

## BAB II

### KRITERIA DESAIN DAN TINJAUAN PUSTAKA

#### 1.1. Kriteria Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

##### 1.1.1. *Screening*

*Screening* merupakan unit pertama yang digunakan pada pengolahan air limbah. *Screening* digunakan dalam menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. (United States Environmental Protection Agency, 2003). Umumnya pada perencanaan air limbah, *screening* terbagi menjadi dua jenis, yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*).

*Coarse screens* dapat menghilangkan benda – benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6 – 150 mm. Saringan kasar atau *coarse screens* dibedakan menjadi pembersihan mekanik dan manual. *Fine screens* atau saringan halus mempunyai ukuran celah 1,5 – 6 mm (Liu and Liptak, 1999)

Berdasarkan (Liu and Liptak, 1999), beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan *bar screen* antara lain adalah:

- Kecepatan aliran,
- Jarak antar bar,
- Ukuran bar (batang),
- Sudut inklinasi,
- *Head loss* yang diizinkan.

Kriteria Bar Screen dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Kriteria Desain Bar Screen

Faktor Desain	Unit	Nilai
Ukuran bar*		
- Lebar	mm	5 – 15
- Kedalaman	mm	25 – 38
Jarak antar batang**	mm	1,27 – 5,08
<i>Slope</i> dari vertikal**	(°)	30 – 60
Kecepatan**		
- Maksimum	m/detik	3
- Minimum	m/detik	1
<i>Head loss</i> yang diperbolehkan*	mm	150

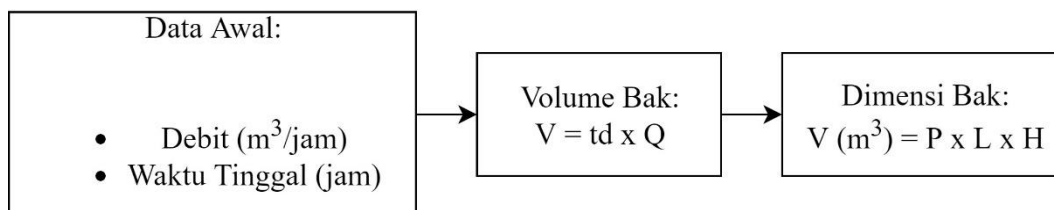
Referensi: \*Metcalf and Eddy, 2003

\*\*Azad, 1976

### 1.1.2. Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi untuk memisahkan partikel tersuspensi dari air limbah secara gravitasi melalui pengendapan, tanpa adanya penambahan zat kimia. Perancangan unit sedimentasi berbentuk persegi empat.

Pada Gambar 2.1 merupakan diagram alir untuk menentukan volume desain bak pengumpul.



Gambar 2.1. Diagram Alir Perhitungan Bak Sedimentasi

### 2.1.2. Biofilter Aerobik

Proses penguraian aerob oksigen diperlukan untuk menguraikan polutan, besarnya oksigen yang dibutuhkan sebanding dengan jumlah amonia, sulfida dan organik yang terkandung dalam air limbah. Efisiensi proses

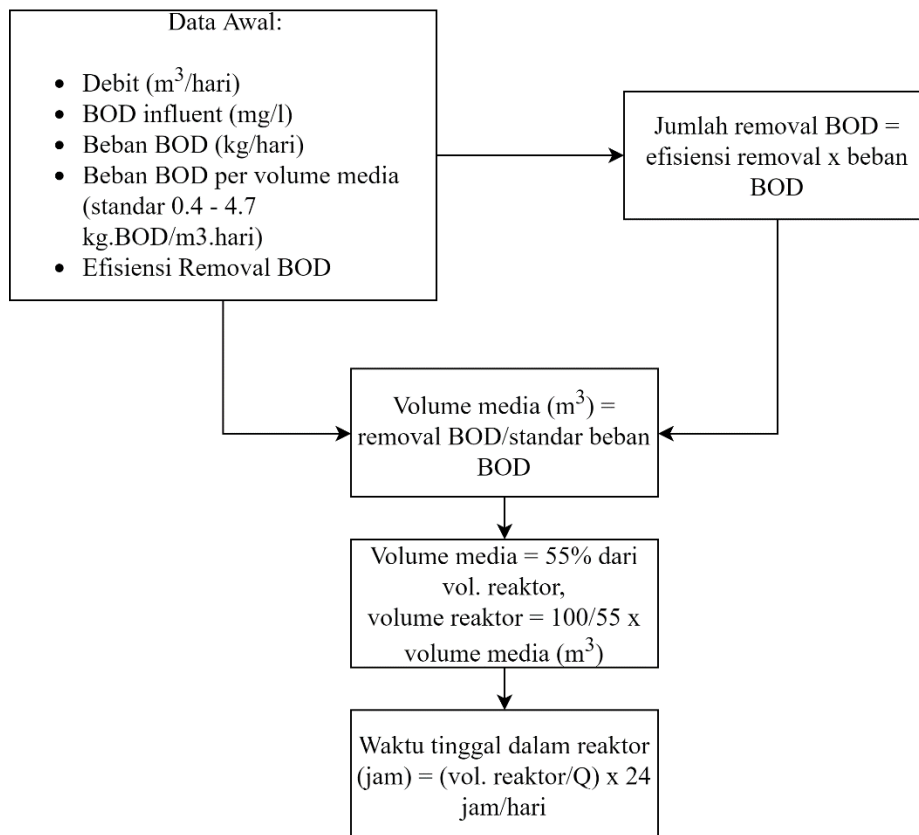
pengolahan ditentukan oleh jumlah bakteri dalam mendegradasi polutan (Said and Hartaja, 2015)

Kriteria perencanaan Biofilter Aerob berdasarkan Said (2017) adalah sebagai berikut:

- Beban BOD per satuan permukaan media ( $L_A$ ) = 5 – 30 g BOD /m<sup>2</sup>.hari.
- Beban BOD 0,5 kg BOD per m<sup>3</sup> media.
- Waktu tinggal total rata – rata = 6 – 8 jam.
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m.
- Tinggi *bed media* pembiakkan mikroba = 1,2 m.
- Tinggi air di atas *bed media* = 20 cm.

a. Volume Reaktor

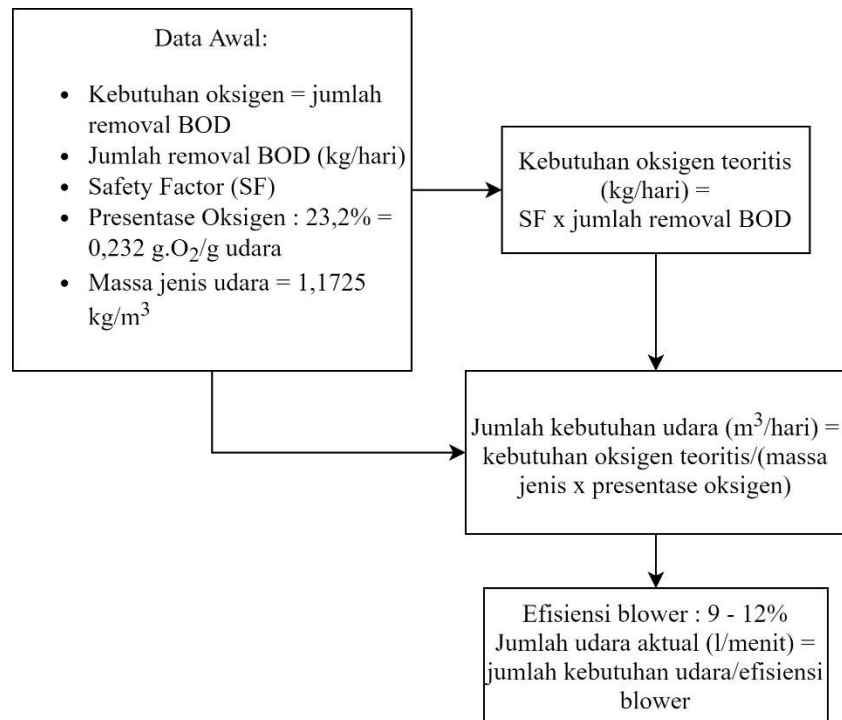
Pada pengolahan biofilter aerob, alur perhitungan volume reaktor dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Alir Perhitungan Reaktor Biofilter Aerob

b. Kebutuhan Oksigen

Pada reaktor biofilter aerob oksigen yang dibutuhkan sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan. Berikut alur perhitungan kebutuhan oksigen pada reaktor biofilter aerob, yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



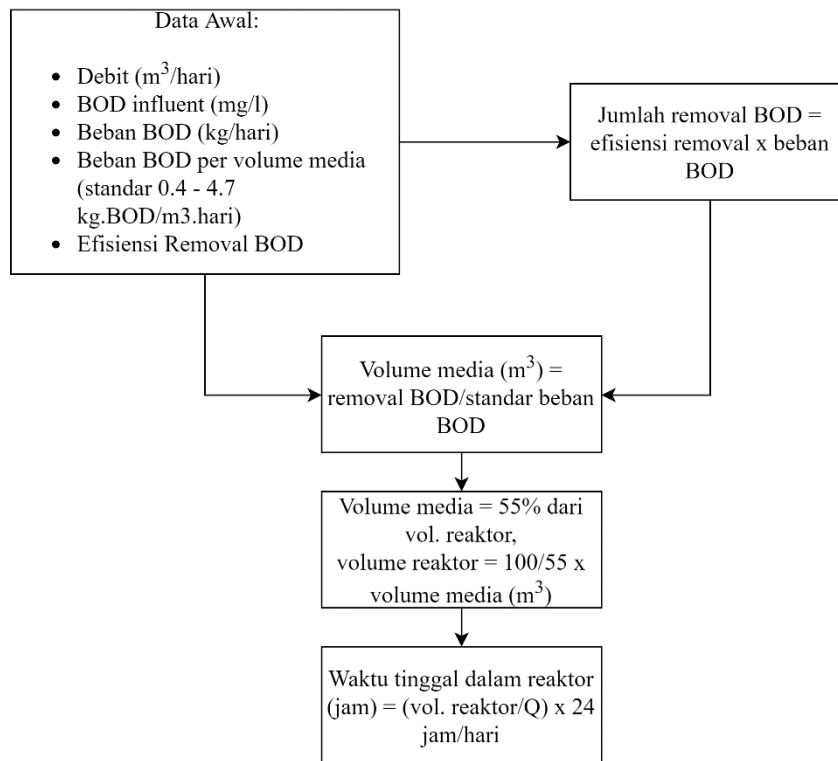
Gambar 2.3. Diagram Alir Perhitungan Kebutuhan Oksigen Reaktor Aerob

### 2.1.3. Biofilter Anaerobik

Kriteria perencanaan Biofilter Anaerob berdasarkan Said (2017) adalah sebagai berikut:

- Beban BOD per satuan media ( $L_A$ ) = 5 – 30 g BOD/m<sup>2</sup>.hari. (Kunio & Noriatsu, 1992)
- Beban BOD 0,4 – 4,7 kg BOD per m<sup>3</sup> media.
- Waktu tinggal total rata – rata = 6 – 8 jam.
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m.
- Tinggi *bed media* pembiakkan mikroba = 0,9 – 1,5 m.
- Tinggi air di atas *bed media* = 20 cm.

Untuk mencari volume reaktor pada biofilter anaerob dapat dicari dengan persamaan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Diagram Alir Perhitungan Reaktor Biofilter Anaerob

## 2.2. Penelitian Terdahulu

Terdapat penelitian mengenai pengolahan air limbah yang telah banyak dilakukan yang dapat dijadikan acuan dalam perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Beberapa contoh diantaranya ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Daftar Penelitian Terdahulu

Tahun	Peneliti	Judul	Hasil
2006	Alfi Roniadi, Mulia Tarigan, Zaid P. Nasution	Evaluasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan di Kelurahan Mabar Hilir Medan Deli	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses pengolahan dilakukan dengan sistem kolam. Terdiri dari 2 kolam pengendapan limbah padat, kolam pengendap limbah cair dan kolam oksidasi (kolam kontrol)</li> <li>- Volume, kecepatan dan waktu tinggal (retention)</li> </ul>

			<p>time) air limbah masih memadai.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diperoleh efisiensi minus untuk parameter COD dan O&amp;G pada kolam oksidasi, yang berarti kolam oksidasi harus dilakukan evaluasi dengan penambahan enceng gondok dan mikroba pengurai.</li> </ul>
2006	Nusa Idaman Said dan Satmoko Yudo	Rancang Bangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Potong Hewan (RPH) Ayam dengan Proses Biofilter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob cukup mudah untuk dioperasikan, lumpur yang dihasilkan pun relatif sedikit</li> <li>- Dapat menghilangkan zat tersuspensi (TSS) dengan cukup baik, dilihat dari efisiensi removal sebesar 94,10%.</li> </ul>
2017	Sri Hastutiningrum, Hadi Prasetyo Suseno, Anggita Ratnasari	Alternatif Pra Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Rumah Potong Hewan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses pengolahan air limbah pada RPH ini terdiri dari bar screen, tangki imhoff, bak pengendap, dan reaktor biofilter anaerob-aerob.</li> <li>- Penggunaan media yang digunakan adalah media sarang tawon. Pada biofilter anaerob-aerob dapat menghilangkan BOD 60-67% dan efisiensi TSS 50%.</li> </ul>
2017	Agung Wahyu Pamungkas dan Agus Slamet	Pengolahan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di kota Surabaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industri tahu menghasilkan limbah cair dengan kandungan BOD, COD dan TSS yang cukup tinggi</li> <li>- Alternatif unit pemilihan teknologi, yaitu anaerobik</li> </ul>

			<p>filter (AF), <i>wetland</i>, dan aerobik filter.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teknologi terpilih yaitu kombinasi anaerobik biodigester-anaerobik filter (AF), dikarenakan efisiensi penurunan kualitas limbah cukup besar, yaitu sekitar 90% dan dilihat dari keterbatasan lahan yang tersedia.</li> </ul>
2018	Hamidi Abdul Aziz, Nur Nasuha Ahamad, Motasem Y.D	<i>Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment Using Submerged Fibers in an Attached Growth Sequential Batch Reactor</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Studi ini mengkaji proses pengolahan air limbah dengan membandingkan dengan menggunakan fiber dan tidak menggunakan fiber didalam SBR reaktor.</li> <li>- Terdapat tiga tipe fiber yang digunakan dalam perbandingan ini, yaitu <i>bio-fringe (BF) fiber</i>, <i>jute fiber (JF)</i>, dan <i>siliconed conjugated polyester fiber (SCPF)</i>.</li> <li>- Efisiensi removal dari reaktor SBR dengan menggunakan fiber lebih tinggi dibandingkan reaktor SBR yang tidak menggunakan fiber.</li> </ul>
2018	Rhenny Ratnawati, Muhammad Al Kholif	Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dengan menggunakan biofilter anaerobik media batu apung dapat menghilangkan kadar BOD sebesar 94% dan COD 96%</li> </ul>
2008	Arum Siwiendrayanti, Mardiana, Irwan Budiono	Penurunan Kadar BOD <sub>5</sub> Air limbah Rumah Pemotongan Ayam (RPA) Pasar Rejomulyo Semarang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasil pengukuran BOD<sub>5</sub> melalui trickling filter sirkulasi 1 kali mengalami presentase penurunan sebesar 17,66%</li> </ul>



		Pada Pengoperasian Trickling Filter dengan Berbagai Variasi Frekuensi Sirkulasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasil pengukuran BOD<sub>5</sub> melalui trickling filter sirkulasi 2 kali mengalami presentase penurunan sebesar 25,01%</li> <li>- Hasil pengukuran BOD<sub>5</sub> melalui trickling filter sirkulasi 3 kali mengalami presentase penurunan sebesar 36,24%</li> </ul>
--	--	---	--

### 2.3. Karakteristik Air Limbah

Limbah cair dari kegiatan Rumah Potong Hewan (RPH) mempunyai karakteristik limbah yang mengandung bahan organik. Pada industri pemotongan daging dapat menghasilkan limbah cair dengan kandungan BOD mencapai 400 – 3.000 mg/l serta *suspended solid* mencapai 400 – 3.000 mg/l. (Hastutiningrum, Suseno and Ratnasari, 2017). Pada limbah cair industri pemotongan ayam berdasarkan penelitian (Ratnawati and Kholif, 2018) mempunyai kandungan BOD sebesar 1.648 mg/l dan kandungan COD sebesar 2.603 mg/l.

Limbah cair RPA termasuk dalam limbah cair yang mempunyai bahan pencemar dengan kandungan BOD, COD, TSS, darah dan nitrogen dari kegiatan pemotongan dan pembersihan. Adanya darah, campuran lemak, protein dan serat mempunyai kontribusi dalam peningkatan bahan organik. (Yaakob *et al.*, 2018)

### 2.4. Teknologi Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah bertujuan untuk mengurangi BOD, COD, partikel tercampur, membunuh mikroorganisme patogen, serta komponen beracun yang tidak dapat terdegradasi. (Sugiharto, 1987). Air limbah diolah dalam unit pengolahan sehingga effluent dapat dibuang ke badan air tanpa menimbulkan gangguan atau air effluent dapat digunakan kembali.

#### 2.4.2. Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biologis

Dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar

menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisme biasa disebut dengan proses biologis.

Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik-aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. (Chaudhary, Vigneswaran and Ngo, 2003)

Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam. Dalam sistem biofilter, polutan dihilangkan dengan degradasi biologi daripada pengolahan fisik atau kimia dengan perkembangan proses penyaringan, mikroorganisme (aerob, anaerob, dan bakteri; jamur; alga; dan protozoa) secara bertahap dikembangkan pada permukaan media filter dan membentuk film biologis atau lapisan lendir yang dikenal sebagai biofilm. (Chaudhary, Vigneswaran and Ngo, 2003)

#### 2.4.3. Proses Biofilter

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter tercelup dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk penembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Posisi media biofilter tercelup di bawah permukaan air. (Priyanka, 2012)

Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), amonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air

limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer dan lainnya. (Priyanka, 2012)

#### 2.4.4. Media Biofilter

Media biofilter secara umum dapat menggunakan bahan material organik atau anorganik. Bahan material organik banyak dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan, misalnya PVC dan memiliki luas permukaan dan volume rongga (porositas) yang besar. Contoh media biofilter organik adalah dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk sarang tawon ataupun bentuk papan. Sedangkan media dari bahan anorganik contohnya kerikil, batu marmer atau batu bara. Pada Tabel 2.3, ditunjukkan perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai media biofilter.

Tabel 2.3. Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter

No.	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100 – 200
2	Modul Sarang Tawon ( <i>honeycomb modul</i> )	150 – 240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80 – 150
5	<i>Bio-ball</i>	200 – 240