BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Air limbah merupakan kombinasi dari cairan dan sampah-sampah buangan yang dihasilkan dari proses produksi suatu industry, domestik (rumah tangga), perdagangan, air tanah, air permukaan dan air buangan lainnya yang berdampak pada lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik (Metcalf, 2003).

2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Rumah Potong Hewan

Limbah industri pemotongan hewan (RPH) yang berupa feces urine, isi rumen atau isi lambung, darah afkiran daging atau lemak, dan air cuciannya, dapat bertindak sebagai media pertumbuhan dan perkembangan mikroba sehingga limbah tersebut mudah mengalami pembusukan. Dalam proses pembusukannya di dalam air, mengakibatkan kandungan NH3 di atas maksimum kriteria kualitas air, dan gas tersebut menimbulkan bau yang tidak sedap serta dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan yang disertai dengan reaksi fisiologik tubuh berupa rasa mual dan kehilangan selera makan. Selain menimbulkan gas berbau busuk juga adanya pemanfaatan oksigen terlarut yang berlebihan dapat mengakibatkan kekurangan oksigen bagi biota air (Widya, I. N., 2007). Berikut beberapa parameter yang

2.2.1 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biologycal Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. Biologycal Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benarbenar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organic yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air (Atima, 2015).

Mays (1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon

terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah urai (biodegradable organics) yang ada di perairan.

2.2.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah oksigen kimiawi yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi yang terkandung dalam air dan dinyatakan dalam mg/l. Semua bahan organik sengaja diurai secara kimiawi dengan oksidator kuat sehingga akan teroksidasi. Dengan demikian angka COD dan BOD akan mengetahui selisih nilai dan besarnya bahan organik yang sulit terurai pada perairan. Kemungkinan nilai COD sama dengan nilai BOD, namun pada faktanya nilai COD lebih tinggi dibandingan nilai BOD, bahkan nilai BOD dapat dikatakan 50% dari nilai COD. Hal tersebut karena faktor dari COD yang menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada. COD merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik dengan menggunakan pengoksidasi PAC dan Polimer. Pencemaran air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasisecara alamiah oleh mikroorganisme dapat dikatakan ukuran angka COD yang menyebabkan kandungan oksigen di dalam air berkurang (Wa Atima,2015).

Apabila kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen yang terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan untuk hidup. Nilai COD tetap lebih tinggi daripada BOD *ultimate* meskipun nilai dari keduanya dapat sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal ini dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit dioksidasi secara biologis contohnya Lignin yang hanya dapat dioksidasi secara kimiawi, zat anorganik dioksidasi oleh dikromat dapat meningkatkan kandungan organik sampel, beberapa zat organik dapat meracuni mikroorganisme yang diperlukan untuk penentuan BOD, nilai COD yang tinggi dapat disebabkan oleh fakta zat anorganik itu. bereaksi dengan dikromat (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018).

Perbedaan reaksi penguraian COD dan BOD adalah COD menggunakan reaksi kimia dan membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat, sedangkan BOD menggunakan mikroorganisme serta membutuhkan waktu yang cukup lama. Rasio COD dan BOD mengindikasikan biodegrabilitas dari air buangan semakin tinggi rasio maka semakin rendah biodegrabilitas dari air buangan (Papadopoulos *et al.*, 2001). Rasio COD dan BOD terbagi menjadi tidak melebihi dari sebuah indikator untuk dampak *output* dari zat organik yang berada dalam air, limbah, lindi, kompos material – material lain yang terjadi di lingkungan. Raiso COD dan BOD yang baik digunakan untuk pengolahan biologis terdapat dalam *range biodegradable* yaitu 0,2 – 0,5 (Mangkoediharjo, 2010).

2.2.3 Minyak dan Lemak

Kandungan minyak dan lemak dalam limbah banyak dijumpai dari proses produksi yang berbahan dasar tumbuhan, hewan maupun mineral. Kebanyakan darilemak pada umumnya tercampur dengan berbagai macam trigliserida (ester gliserol dari asam lemak). Minyak dan lemak juga sering pada tumbuhan dan hewan, yang merupakan komponen penting bagi kehidupan manusia. (EPA, 1997) Setiap aspek pengolahan awal perlu mempertimbangkan kehadiran minyak dan lemak dalam limbahnya. Hal ini disebabkan karena kehadiran kandungan minyak dan lemak dalam limbah industri dapat menghasilkan banyak permasalahan dalam proses pengolahan limbah industri. Permasalahan-permasalahan yang dapat ditimbulkan olehkehadiran minyak dan lemak dalam limbah industri antara lain:

- Tersumbatnya saluran pembawa.
- Timbulnya padatan lemak pada stasiun pemompaan sumur pengumpul yangberpotensi merusak pompa
- Timbulnya konsentrasi minyak dan lemak pada bak pengendapan yangberpotensi menyebabkan permasalahan pada proses berikutnya.
- Menurunnya performa pengolahan biologis akibat kehadiran minyak dan lemak pada limbah.
- Tertutupnya porositas (pori-pori) karbon aktif akibat minyak dan lemak padaproses filtrasi.

- Sukarnya pemadatan dan pengurangan kandungan air pada proses biosolid (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

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 8 mg⁄L merupakan batas yang bisa ditolerir apabila lemak ini berada di dalam air limbah (Sugiharto, 1987).

2.2.4 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 elektrostatik 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). Kandungan TSS yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dan PermenLH No.5 Tahun 2014 untuk efluen adalah sebesar 100mg/L.

Padatan tersuspensi yang terdapat pada parameter TSS merupakan senyawa bentuk padat yang berada dalam kondisi tersuspensi dalam air. Padatan tersebut kemungkinan berasal mineral-mineral misalnya pasir yang sangat halus, silt, lempung, atau berasal dari zat organik asam sulfat yang merupakan hasil penguraian jasad tumbuh-tumbuhan atau binatang yang telah mati. Di samping itu, padatan tersuspensi ini dapat berasal dari mikroorganisme misalnya plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. Semua elemen-elemen tersebut umumnya menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Nusa Idaman Said, 2017).

2.2.5 Kadar Amonia (N- NH_3)

Amoniak (NH3) adalah senyawa nitrogen yang pada pH rendah akan menjadi NH4+ (amonium). Amoniak berasal dari tinja, air seni, serta penguraian zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air buangan industri, air limbah domestik,

ataupun air alam. Adanya senyawa amoniak dalam air dapat mengurangi efektivitas khlorin. Khlorin biasanya digunakan untuk pengolahan air dalam tahap air untuk menghilangkan zat organik yang tersisa dan untuk proses desinfeksi. Amoniak dapat membentuk khloramin jika bereaksi dengan asam hipoklorid yang mana kurang efektif sebagai desinfektan sehingga amoniak dapat dikatakan memakai "kebutuhan klorin" pada proses khlorinasi. Senyawa amoniak dalam air limbah dapat diolah menggunakan mikrobiologis dengan metode aerasi melalui proses nitrifikasi (Said & Sya'bani, 2014).

Kandungan amonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan. Secara kimia, keberadaan amonia dalam air berupa amonia terlarut (NH3) dan ion amonium (NH4 +). Amonia bebas (NH3) yang tidak berionisasi akan bersifat toksik. Kadar amonia bebas meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan suhu perairan.

Sifat toksik pada amonia dipengaruhi oleh pH, suhu, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi amonia pada pH rendah akan bersifat racun jika jumlahnya banyak, sedangkan amonia pada pH tinggi juga akan berifat racun meskipun jumlahnya rendah. Penurunan kadar oksigen terlarut akan meningkatkan toksisitas amonia dalam perairan (Al Kholif, 2007).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

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

a. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

proses pengolahan awal pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebelum air limbah masuk ke tahap pengolahan utama. Pre treatment IPAL bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan padat, minyak, lemak, dan

partikel-partikel besar dari air limbah sehingga proses pengolahan selanjutnya dapat berjalan lebih efisien.

b. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

meliputi penyaringan, pengendapan, dan penghilangan zat padat dengan menggunakan alat seperti grit chamber dan clarifier. Proses-proses ini membantu dalam mengurangi kandungan padatan yang mengendap di dasar tangki dan mengurangi kandungan zat organik dalam air limbah. Meskipun primary treatment dapat mengurangi kandungan padatan dan zat organik dalam air limbah, namun untuk mencapai standar kualitas air yang lebih tinggi, air limbah perlu melalui tahap-tahap pengolahan lanjutan seperti secondary treatment dan tertiary treatment. Dengan demikian, primary treatment merupakan langkah awal dalam proses pengolahan air limbah untuk menjaga kualitas lingkungan hidup.

c. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan zat organik larut dan tersuspensi yang masih ada dalam air limbah setelah melalui tahap primary treatment. Proses ini juga bertujuan untuk mengurangi kandungan nutrient yang dapat menyebabkan eutrofikasi di perairan. Setelah melalui tahap secondary treatment, air limbah kemudian dapat diarahkan ke tahap tertiary treatment untuk menghilangkan zat-zat pencemar yang tersisa dan mencapai standar kualitas air yang ditetapkan sebelum dibuang ke lingkungan. Dengan demikian, secondary treatment merupakan tahap krusial dalam proses pengolahan air limbah untuk menjaga kualitas lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat.

d. Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

merupakan bagian penting dari proses pengelolaan limbah cair. Lumpur (sludge) yang dihasilkan dari IPAL mengandung campuran bahan organik, anorganik, dan mikroorganisme yang perlu diolah dengan baik untuk mengurangi dampak lingkungan dan memungkinkan penggunaan kembali yang aman.

(Sugiharto ,1987)

2.3.1 Saluran Pembawa

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunanke bangunan pengolah air limbah 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. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi 10 antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Umumnya setiap 10 meter saluran pembawa terdapat bak kontrol yang akan mengontrol debit yang dikeluarkan. Air tidak akanmengalir jika saluran tersebut datar, maka dibutuhkan kemiringan (*slope*) (Nasoetion et al., 2017).

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 terpengaruhdengan 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.

Pada saluran terbuka biasanya terbuat dari cor beton dan memiliki bentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran seperti pada **Gambar 2.1.** Karena terbukasehingga terdapat kontak dengan udara langsung. Saluran terbuka memerlukan tempat yang luas dan biasanya digunakan untuk drainase air hujan atau limbah yang tidak membahayakan kesehatan dan lingkungan (Wesli, 2008).

Gambar 2. 1 Saluran Terbuka

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=msDrYHc_mHw)

Sedangkan saluran tertutup **Gambar 2.2** digunakan untuk air limbah atau air kotor yang membahayakan kesehatan dan mengganggu keindahan. Air Limbah yang melalui saluran tertutup tidak dipengaruhi oleh udara luar atau kontaklangsung dengan udara. Saluran tertutup dapat menggunakan pipa dengan memperhatikan bahan yang digunakan dengan karakter limbah yang dihasilkan (Wesli, 2008).

Gambar 2. 2 Saluran Tertutup

(Sumber: https://asiacon.co.id/blog/pengertian-fungsi-ukuran-bak-kontrol-air)

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bangunan ini.

- **Kriteria Perencanaan**

  Adapun kriteria perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

  Freeboard = 5 % - 30%

  Kecepatan Aliran (v) = 0.3 – 0.6 m/s

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 316)

Koefisien Kekasaran Pipa = 0.002 – 0.012 (Pipa Plastik Halus)

Sesuai dengan **Tabel 2 . 1** berikut ini

Tabel 2. 1 Koefisiensi Kekasaran Pipa

No.	Jenis Saluran	Koefisien Kekasaran Manning (n)
1.	Pipa Besi Tanpa Lapisan	0.012 – 0.015
	Dengan Lapisan Semen	0.012 – 0.013
	Pipa Berlapis Gelas	0.011 – 0.017
2.	Pipa Asbestos Semen	0.010 – 0.015
3.	Saluran Pasangan Batu Bata	0.012 – 0.017
4.	Pipa Beton	0.012 – 0.016
5.	Pipa Baja Spiral dan Pipa Kelingan	0.013 – 0.017
6.	Pipa Plastik Halus (PVC)	0.002 – 0.012
7.	Pipa Tanah Liat (*Vitrified Clay)*	0.011 – 0.015

(Sumber : (Indonesia, 2017) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Halaman101)

- **Rumus yang digunakan**

  Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan saluran pembawa:

➢ **Luas Permukaan (A)**

A $= \frac{Q}{v}$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^3)

Q = Debit limbah (m^3/s)

v = Kecepatan alir dalam saluran pembawa (m/s)

➢ **Dimensi Pipa (D)**

A $= \pi \text{ x } \left(\frac{D}{v}\right)^2$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^2)

D = Diameter pipa (m)

π = *phi* dengan besar 3.14

- **Jari- jari hidrolis (R)**

R $= \frac{\pi \times (D/2)^2}{\pi \times D}$

Keterangan :

A = Luas permukaan (m^2)

D = Diameter pipa (m)

π = *phi* dengan besar 3.14

- ***Headloss* saluran pembawa**

Hf $= \left(\frac{v \times n}{R^{\frac{2}{3}}}\right) \times L$

Keterangan:

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari- jari hidrolis (m)

L = Panjang pipa (m)

- **Slope Pipa**

S $= \frac{Hf}{L}$

Keterangan:

S = Kemiringan pipa (m/m)

Hf = Kehilangan tekanan pipa (m)

L = Panjang Pipa

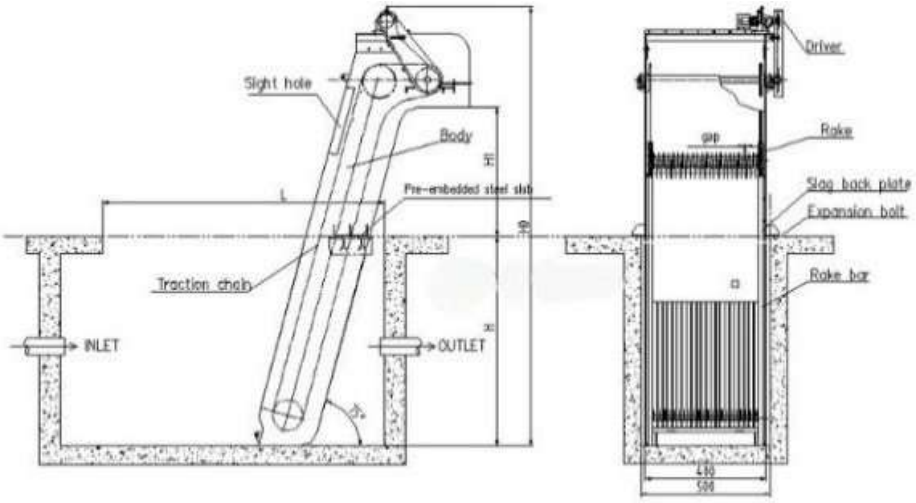
2.3.2 Screening / Bar Screen

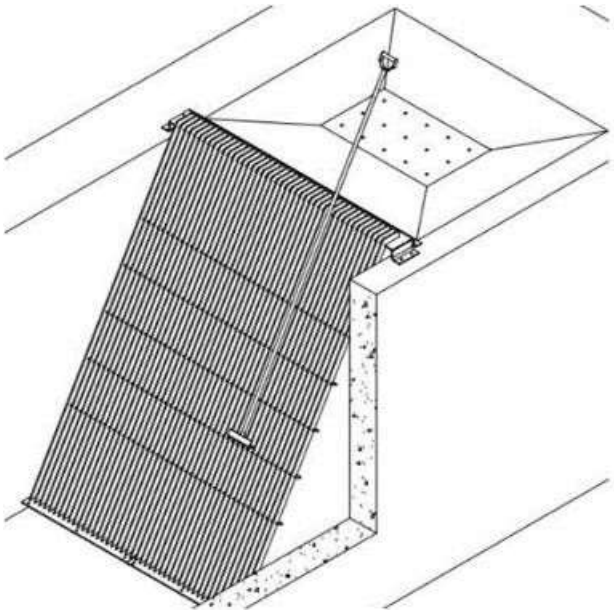
Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah screening. Screen merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada

pada influent air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).

Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan : 1. Kerusakan pada alat pengolahan, 2. Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan, 3. Kontaminasi pada aliran air (Metcalf & Eddy, 2003).

Screen pada umumnya dibedakan menjadi tiga tipe screen, di antaranya coarse screen,fine screendan microscreen. Coarse screen mempunyai bukaan yang berada antara 6-150 mm (0,25-6 inchi). Sedangkan fine screen mempunyai bukaan kurang dari 6 mm (0,25 inchi). Microscreen pada umumnya mempunyai bukaan kurang dari 50 mikron dan digunakan untuk menghilangkan padatan halus dari effluent (Metcalf & Eddy, 2003). Screen biasanya terdiri atas batangan yang disusun secara paralel. Screen pada umumnya terbuat dari batangan logam, kawat, jeruji besi, kawat berlubang, bahkan perforated plate dengan bukaan yang berbentuk lingkaran atau persegi (Metcalf & Eddy, 2003).





Gambar 2. 3 Unit Bar Screen Mekanik dan Manual

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

Umumnya unit *bar screen* dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisimiring 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).

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain *screen* dengan pembersihansecara manual maupun mekanis baik *coarse screen* maupun *fine screen* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

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

Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	25 – 38
Jarak antar batang	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	25 – 50	15 – 75
Parameter Lain				
Kemiringan thd vertikal (derajat◦)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0-3,25ft/s	0,3-0,6m/s	0,6-1,0m/s
Headloss (max)	6 in	5-24in	150mm	150-600mm

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

- Koef saat *non clogging* (c) = 0.7
- Koef saat *clogging* (Cc) = 0.6

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 320)

- *Headloss* (Hf) = 150 mm – 800 mm

(Sumber : (Qasim, 1985) *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston, Halaman 158)

- **Rumus yang digunakan**

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

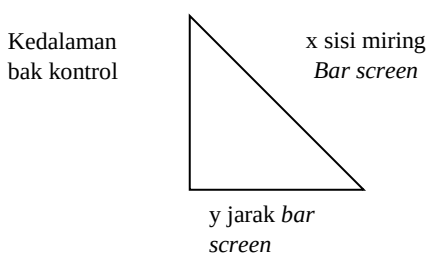
- **Menghitung Dimensi Bar Screen**

  Sumber Perhitungan : (Qasim, 1985) *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston, Halaman 164)

- **Panjang *bar screen* (sisi miring)**

Sin θ $= \frac{H\ bak \frac{kontrol}{total}}{x}$

x $= \frac{H\ bak\ kontrol/total}{\sin \theta}$



Keterangan

$H_{Bak\ kontrol/\ total}$ = kedalaman bak kontrol yang direncanakan (m)

x = sisi miring *Bar Screen* (m)

y = jarak *Bar Screen* (m)

θ = derajat kemiringan *Bar Screen* (º)

- **Menentukan Jumlah Kisi dan Batang**

  Ws = (n+1) x r + (n x d)

  Jumlah Batang = Jumlah Kisi (n) -1

  Keterangan:

  Ws = lebar saluran (m)

  n = jumlah kisi (buah)

  r = jarak antar kisi (m)

  d = lebar kisi/bar (m)

- **Menentukan Lebar Bukaan Screen (Wc)**

  Wc = Ws – (n x d)

  Keterangan:

  Wc = lebar bukaan kisi (m)

  Ws = lebar bak kontrol (m)

  n = jumlah kisi (buah)

  d = lebar kisi/bar (m)

- **Kecepatan yang melalui *Bar Screen***

  $v_i = \frac{Q}{(wc\ x\ h\ air)}$

- **Kecepatan aliran saat pembersihan**

  $v_c = \frac{Q}{\%sumbatan\ x\ Wc\ x\ h\ air}$

  Keterangan :

  v_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

  Q = debit air limbah (m^3/s)

  v_i = kecepatan yang lewat *Bar Screen* (m/s)

  H_{air} = kedalaman air (m)

- ***Headloss Bar Screen***

  Saat *non-clogging*

  $H_f = \frac{1}{c} \times \left(\frac{vi^2 - v^2}{2\ x\ g}\right)$, C merupakan koefisien pada saat tidak *clogging* yaitu 0.7

  Saat *clogging*

  $H_f = \frac{1}{c} \times \left(\frac{vi^2 - v^2}{2\ x\ g}\right)$, Cc merupakan koefisien pada saat *clogging* yaitu 0.6

  Keterangan

  H_f = kehilangan tekanan pada *Bar Screen* (m)

  v_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

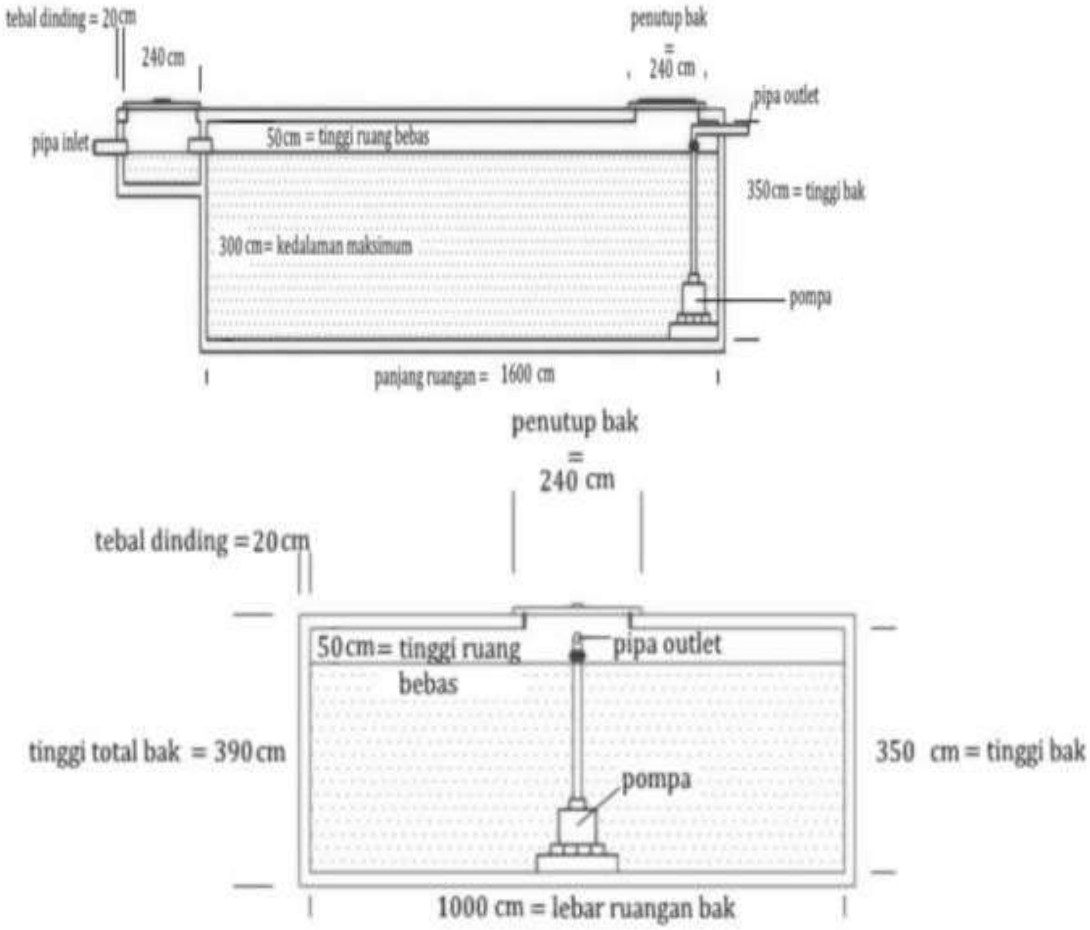
  Q = debit air limbah (m^3/s)

  v_i = kecepatan yang lewat *Bar Screen* (m/s)

2.3.3 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk menyeragamkan debit air limbah domestik yang berfluktuasi pada kondisi puncak dan minimum. Pertimbangan menggunakan bak ekualisasi dalam sistem ini ialah untuk meningkatkan kinerja pengolahan biologi karena akan mengurangi potensi efek shock loading serta dapat menstabilkan pH. Waktu detensi di bak ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah domestik (Metcalf & Eddy, 1991). Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi ini, debit air limbah domestik yang berfluktuasi akan menjadi debit rata-rata.

Selain itu, bak ekualisasi dapat digunakan untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi debit, yang nanti akan tercapai debit yang konstan dalam sejumlah situasi yang berbeda (Metcalf & Eddy, 2014). Dalam prosesnya, bak ekualisasi dibantu dengan *mixing* atau aerasi, biasanya dilakukan untuk memastikan pemerataan yang memadai dan untuk mencegah padatan yang mengendap pada dasar bak. Beberapa metode yang telah digunakan untuk *mixing* atau aerasi meliputi: distribusi aliran masuk dan penyekat/*baffle*, *mixing* turbin, *diffused air aeration*, *mechanical aeration*, mixer terendam (Eckenfelder, 2001).



Gambar 2. 4 Unit Bak Penampung dan Gambar Penampung

(Sumber: Effendi, 2003)

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak penampung, antara lain (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):

- Rumah pompa, digunakan untuk mengatur debit air limbah yang akan masuk pada unit pengolahan selanjutnya, sehingga diperoleh debit harian rata-rata.
- *Mixer/aerator*, komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait dengan kualitas dan parameter seperti pH, endapan diskrit, dan parameter lain yang tidak sesuai untuk unit pengolahan selanjutnya, penggunaan *mixer/aerator* dapat menjadi opsi dalam perencanaan unit bak penampung dalam pengolahan air.

Adapun kriteria desain dan perencanaan yang harus dipenuhi untuk perencanaan unit bak penampung antara lain sebagai berikut (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018):

Tabel 2. 3 Kriteria Perencanaan Bak Penampung

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	h_{min}	1,5-2	m	
2	Ambang batas (*free board*)	h_{fb}	5-30	%	(Metcalf &Eddy et al.,2007)
3	Laju pemompaan udara (aerasi)	Q_{udara}	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 et al., 2007)

Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018, Halaman 32

- **Rumus yang diguanakan**

➢ **Waktu Tinggal (Td)**

Td = V x Q

Keterangan:

V = volume bak pengumpul (m^3)

Q = debit air limbah yang dipompa (m^3/detik)

➢ **Kecepatan Aliran (A)**

A x H

Keterangan:

A = luas permukaan bak pengumpul (m^2)

H = kedalaman air (m)

➢ **Dimensi Bak Penampung**

V = P x L x H

Keterangan:

V = volume bak (m^3)

P = panjang bak (m), dengan 2 x L

L = lebar bak (m)

H = ketinggian bak pengumpul (m)

- **Kedalaman total (H_{Total})**

H_{Total} = H + (fb x H) + H ruang lumpur

Keterangan:

Fb = freeboard

- **Jari-jari hidrolis**

$$R = \frac{\pi x \left(\frac{D}{2}\right)^2}{\pi xD}$$

Keterangan :

W = lebar bak

H = tinggi bak

- **Pipa inlet pompa**

A = ¼ x π x d^2

V = Q/A

Keterangan:

A = luas bak

Q = debit air

d = diameter pipa

V = volume bak

- **Pipa outlet pompa**

  Luas penampang pipa pompa

  A = ¼ x π x d^2

  Keterangan:

  A = luas bak

  d = diameter pipa

- **Kecepatan aliran dalam pipa pompa outlet**

  V = Q/A

  Keterangan:

  A = luas bak

  Q = debit air

➢ **Headloss**

- **Headloss Mayor (Hf Mayor)**

  Hf Mayor = $\frac{10.7\ x\ Q^{1.85}}{c^{1.85}\ X\ D^{4.87}}\ X\ L$

- Headloss Minor (Hf Minor)

  Hf Minor = $k_1 \times \frac{v^2}{2g}\left(n \times k_2 \cdot \frac{v^2}{2g}\right)$

Adapun untuk mengalirkan air buangan ke unit pengolahan selanjutnya diperlukan pompa sehingga debit yang masuk akan menjadi teratur dan mengurangi adanya *shock loading rate*. Adapun karakteristik pompa yang digunakandiantaranya:

Tabel 2. 4 Karakteristik Pompa Bangunan Pengolahan Air

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa

Kinetik	Centrifugal	Air limbah sebelum diolah Penggunaan lumpur kedua Pembuangan effluent
	Peripheral	Limbah logam, pasir, air limbah kasar
	Rotor	Minyak, pembuangan gas, zat-zat kimia, aliran lambat untuk air dan air buangan
Posite Displacement	Screw	Pasir, lumpur pengolahan pertama dan kedua Air limbah pertama Lumpur Kasar
	DiafragmaPenghisap	Permasalahan zat kimia limbah logam Pengolahan lumpur pertama & kedua (permasalahan kimia)
	Air Lift	Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur sedimentasi kedua
	Pneumatic Ejector	Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

Sumber: Qasim, Syed R. Zhu Guang, Wastewater Treatment Objective, Design Consideration, and Treatment Processes, Halaman 6-43

2.3.4 Grease Trap

Grease trap adalah salah satu pengolahan yang termasuk dalam pengolahan fisik dengan memanfaatkan gaya gravitasi serta perbedaan massa jenis antara minyak dan air dalam keadaan kecepatan aliran yang lambat (Wijayanti dan Purnomo, 2021). Kecepatan yang lambat akan memberikan waktu untuk minyak dan lemak terpisah dari air dengan gaya gravitasi. Minyak dan lemak yang telah terpisahkan akan ditampung pada sebuah wadah pembuangan (Maharani, 2017). Grease trap adalah bak pengendapan minyak dan

lemak (proses pemisahan minyak dan lemak dengan air limbah) (Rohendi dkk, 2021).

Grease trap menjadi salah satu pilihan yang diambil dalam pengolahan limbah cair dalam menurunkan kadar minyak dan lemak, dengan proses pemisahan minyak dan lemak dari air limbah berdasarkan massa jenis. Kelebihan dari grease trap pada dalam menurunkan kadar minyak dan lemak yaitu minyak dan lemak hasil pemisahan dapat dimanfaatkan kembali, memiliki umur pakai yang relatif lama, biaya operasional dan perawatan rendah, lahan yang dibutuhkan tidak terlalu luas, menghasilkan lumpur yang sedikit, dan dapat dikonfigurasikan dengan pengolahan biologis (Astuti, 2019). Grease trap merupakan alat yang telah cukup dikenal sebagai pre-treatment. Alat ini merupakan alat penahan minyak atau lemak dan mencegahnya agar tidak sampai ke tempat pembuangan limbah. Penahan beroperasi dengan menggunakan sejumlah ruang penyekat untuk memperlambat aliran limbah saat melintasi alat ini (Wicaksono dkk, 2020).

Jenis Grease Trap:

- 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 danminyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan gemuk akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
- Jenis yang paling umum kedua adalah tangki in-ground berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, fiberglass, atau 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 disebutpencegat 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.

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

Kriteria Perencanaan

- Kecepatan aliran = 2-6 m/jam
- Waktu tinggal = 5 – 20 menit

  (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

Rumus

- Volume yg dibutuhkan

  V = debit influen x waktu detensi

  .....(2.17)
- Luas area yang dibutuhkan
- $A = Q/v$

  .....(2. 18)
- Panjang kompartemen 1 = 2/3P
- Panjang kompartemen 2 = 1/3P
- A’ = P x L

  .....(2.19)
- Cek Kecepatan Aliran :
- $V = Q\ influen\ /\ luas\ permukaan$

  .....(2.20)
- Kedalaman tangki
- Kedalaman aktif = 0,5 m
- Tinggi area pengendapan = 0,3 m
- Tinggi scum = 0,2 m
- Freeboard = 20 % tinggi total
- Efisiensi pengolahan Konsentrasi lemak minyak dalam effluen = (1-efisiensi) x konsentrasi minyak…(2.21)
- Dimensi Pipa A = Q / v

  ....(2.22)

$A = \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ D^2$

.....(2.23)

- Headloss Grease Trap
- Jari – Jari Hidrolis (R) $R = B \times H \quad B + 2H$ ....(2.24) o Slope $Slope = (n \times v \quad R \quad 2 \quad 3) \quad 2$ .....(2 .25)

2.3.5 Bak Pengendap Awal

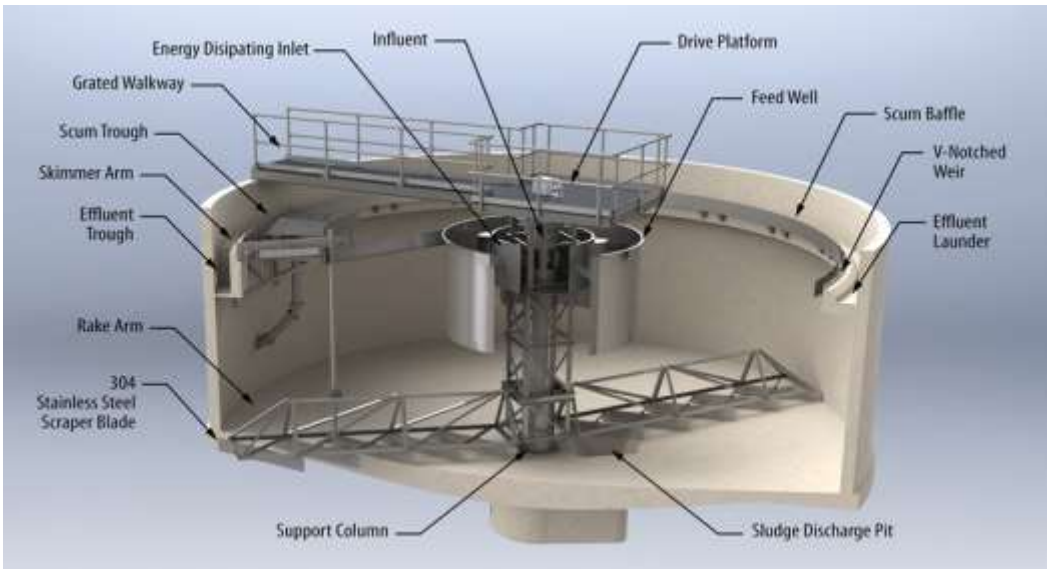
Bak pengendap adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksiantar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Masduqi & Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari *suspended solid* tanpa bantuan bahankimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25- 40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh: 1. Aliran angin. 2. Suhu udara permukaan. 3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air. 4. Suhu terstratifikasi dari iklim. 5. Bilangan *eddy.* Desain bak pengendap 1 ada beberapa jenis yaitu:

- **Bentuk persegi (*Rectangular*)**

  Distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesainuntuk (Metcalf & Eddy, 2003): a. Lebar saluran *inlet* dengan *inlet* limpahan, b. Saluran *inlet* dengan *port* dan *orifice*, c. Saluran *inlet* dengan lebar bukaan dan *slotted baffles.*

- **Bentuk lingkaran (*Circular*)**

Pada tangki *circular* pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur lingkaran yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah-tengah sumurbiasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan range dari 1-2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial agar proses pengendapan dapat berjalan denganefektif (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2. 5 Unit Sedimentasi Persegi dan Lingkaran
(Sumber: Brentwood Industries)

Kriteria - kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: *surface loading rate* (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 et al., 2007). Adapun kriteria perencanaan untuk bangunan bakpengendap awal adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Kriteria Perencanaan Bak Pengendap Awal

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	H	3 – 4,9	m	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 398
2	Diameter	D	3 – 60	m	
3	Slope Dasar	Slope	1/16 – 1/6	mm/m diameter	
4	*Flight Speed*	-	0,02 – 0,05	m/menit	
5.	Waktu Tinggal	Td	3-5	jam	
6.	*Overflow Rate* Rata-rataPuncak	- -	30-50 80-120	m^3/m^2.hari	
7.	*Weir Loading*	-	125-500	m^3/m^2.hari	
8.	Diameter *inlet well*	D	15-20	% (Diameter Bak)	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 401
9.	Kecepatan Aliran Menuju *inlet well*	V	0,3-0,75	m/s	
10.	Konsentrasi Solid	-	4-12	%	(Metcalf & Eddy et al., 2007)

					Halaman 398
11.	Suhu	T	30	℃	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 1742
12.	Viskositas Kinematis	V	$0,8x10^{6}$	m^2/s	
13.	Viskositas Absolut	μ	$0,798x10^{-3}$	m^2/s	
14.	Massa Jenis Air (T=30℃)	ρair	0,99568	g/cm^3	
15.	Bilangan Reynold (NRE)	NRE	<1 (Laminer)	-	(Reynolds & Richards, 1996) Hal 224
16.	*Spesific Gravity Solid (Si)*	Si	1,4	-	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 1456
17.	*Spesific Gravity Sludge (Sg)*	Sg	1,02	-	
18.	NRE untuk Vh	NRE	<2000 (Laminer)	-	(Razif, 1985) Pengolahan Air Minum, Teknik Penyehatan Fakultas Teknik Sipil ITS
19.	Nfr		10^{5}	-	

20.	Koef. Kekasaran Aksesoris Pipa	K	Elbow =1,1, Tee Lurus = 0,35, Tee Cabang =1 *Gate Valve = 0,2*	-	(M.Noerbambang& Morimura, 2005) Halaman 76

Sumber: literatur tertera pada tabel

- **Rumus yang digunakan**

  Zona Pengendapan (*Settling Zone*)

➢ **Debit tiap unit (Q)**

➢ **Volume bak pengendap (V)**

V = Q x Td

Keterangan:

Td = waktu detensi

Q = debit air

➢ **Luas permukaan (A)**

A = $\frac{v}{H}$

Keterangan

V = volume bak

H = tinggi bak

➢ **Dimensi bak pengendap**

A = L x W

W = $\sqrt{\frac{A}{2}}$

L = 2 x W

H_{tot} = H + Fb

Keterangan:

A = luas bak

L = panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

Fb = freeboard

- **Cek volume max (Vmax)**

  V_{max} = L x W x Htot

  Keterangan:

  L = panjang bak

  W = lebar bak

  Htot = tinggi bak total

- **Cek waktu detensi (Td cek)**

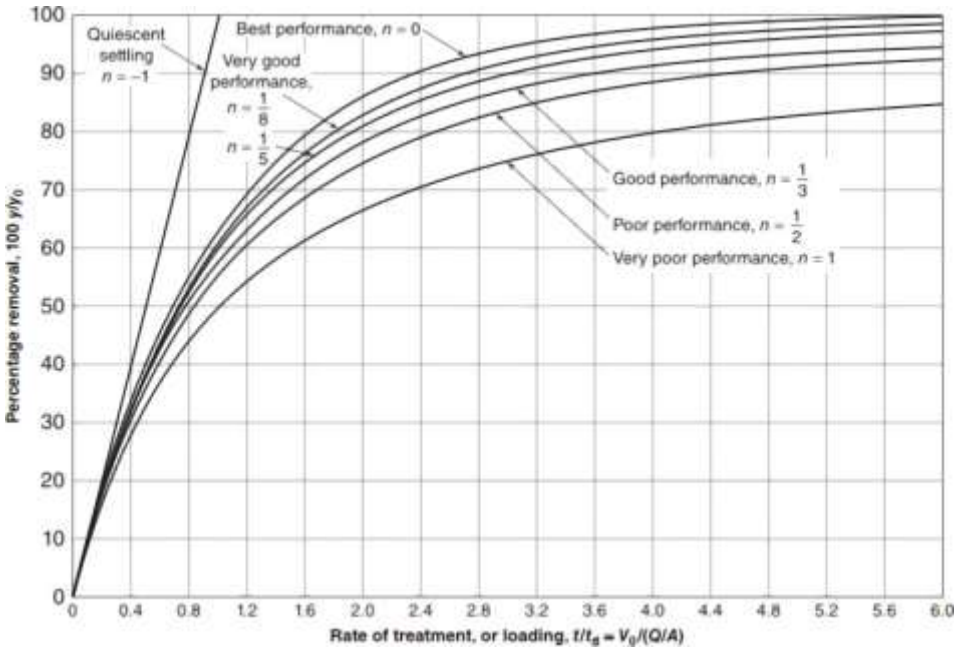
  $Td_{cek} = \frac{v\ max}{Q}$

  Keterangan:

  Vmax = volume max

  Q = debit air

  Kecepatan pengendapan partikel (Vs)



Gambar 2. 6 Grafik Kecepatan Pengendapan Partikel pada Prasedimentasi

(Grafik Shammam, 2016. Halaman 448)

Persen removal berkisar antara 60-95%

- **Diameter Partikel**

Dp $= \sqrt{\frac{Vs \times 18 \times v}{g\ (s_s - 1)}}$

- **Jari-jari hidrolis (R)**

  R $= \frac{w\ x\ H}{w\ x\ 2H}$

  Keterangan:

  W = lebar bak

  H = tinggi bak

- **Massa jenis solid (ps)**

  Sg $= \frac{ps}{p}$

- **Kecepatan horizontal (Vh)**

  Vh $= \frac{Q}{W\ x\ H}$

  Keterangan:

  W = lebar bak

  H = tinggi bak

  Q = debit air

- **Cek bilangan Reynold (Nre)**

  Nre $= \frac{vh\ x\ R}{v}$

  Keterangan:

  Vh = kecepatan horizontal

  R = viskositas kinematic

  V = kecepatan aliran

- **Cek bilangan Froude (Nfr)**

  Nfr $= \frac{vh}{\sqrt{9xh}}$

- **Kecepatan penggerusan (Vsc)**

  K = konstanta kohesi untuk partikel yang saling mengikat 0,06

  F = faktor friksi Darcy-Weibach antara 0,02 – 0,03

  Vsc > Vh (Syarat memenuhi)

  Vsc $= \sqrt{\frac{8\ x\ K\ x\ (Sg-1) x\ g\ x\ dp}{f}}$

- **Kemiringan dasar bak (Slope)**

S = 1% x L

Keterangan:

L = panjang bak

- **Zona Inlet**

➢ **Luas permukaan (A)**

A $= \frac{Q}{v}$

➢ **Dimensi saluran**

A = H x W

W $= \sqrt{A}$

H = W

Htot = H + (Fb x H)

➢ **Cek kecepatan (Vcek)**

$V_{cek} = \frac{Q}{A}$

$V_{cek} = \frac{Q}{W\ x\ Htotal}$

➢ **Jari – jari Hidrolis**

R $= \frac{W\ x\ H}{W+(2\ x\ 0.25)}$

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

➢ **Kemiringan dasar saluran (S)**

S $= \left(\frac{n\ x\ v}{R^{\frac{2}{3}}}\right)^2$

➢ **Headloss saluran (Hf)**

➢ Hf = S x L

Keterangan:

S = jumlah saluran

L = panjang saluran

- **Zona Transisi (*Transition Zone*)**

➢ **Luas perforated baffle (A_b)**

A_b = Lebar baffle (W_b) x tinggi baffle (H_b)

- **Luas per lubang**

  $AL = ¼ \times \pi \times D^2$

- **Luas bersih baffle**

  $(A_{bb})A_{bb} = 40\% \times A_b$

  Keterangan:

  A_b = luas perforated baffle

- **Jumlah lubang total**

  n total = Abb/AL

  Keterangan:

  AL = luas per lubang

  A_{bb} = luas bersih baffle

- **Cek jumlah lubang (cek_n)**

  cek_n= lubang horizontal (n_h) x lubang vertical (n_v)

- **Jarak antar lubang horizontal**

  Sh = Wb/(nh+1)

  Keterangan:

  nh = lubang horizontal

  H = tinggi bak

- **Jarak antar lubang vertical (s_v)**

  Sv = Hb/(nh+1)

  Keterangan:

  nv = lubang vertical

  H = tinggi bak

- **Debit per lubang**

  QL = (Q bak)/(jumlah lubang (n))

- **Kecepatan aliran lewat lubang**

  VL = (Debit lubang (Q)/(¼ x π x D²)

- **Jari-jari lubang (R)**

  R = D/2

- **Cek bilang Reynold (Nre)**

  NRe = (p air x v lubang x R)/(μ air)

Keterangan:

R = viskositas kinematic

μ = viskositas dinamik

ρ = massa jenis

- **Cek bilangan Froude (Nfr)**

  NFr = √(v/(g x R))

  Keterangan:

  R = viskositas kinematic

  g = gravitasi

  vL = kecepatan aliran lewat lubang

- **Zona Lumpur (*Sludge Zone*)**
- **Berat lumpur (Ws)**

  Ws = Q x (TSS+kekeruhan+BOD) teremoval

- **Berat air**

  Ww = ((Kadar air dalam lumpur)/(Kadar padatan dalam lumpur)) x Ws

  Keterangan:

  Ws = berat sludge (lumpur)

  Berat jenis lumpur (ρs)

- **Berat Jenis Lumpur**

  ρs = (berat jenis SS x 5%) + (berat jenis air x 95%)

- **Volume Lumpur**

  V sludge = $\frac{berat\ lumpur\ (Ws) + berat\ air\ (Ww)}{berat\ jenis\ lumpur\ (\rho s)}$ x tp

  Keterangan:

  Td = waktu detensi

- **Dimensi zona lumpur**

  Luas permukaan atas zona lumpurA = L1 x W1

  Luas permukaan dasar zona lumpurA’ = L2 x W2

  Keterangan:

  A = luas zona

  L = Panjang zona

W = lebar zona

H = tinggi zona

- **Volume limas terpancung (V)**

  V = 1/3 x H x (A+ ($\sqrt{AA`}$) + A`)

- **Dimensi pipa penguras lumpur**

  Qp = (V. lumpur)/(Waktu pengurasan)

- **Luas penampang pipa lumpur**

  Pipa Suction

  A = luas penampung

  A = 0.25 x π x d^2

  Pipa Discharge

  A = luas penampung

  A = 0.25 x π x d^2

- **Kecepatan aliran dalam pipa lumpur**

  Pipa Suction dan Discharge

  V = Q/A

- **Zona Pelimpah (*Overflow Zone*)**

- **Panjang total weir (Lw)**

  Lw = $\frac{Q\ bak}{WRL}$

  Keterangan:

  WRL= weir loading

- **Panjang pelimpah (L)**

  L = $\frac{Lw}{jumlah\ pelimpah}$

  Keterangan:

  Lw = Panjang total weir

- **Debit tiap pelimpah (weir)**

  Q_{Weir} = $\frac{Q}{n}$

  Keterangan:

  Q = debit air

  n = jumlah saluran

- **Luas saluran gutter**

  A = $\frac{Q\ weir}{v}$

  Keterangan:

  v = kecepatan aliran

  Tinggi (H) dan Lebar (W) Pelimpah (gutter)

  Direncanakan H:W = 1 : 2 maka:

  H = $\sqrt{2\ x\ 0.02\ m^2}$

  W = 2 x H

- **Ketinggian air pada pelimpah (H air)**

  H_{air} = $\left(\frac{Q\ weir}{1.38\ x\ lebar\ gutter}\right)^{\frac{2}{3}}$

- **Tinggi gutter (h gutter)**

  h gutter = h air + (h air x 20%)

- **Jari- jari hidrolis gutter**

  R gutter = $\frac{h\ air\ x\ lebar\ gutter}{(2\ x\ h\ air)+lebar\ gutter}$

- **Luas basah gutter (A gutter)**

  A gutter= lebar gutter x h air

- **Slope gutter (S)**

  S gutter = $\left(\frac{Q\ gutter\ x\ n}{A\ gutter\ x\ (\ R\ gutter)^{\frac{2}{3}}}\right)^2$

- **Headloss pada gutter**

  Hf = L gutter x S gutter

  Keterangan:

  L = panjang

  S = slope

- **Jumlah V notch**

  n = $\frac{panjang\ weir}{jarak\ antar\ v\ notch+lebar\ v\ notch}$

- **Debit mengalir tiap V notch**

  Q notch = $\frac{Q}{jumlah\ v\ notch}$

- **Tinggi peluapan melalui V notch (H)**

Q = $\frac{8}{15}(Cd)\sqrt{2.g}$ x tan $\frac{\theta}{2}$ x $H^{\frac{5}{2}}$

Keterangan:

g = gravitasi

H = tinggi peluapan

- **Zona Outlet**

➢ Volume saluran pengumpul (V)

V = Debit (Q) x waktu detensi (td)

➢ **Dimensi saluran**

V = L x W x H

Htot = H + Freeboard

Keterangan:

L = Panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

➢ **Jari-jari hidrolis (R)**

R = $\frac{L\ x\ H}{L\ x\ (2+H)}$

Keterangan

W = lebar bak

H = tinggi bak

➢ **Luas penampang pipa (A)**

A = $\frac{Debit\ air\ (Q)}{kecepatan\ aliran\ (v)}$

➢ **Diameter pipa (D)**

D = $\sqrt{\frac{A\ x\ Q}{\frac{22}{7}}}$

➢ **Cek kecepatan (Vcek)**

V_{cek} = $\frac{Debit\ air\ (Q)}{Luas\ penampang\ pipa\ (A)}$

2.3.6 Biofilter Anaerobik-Aerobik

Biofilter anaerobik-aerobik adalah proses pengolahan air limbah dengan menggunakan media penyangga dalam reaktor biologis dan bantuan aerasi

(Marsidi& Herlambang, 2002). Proses aerasi diperlukan oleh mikroorganisme aerob dalammedia penyangga membutuhkan suplai oksigen atau udara untuk mengurai senyawa organik menjadi CO2, air, dan amonia. Menurut Casey (2006) dalam Pamungkas (2017), pengolahan air limbah dengan sistem aerobik dan anaerobik menggunakan biofilter memiliki kesamaan konsep dengan *trickling filter*. Secara konsep pengolahan air limbah dengan konsep aerobik membutuhkan keberadaan oksigen untuk mendegradasi bahan-bahan organik, sedangkan pada biofilter anaerobik, dibutuhkan kondisi tanpa udara agar bakteri bekerja maksimal (Pamungkas, 2017).

Gambar 2. 7 Skema kerja dan media biofilter aerobik dalam tangki

(Sumber: https://ipalbiofive.com)

Dalam pengolahan aerobik-anaerobik menggunakan aerobik biofilter atau *trickling filter* memanfaatkan teknologi biofilm yang membutuhkan media tumbuhorganisme dari materi yang kasar, keras, tajam dan kedap air. Menurut Nusa Idaman Said (2005), Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menerapkan unitpengolahan aerobik ini, antara lain (Said, 2005):

Jenis media, bahan untuk media aerobik biofilter harus kuat, keras dan tahantekanan, tahan lama, tidak mudah berubah dan mempunyai luas permukaan per menit volume yang tinggi. Bahan yang biasa digunakan adalah batu kali, kerikil, dan sebagainya.

Diameter media. Diameter media aerobik biofilter biasanya antara 2,5-3,0. Sebaiknya dihindari penggunaan media dengan ukuran yang terlalu kecil karena akan memperbesar kemungkinan penyumbatan. Makin luas permukaan mediamaka makin banyak pula mikroorganisme yang hidup di atasnya.

Ketebalan susunan media, ketebalan media aerobik biofilter minimum adalah 1 meter maksimum 3-4 meter. Makin tinggi ketebalan media, maka makin

besar pula total luas permukaan yang ditumbuhi mikroorganisme. pH, pertumbuhan mikroorganisme khususnya bakteri dipengaruhi oleh nilaipH. Agar pertumbuhan baik, diusahakan mendekati keadaan netral. Nilai pH antara4-9,5, dengan pH yang optimum 6,5-7,5 merupakan lingkungan yang nyaman. Suhu/temperatur. Suhu yang baik untuk mikroorganisme adalah 25-37℃. Selain itu suhu juga mempengaruhi suatu kecepatan dari suatu proses biologis.

Adapun kelebihan dan kekurangan dari sistem biofilter aerobik ini antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Kelebihan dan Kekurangan Unit Biofilter

Kelebihan	**Kekurangan**
Mampu menghilangkan konsentrasi BOD, COD, dan parameter organiklain dengan efektivitas yang tinggi.	Sangat efektif apabila dirancang dengan menggunakan sistem *upflow*
Mampu menghilangkan/mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi (TSS), detergen, amonium, dan fosfor	Membutuhkan waktu picu (*starter time*) yang lebih lama
Pengelolaan, maintenance yang mudah dan praktis tanpa memerlukan tenaga ahli	Apabila banyak terdapat padatan limbah yang masuk dapat menimbulkan penyumbatan

Kelebihan	**Kekurangan**
Biaya operasi unit yang rendah (tingkat aerasi rendah) dan tidak memerlukan lahan yang luas	Tidak tahan terhadap minyak dan lemak (*grease*)
Dibandingkan dengan unit *activated sludge*, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit	
Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor	

Sumber: (Kaswinarni, 2007)

Media filter seperti keríkil, 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 90- 300 m2 luas permukaan 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. Berdasarkan penelitian oleh Said (2005), mediayang paling efektif untuk biofilter aerob maupun anaerob adalah media sarang tawon. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan luas permukaan berbagai media biofilter pada tabel berikut (Said, 2005):

Tabel 2. 7 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter

No.	**Jenis Media**	**Luas Permukaan Spesifik (m^2/m^3)**
1.	*Trickling filter* dengan batu pecah	100-200
2.	Modul *Honeycomb* (sarang tawon)	150-240
3.	Tipe Jaring	50
4.	RBC	80-150

Sumber: Nusa Idaman Said, 2017 Halaman 292

Menurut Reuter (2009), baik biofilter anaerobik dan aerobik memiliki kriteriadesain sebagai berikut (Reuter et al., 2009):

- Beban Permukaan = 20-50 m^3/m^2.hari
- HRT di bak pengendap / tangki septik = 2 jamHRT di anaerobik Filter = 1,5-2 hari Penyisihan BOD = 70-90%
- Rasio SS/BOD = 0,35-0,45
- Luas Spesifik Media = 80-180 m^2/m^3
- *Velocity Upflow* = < 2 m/jam

Menurut Nusa Idaman Said (2005) kriteria desain lain untuk media biofilter aerobdan anaerob adalah sebagai berikut (Said, 2005):

Biofilter Anaerob

- Waktu tinggal (td) = 6 – 8 jam
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Beban BOD/volume media = 0,5 – 4,0 kg BOD /m^3.hari
- Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g/m^2.hari
- Tinggi bed media pembiakan mikroba = 0,9 – 1,5 m
- Media Biofilter
- Tipe = sarang tawon
- Material = PVC Sheet
- Ketebalan = 0,15 – 0,23mm
- Luas kontak spesifik = 150 – 226m^2/m^3
- Diameter lubang = 3cm x 3cm
- Berat spesifik = 30 – 35 kg/m^3
- Porositas rongga = 0,98

Biofilter Aerob

- Waktu tinggal (td) = 6 – 8 jam 24
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Beban BOD/volume media = 0,5 – 4 kg BOD /m^3.hari
- Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g/m^2.hari
- Tinggi bed media pembiakan mikroba = 1,2 m
- Media Biofilter Aerob
- Tipe = Sarang Tawon
- Material = PVC Sheet
- Ketebalan = 0,15 – 0,23 mm
- Luas Kontak Spesifik = 150 – 226 m^2/m^3
- Diameter lubang = 3 cm x 3 cm
- Berat Spesifik = 30 – 35 kg/m^3
- Porositas Rongga = 0,98
- Blower Udara
- Densitas udara = 1,2kg/m^3
- Berat aliran udara (w) = 85-1700m^3/menit
- Tekanan absolut outlet (P2) = 25lb/in^2 = 1,7 atm

- Tekanan absolut inlet (P1) = 14,7 lb/in^2 = 1 atm
- Konstanta Udara = 8,314 kj/mol.K

  K = 1,395

  N = 0,28
- Efisiensi = 70-90%

  Sumber: Nusa Idaman Said, 2017 Halaman 304-311

- **Perhitungan Biofilter Anaerobik**

➢ **Beban BOD di dalam air limbah**

Beban BOD = Debit limbah x BOD inlet

➢ **Volume media yang diperlukan**

Volume = Beban BOD air/Beban BOD per volum media

➢ **Waktu tinggal di dalam reaktor (Td)**

Cek waktu Td rata – rata $= \frac{447\ m^3}{1800\ m^3/hari}$

➢ **Dimensi reaktor**

V.reaktor = P x L x T

➢ **BOD Loading per volume media**

BOD $= \frac{Beban\ BOD\ dalam\ air\ limbah}{Volume\ media\ reaktor}$

BOD Loading (Jika media memiliki luas spesifik 150m^2/m^3

BOD Loading $= \frac{BOD\ loading\ per\ Volume\ Media}{Luas\ spesifik\ media}$

➢ **Produksi sludge**

V.Lumpur $= \frac{Beban\ COD\ lumpur}{konsentrasi\ solid\ kering\ x\ densitas\ lumpur}$

- **Dimensi reaktor aerobik biofilter**

V.reaktor = P x L x T

➢ **Rasio F/M**

F/M Rasio $= \frac{Q\ x\ So}{v\ x\ MLSS}$

➢ **Waktu tinggal yang dibutuhkan pada reaktor (Td)**

Td reaktor = V.reaktor/ debit air limbah x 24 jam

Kebutuhan Udara $= \frac{Kebutuhan\ udara\ teoretis}{Berat\ udara\ x\ jumlah\ oksigen}$

2.3.7 Bak Pengendap Akhir

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 limbahpada 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 3 (tiga) unit pengendap/sedimentasi yang biasa digunakan dalam pengolahan air, antara lain:

- *Horizontal flow* (aliran horizontal), umumnya dalam bentuk persegi panjang
- *Radial flow* (aliran radial), yaitu bak sirkular, air mengalir dari tengah menuju pinggir
- *Upward flow* (aliran ke atas), yaitu aliran dari bawah ke atas, biasanya dalambak berbentuk kerucut yang menghadap ke atas.

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 menyisihkan minyak dan lemak yang mengapung di ataspermukaan. 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. 8 Kriteria Perencanaan Unit Sedimentasi

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Besaran	Sumber
1.	Overflow rate: Debit rata-rata Debit Puncak	QR	30-50 70-130	m3/m2.hari	(Qasim & Zhu, 2017)
2.	Waktu Detensi	td	1-2 1,5-2,5	Jam	
3.	Beban Permukaan	-	124-496	m3/m2.hari	(Metcalf & Eddy et al., 2007)
Dimensi Bak Sedimentasi					
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	-	1-7,5D		
	Rasio P dan T	-	4-2-25		
5.	**Bentuk Lingkaran (Circular)**				
	Diameter	d	3-60	m	
	Kedalaman	h	3-6	m	
6.	Penyisihan TSS	-	50-70	%	(Metcalf & Eddy et al., 2007)

7.	Penyisihan BOD	-	50-80	%	
8.	Kemiringan Dasar	Slope (S)	1-2	%	(Qasim & Zhu, 2017)

Sumber: Dirjen Cipta Karya, 2018 Halaman 41

- **Rumus yang digunakan**

➢ **Zona Settling Sedimentasi**

Qin pada bak sedimentasi 2

Qin = Qo + Qr

➢ **Luas *Surface Area* (A)**

A $= \frac{Qin}{OFR}$

Keterangan:

Q = Debit air limbah (m^3/hari)

OR = Overflow rate/hari (m^3/m^2.hari)

➢ **Diameter (D)**

D $= \sqrt{\frac{4\ x\ A}{\pi}}$

Keterangan:

D = diameter

A = luas zona

➢ **Cek luas *Surface Area***

A = ¼ x π x D^2

➢ **Kedalaman bak (H)**

H $= \frac{Qin\ x\ Td}{A}$

Keterangan:

Qin= debit awal

Td = waktu detensi

A = luas zona

➢ **Cek *overflow rate***

OFR $= \frac{Qin}{A}$

Keterangan:

Qin= debit awal

A = luas zona

- **Volume bak**

  $V = ¼ \times \pi \times D^2 \times H$

  Keterangan:

  D = diameter

  H = tinggi zona

- **Cek waktu tinggal (Td)**

  $Td = \frac{Vol}{Qin}$

  Keterangan:

  Vol = volume

  Qin = debit awal

- **Kecepatan pengendapan partikel (Vs)**

  $Vs = \frac{H}{td}$

  Keterangan:

  H = tinggi zona

  Td = waktu detensi

- **Diameter partikel**

  $Dp = \sqrt{\frac{Vs.18.v}{g\ (Ss-1)}}$

- **Cek bilangan NRe untuk Vs**

  $Nre = \frac{\rho s \times Dp \times Vs}{\mu}$

- **Kecepatan horizontal di bak (Vh)**

  $Vh = \frac{Qin}{\pi \times D \times H}$

  Keterangan:

  Qin= debit awal

  D = diameter bak

  H = tinggi bak

- **Jari-jari hidrolis (R)**

R $= \frac{r \times H}{r + 2H}$

Keterangan:

r = jari-jari bak

H = tinggi bak

- **Cek bilangan Froude (NFr)**

Nfr $= \frac{Vh}{\sqrt{g \, x \, H}}$

Keterangan:

Vh = kecepatan horizontal

H = tinggi bak

g = gravitasi

- **Cek bilangan Reynold (NRe)**

Nre $= \frac{Vh \times r}{v}$

Keterangan:

Vh = kecepatan horizontal

R = viskositas kinematic

v = kecepatan aliran

- **Cek kecepatan penggerusan (vsc)**

Vs $= \sqrt{\frac{8K(s-1) \times g \times d}{f}}$

- **Zona Inlet Sedimentasi**

- **Diameter *inlet well* (D')**

D' = 20% x Diameter Bak

- **Perhitungan pipa inlet**

A = Q/V

- **Diameter pipa inlet**

D $= \sqrt{\frac{4 \, x \, A}{\pi}}$

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran

A = luas bak

- **Cek kecepatan pipa inlet**

  V = Q/A

  Keterangan:

  Q = debit air

  v = kecepatan aliran

  A = luas bak

- **Zona Thickening Sedimentasi**

- **Total massa solid dalam bak biofilter anaerobik-aerobik**

  Massa solid total = MLVSS x Volume lumpur Biofilter

- **Total massa solid bak sedimentasi akhir (*clarifier*)**

  P = %Biological yang tetap dalam biofilter anaerobik-aerobik

  Massa solid total = P x Total massa solid pada bak biofilter

- **Kedalaman zona thickening**

  $H = \frac{Msolid\ total}{x \times A}$

- **Zona Sludge Sedimentasi**

- **Total lumpur yang terkumpul (T_L)**

  T_L = Px x Waktu Pengurasan

  Total berat lumpur pada bak (T_{LM})

  $T_{LM} = T_L$ + M.Solid total

  Keterangan:

  T_L = total lumpur yang terkumpul

- **Volume lumpur pada bak (V_L)**

  $V_L = \frac{Tlm}{\rho S}$

  Keterangan:

  T_{LM} = total berat lumpur pada bak

- **Debit lumpur (Q_L)**

  $Q_L = \frac{VL}{Waktu\ pengurasan}$

  Keterangan:

V_L = volume lumpur

- **Volume air**

  Vol. Air = 95% x V_L

  Keterangan:

  V_L = volume lumpur

- **Berat air**

  Berat air = Vol.air x Berat jenis air

  Volume solid Vol.Solid = 5% x V_L Keterangan:

  V_L = volume lumpur

- **Berat solid**

  Berat solid = Vol.Solid x Berat jenis solid

- **Dimensi ruang lumpur**

  Volume = 1/3π x H x (R^2+r^2+Rr)

- **Kedalaman total sedimentasi (*clarifier*)**

  H Total = $H_{Settling}$ + $H_{Thickening}$ + H_{Sludge}

- **Zona Outlet Sedimentasi**

- **Panjang keliling weir**

- P = π x diameter bak

- **Jumlah V Notch setiap pelimpahan (weir)**

- n V notch $= \frac{L\ weir}{jarak\ antar\ weir}$

- **Debit pelimpah setelah melalui V-notch**

  Q v notch $= \frac{Q}{n}$

- **Tinggi limpahan melalui V notch**

  Q $= \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2g} \times \tan\frac{\theta}{2} \times H^{5/2}$

- **Luas permukaan saluran pelimpah**

  A $= \frac{Qin}{V}$

- **Dimensi saluran pelimpah**

  A = 2H x H

  H total = H + (H x 20%)

B = 2 x H

Keterangan:

H = tinggi saluran

- **Pipa Outlet Sedimentasi**

➢ **Luas penampang pipa**

A = Q/v

➢ **Diameter pipa outlet**

$$D = \sqrt{\frac{4\ x\ A}{\pi}}$$

Keterangan:

A = luas bak

➢ **Cek kecepatan pipa outlet**

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

➢ **Headloss mayor (Hf mayor)**

$$\text{Hf mayor (Hf)} = \frac{10.7\ x\ L\ x\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ x\ D^{4.87}}$$

➢ **Headloss minor (Hf minor)**

$$\text{Hf minor} = n \times k \times \frac{v^2}{2\ x\ g}$$

➢ **Headloss total (Hf total)**

Hf total = Hf mayor + Hf minor

2.3.8 Sludge Drying Bed

Pengolahan lumpur merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu intalasi pengolahan air limbah domestik. Pengolahan lumpur memiliki beberapa tujuan, yakni mengurangi kadar air, menstabilkan, serta menghilangkan mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar lumpur yang telah diproses dapat lebih aman ketika dibuang atau dimanfaatkan untuk keperluan terbatas. Dari pengolahan air limbah maka hasilnyaadalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk eperluan kehidupan. Sludge dalam *disposal sludge* memiliki

masalah yang lebihkompleks. Hal ini disebabkan karena (Metcalf & Eddy et al., 2007):

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untukmenimbulkan bau.
- Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahanorganik.
- Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur, danmemanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Adapun unit pengolahan lumpur diantaranyaadalah *sludge drying bed. Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakaiuntuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. Bak ini berbentuk persegi panjangyang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuansinar matahari. Adapun beberapa teknologi dalam pengolahan lumpur antara lainsebagai berikut:

Prinsip bak pengering lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui mediapengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan bak pengering lumpur. Bak pengering berupa bak dangkal yang berisi media penyaring pasir, batu kerikil sebagai penyangga pasir serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar dibuat saluran pembuangan air dan di atasnya diberi lapisan kerikil dan lapisan pasir kasar.

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengering alami dengan matahari, maka air akan berkurang melalui saringan dan proses penguapan.Kelebihan bak pengering lumpur adalah sistem operasi yang mudah dan sederhanaserta biaya operasional rendah. Kelemahan bak pengering lumpur adalah membutuhkan lahan yang cukup luas dan sangat bergantung

dengan cuaca (DirjenCipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Adapun kriteria perencanaan untuk unit SDB antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. 9 Kriteria Desain Unit Bak Pengering Lumpur (SDB)

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Tebal pasir	23-30	cm	Qasim, 1985
2.	Tebal kerikil	20-30	cm	
3.	Sludge loading rate	100-300	kg/m^2.tahun	
4.	Tebal bed	20-30	cm	
5.	Lebar bed	5-8	m	
6.	Panjang bed	6-30	m	
7.	Waktu pengeringan	10-15	hari	
8.	Uniformity coefficient	<4		
9.	Effective size	0,3-0,75	mm	
10.	V air dalam inlet	0,75	m/detik	
11.	V air dalam drain	0,75	m/detik	
12.	Tebal lumpur	200-300	mm	
13.	Kecepatan Pipa Underdrain	0,75	m/detik	Metcalf &Eddy 4^{th} Edition., 2003
14.	Diameter Pipa Underdrain	>100	Mm	
15.	Koef. Keseragaman	<4	-	
16.	Ukuran Efektif	0,3-0,785	%	
17.	Slope	>1	%	
18.	Rasio lebar:panjang	6:6-30	-	

Sumber:Ditjen Cipta Karya, 2018

Adapun rumus yang digunakan pada unit pengolahan *Sludge Drying Bed* (SDB) adalah sebagai berikut:

- **Tebal media**
- Tebal media = tebal pasir + tebal kerikil + tebal *cake*
- **Volume *cake sludge***

- Keterangan:
- P = Kadar air
- Pi = Berat air dalam cake (60 – 70%)
- **Volume *bed***
- V = Vi x tdK
- Keterangan:
- Vi = Volume *cake sludge* (m^3
-)td = waktu detensi (detik)
- Volume tiap *bed*
- Keterangan:
- V = Volume bed (m^3)
- **Dimensi tiap *bed***

  A = $L \; x \; W$

  Keterangan

  Vb = volume tiap bed (m^3)

  L = panjang (m)

  W = Lebar (m)
- **Kedalaman *underdrain***

  Keterangan:

  Va = volume air

  A = luas tiap bed
- **Kedalaman total**

  H = tinggi cake + tinggi media

  Htotal = H + Fb

  Keterangan

  H_{total} = Kedalaman total bak (m)

  Fb = Freeboard (10-30% kedalaman)
- **Diameter pipa *underdrain***

  Keterangan:

  Va = volume air

  Td = waktu detensi

Q = debit air

- Volume air

  Va

- Keterangan:
- Td = waktu detensi

2.4 Persen Removal

Dari unit yang telah dipilih untuk digunakan sebagai Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Rumah Potong Hewan (RPH), Mempunyai persen removal sebagai berikut.

Tabel 2. 10 Persen Penyisihan Unit Pengolahan

Unit	Beban Pencemar	Kemampuan Penyisihan	Sumber / Literatur
Grease Trap	Minyak dan lemak	95%	Sakinah, D. S.; Purwanti, I. F.; 2018; Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga; Jurnal Teknik ITS; 1; D12-D17
Bak Sedimentasi	BOD	25 - 40%	Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat SPALD-T, PUPR, Ditjen Cipta Karya, 2018 Halaman 37
	TSS	50 - 70%	
Biofilter Anaerob	BOD	87%	Jurnal Air Indonesia Vol.1 No.3 (2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. Hal 289.
	COD	89%	
	TSS	96%	

Biofilter Aerob	BOD	85 - 90%	Jurnal Air Indonesia Vol.1 No.3 (2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. Hal 289.
	COD	80 - 90%	
	N- NH3	83% - 95%	Jurnal Media Neliti Vol.7 (2014). Penghilangan Amoniak didalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor
Clarifier	BOD	25 - 40%	Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse.
	TSS	50 – 70%	

2.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis menggambarkan perbedaan muka air dari inlet hingga outlet IPAL. Penurunan muka air disebabkan oleh beberapa hal, antara lain jatuhan, belokan, kecepatan aliran, dan media filter. Aliran air mangalami belokan dan jatuhan saat menuju unit selanjutnya.

Profil hidrolis merupakan titik letak penanaman pipa air limbah yang akan dipasang pada jalan. Dengan adanya profl hidrolis, dapat diketahui kedalaman penanaman yang harus di gali pada saat konstruksi dan peletakan serta kebutuhan bangunan pelengkap.