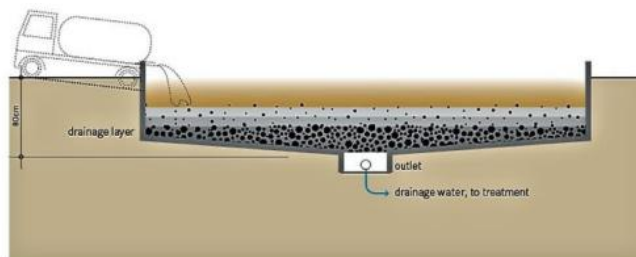
Sludge Drying Bed merupakan metode pemisah air dari sludge yang dihasilkan bangunan pengolahan air limbah yang paling sering digunakan di Amerika Serikat. *Sludge Drying Bed* secara umum digunakan untuk mengurangi kadar air kandungan biosolid dan lumpur / *sludge* yang mengendap. Setelah mengering, padatan akan dikuras dan selanjutnya dibuang menuju lokasi pembuangan (*landfill*). (Metcalf & Eddy, 2003)

Keuntungan penggunaan *Sludge Drying Bed* diantaranya adalah :

1. Rendahnya biaya investasi dan perawatan yang diperlukan,
2. Tidak diperlukannya terlalu banyak waktu untuk proses pengamatan dan pengontrolan,
3. Dalam prosesnya akan dihasilkan banyak padatan dari proses pengeringan. (Metcalf & Eddy, 2003)

Selain berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dengan penggunaan *Sludge Drying Bed* seperti yang telah disebutkan di atas, *sludge drying bed* juga memiliki beberapa kerugian, di antaranya :

1. Proses pengeringan sangat bergantung pada iklim dan perubahannya,
2. Dibutuhkan lahan yang lebih luas,
3. Kemungkinan terjadinya pencemaran udara yang berupa bau akibat proses pengeringan sludge / lumpur. (Metcalf & Eddy, 2003)



Gambar 2.11 *Sludge Drying Bed*

Kriteria Perencanaan :

1. Waktu pengeringan = 5 - 15 hari
2. Tebal sludge cake = 20 – 30 cm
3. Tebal pasir = 23 – 30 cm
4. Lebar = 3 m
5. Panjang = 5 – 30 m
6. Slope = 1%
7. Kecepatan aliran pipa (v) = $> 0,75$ m/s
8. Berat air dalam cake (P_i) = 60% - 70%
9. Kadar air (P) = 60% - 80%
10. Kadar solid = 20% - 40%
11. Sludge loading rate = 120 – 150 kg/solid kering/m² .tahun
(Metcalf & Eddy, 2003)

2.3 Persen Removal

Berikut ini merupakan tabel persen removal yang digunakan dalam pengolahan air limbah buangan industry pengolahan daging, yaitu :

Tabel 2.4 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit Bangunan	Bahan Pencemar	Range Kemampuan Penyisihan	Literatur
Fine Screen	BOD	5-25%	<i>Metcalf and Eddy, 2003</i>
	TSS	15-30%	
Grease Trap	Minyak Lemak	80%	<i>Kementrian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan, Hal : 24</i>
Bak Pengendap 1	TSS	50-70%	<i>Metcalf & Eddy, WWET Disposal and Reuse 4th Edition, page 396</i>
Netralisasi	Ph	40%	<i>Metcalf & Eddy 2003, hal 527</i>
Biofilter Anaerob	BOD	65-85%	<i>Nusa Idaman Said, Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori & Aplikasi .2017 hal.180</i>
	COD	75-90%	<i>Qasim.1999, Wastewater atareatment, 7.28 Anaerobic Treatment</i>
Activated Sludge	BOD	93-98%	<i>Sperling 2007, Volume 5 Halaman 13</i>
	COD	90-95%	
	NH3	90-95%	
Clarifier	BOD	25-40%	Huisman, hal 12
	COD	25-40%	Qasim, hal 66
	TSS	50-70%	Huisman, hal 12

2.4 Profil Hidrolis

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

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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

2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:

- Kehilangan tekanan pada perpipaan
- Kehilangan tekanan pada aksesoris
- Kehilangan tekanan pada pompa

3. Tinggi Muka Air

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

- Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake
- Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.