

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pengertian Limbah Cair

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (UU No.32/2009, I:1).

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu faktor rusaknya lingkungan yang akan berdampak pada makhluk hidup di sekitarnya. Sumber pencemaran lingkungan diantaranya berasal dari air, tanah, dan udara. Salah satu faktor pencemaran tersebut disebabkan oleh limbah yang berasal dari industri, domestik, pertanian, laboratorium, dan lain sebagainya (Azamia, 2012).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah cair adalah limbah berupa cairan yang berasal dari hasil buangan bahan- bahan yang telah terpakai dari suatu proses produksi industri, domestik (rumah tangga), pertanian, serta laboratorium yang tercampur (tersuspensi) dan terlarut di dalam air. Limbah cair disebut juga sebagai pencemar air, karena komponen pencemaran air pada umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik.

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari

rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. limbah adalah buangan yang di hasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga) (Permen LH No.5/2015, 1).

Secara sederhana limbah cair dapat didefinisikan sebagai air buangan yang berasal dari aktivitas manusia dan mengandung berbagai polutan yang berbahaya baik secara langsung maupun dalam jangka panjang. Berdasarkan sumbernya, limbah cair dapat dibedakan atas limbah rumah tangga dan limbah industri, sedangkan polutan yang terdapat dalam limbah dapat dibedakan atas polutan organik dan polutan anorganik dan umumnya terdapat dalam bentuk terlarut atau tersuspensi (Kurratul et al. 2012). Untuk menanggulangi pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair hendaknya melakukan perlindungan dan pengelolaan terhadap lingkungan hidup agar tetap lestari sehingga bisa menciptakan pembangunan berkelanjutan.

Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum (UU No.32/2009 I:1).

Pembangunan berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa

depan (UU No.32/2009 I:1).

Pengelolaan Lingkungan Hidup awal yang akan dilakukan yang menjadi bagian rencana kegiatan, misalnya pengelolaan limbah padat sampah akan disediakan kotak sampah, atau untuk limbah cair domestik yang dihasilkan akan disediakan IPAL *Portable* untuk mengelola air limbah yang digunakan (Lampiran II, PP No. 22 Tahun 2021, 14:c).

## **B. Sumber Limbah Cair**

Sumber air limbah dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Air Limbah domestik atau rumah tangga Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003, Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau 8 kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan, yaitu kotoran, urine, dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri, dan virus.
2. Air limbah industri Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber lainnya (Brault et al, 2022).
3. Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor, atau dinding manhole, sedangkan inflow adalah masuknya aliran air permukaan melalui tutup manhole, atap, area drainase, *cross connection* saluran air hujan maupun air buangan (Brault et al, 2022).

### C. Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Hal tersebut sangat penting dalam studi pendahuluan dalam pengolahan limbah, diantaranya proses desain, metode kerja, manajemen pengumpulan, pengelolaan, dan penimbunan air limbah. Sifat fisika, kimia, dan biologi air limbah sangat tergantung pada sumber kegiatan penghasil air limbah tersebut, apakah itu masyarakat, industri, atau komoditi lain. Karakteristik fisika, meliputi : temperatur (suhu), warna, bau, kekeruhan, padatan total, dan padatan tersuspensi. Karakteristik kimia, salah satunya ialah COD. Karakteristik biologi air limbah berhubungan dengan organisme-organisme dan/atau mikroorganisme dan bahan nutrien lainnya yang berperan untuk mengkonversi bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana (Azamia, 2012).

#### 1. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisik dari suatu limbah keberadaannya dapat diketahui dengan indra yang dimiliki manusia, seperti :

##### 1) Kekeruhan

Kekeruhan adalah air yang mengandung bahan tersuspensi yang dapat menghalangi masuknya cahaya dalam air, sehingga mengganggu jarak pandang. Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air dengan skala NTU (Nephelometrix Turbidity Unit). Kekeruhan dapat disebabkan oleh bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dalam air. Salah satu contoh yang dapat menyebabkan kekeruhan adalah pasir halus, tanah liat, dan lumpur

alami yang merupakan bahan anorganik atau dapat pula berupa senyawa selulosa, lemak, protein, mikroorganisme yang merupakan bahan organik yang melayang dalam air (Reynolds; Richards, 1996).

## 2) Padatan (solid)

Secara umum padatan dibagi menjadi dua, yaitu padatan yang terlarut TDS (total dissolved solid) dan padatan yang tersuspensi TDS (total suspended solid). TDS adalah semua bahan yang lolos melalui saringan membran yang berpori  $2\mu\text{m}$  atau lebih kecil dan dipanaskan pada suhu  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama satu jam. Sedangkan TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal  $2\mu\text{m}$  atau lebih besar dari ukuran partikel TDS dan padatan tersuspensi dalam air yang berupa bahan-bahan organik dan inorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berpori  $0,45\mu\text{m}$  (Reynolds; Richards, 1996).

## 3) Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap aktifitas biologis dan kimiawi dalam air. Temperatur air limbah biasanya lebih tinggi dibanding air minum. Tergantung dari lokasi dan waktu, temperatur effluen limbah lebih tinggi atau lebih rendah dibanding temperatur influen (Reynolds; Richards, 1996).

## 4) Bau

Bau yang dihasilkan oleh air disebabkan oleh aktivitas penguraian zat-zat organik yang terjadi secara alamiah dan mengeluarkan gas. Gas yang menghasilkan bau tersebut biasanya adalah campuran dari sulfur, nitrogen, amoniak, dan fosfor (Reynolds; Richards, 1996).

## 5) Warna

Warna yang terdapat dalam air limbah memiliki hubungan dengan kekeruhan. Dari warna yang dimiliki oleh limbah, dapat diketahui umur dari limbah tersebut. Air limbah biasanya berwarna abu-abu terang kecoklatan, bila air sudah berwarna hitam berarti air tersebut dalam keadaan septik (Reynolds; Richards, 1996).

## 2. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia dari suatu limbah dapat diketahui dari zat kimia yang terkandung dalam limbah cair tersebut. Semakin besar konsentrasi atau kandungannya dalam limbah, semakin berbahaya limbah tersebut.

Terdapat beberapa parameter untuk mengetahui karakteristik kimia dari suatu limbah, diantaranya adalah :

### 1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik yang terdapat dalam limbah. Hasil analisis BOD menunjukkan besarnya kandungan senyawa organik yang dapat terbiodegradasi (Rahayu, 2007 (679)).

Menurut (Metcalf & Eddy, 2003 (1451)), data BOD tetap digunakan hingga saat ini karena beberapa alasan dan berhubungan dengan pengolahan air limbah, yaitu :

- a) Penting untuk mengetahui perkiraan jumlah oksigen yang akan diperlukan untuk menstabilkan bahan organik yang ada secara biologi.
- b) Penting untuk mengetahui ukuran fasilitas unit pengolahan limbah.
- c) Penting untuk mengukur efisiensi suatu proses perlakuan dalam

pengolahan limbah.

- d) Penting untuk mengetahui kesesuaiannya dengan batasan yang diperbolehkan untuk pembuangan air limbah.

## 2) *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam limbah (Rahayu, 2007).

Pengukuran ini diperlukan untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi. Oleh karena itu, dibutuhkan bantuan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam.

Perbandingan angka BOD/COD digunakan sebagai indikator peningkatan biodegradable, dimana nilai nol menunjukkan limbah non-biodegradable. Sedangkan peningkatan rasio perbandingan menunjukkan peningkatan biodegradable. Jika rasio BOD/COD untuk limbah yang belum diolah bernilai  $\geq 0,5$  maka limbah tersebut dapat dikatakan diolah dengan pengolahan biologis. Apabila rasio BOD/COD  $< 0,3$ , limbah tersebut kemungkinan mengandung komponen toksik atau mikroorganisme yang terkandung didalamnya membutuhkan penyesuaian dengan lingkungan (Metcalf & Eddy, 2003).

## 3) Minyak Lemak

Minyak dan lemak, merupakan bahan yang paling sering dijumpai di perairan. Minyak dan lemak sangat sulit untuk terurai didalam air limbah, minyak yang mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air yang akan menghalangi oksigen

bebas dan sinar matahari kedalam air sehingga mengganggu proses degradasi (Ibrahim et al. 2023)

#### 4) Detergen

Detergen digunakan untuk membersihkan bahan-bahan yang mengandung kotoran sehingga kotoran tersebut dapat dipisahkan. Pemakaian detergen akan menghasilkan limbah karena setelah pemakaian, air bekas cucuan yang telah mengandung deterjen dibuang di lingkungan. Formulasi awal detergen mengandung surfaktan nonbiodegradabel. Air limbah detergen termasuk polutan bagi lingkungan karena mengandung zat ABS (alkyl benzene sulphonate) yang tergolong keras. Surfaktan sebagai komponen utama dalam detergen memiliki rantai kimia yang sulit didegradasi alam (Apriliyani, 2017)

#### 5) Keasaman Air (pH)

Keasaman air merupakan tingkatan dari derajat keasaman yang dikandung oleh air tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen dalam air tersebut. Derajat keasaman air mempengaruhi aktifitas mikroorganisme dan proses lainnya yang terdapat dalam air tersebut. Sifat asam dapat dihasilkan dari buangan limbah yang mengandung asam sulfat, asam klorida, dan lainnya. Sedangkan sifat basa dapat dihasilkan dari buangan limbah yang mengandung bahan anorganik, seperti senyawa karbonat, bikarbonat, dan hidroksida (Reynolds; Richards, 1996).

### 3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi dalam limbah cair dapat diketahui dari kandungan



mikroorganisme yang terdapat didalamnya. Dalam tingkatan kandungan mikrobiologi, effluen yang dihasilkan rumah sakit dan memiliki beban yang lebih sedikit dibanding effluen yang dihasilkan oleh domestik (Ilham, 2021), Mikroorganisme yang biasa dijumpai adalah :

1) Bakteri Escheria Coli

Escherichia coli adalah salah satu jenis bakteri yang secara normal hidup dalam saluran pencernaan baik manusia maupun hewan yang sehat. Nama bakteri ini diambil dari nama seorang bacteriologist yang berasal dari Germani yaitu Theodor Von Escherich, yang berhasil melakukan isolasi bakteri ini pertamakali pada tahun 1885. Dr. Escherich juga berhasil membuktikan bahwa diare dan gastroenteritis yang terjadi pada infant adalah disebabkan oleh bakteri Escherichia coli (Karsinah, 2011).

Escherichia coli berbentuk sirkular, konveks dan koloni tidak berpigmen pada nutrient dan media darah. Escherichia coli dapat bertahan hingga suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit atau pada suhu  $55^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit. Escherichia coli tumbuh baik pada temperatur antara  $8^{\circ}\text{C}$ -  $46^{\circ}\text{C}$  dan temperatur optimum  $37^{\circ}\text{C}$ . Bakteri yang dipelihara di bawah temperatur minimum atau sedikit di atas temperatur maksimum, tidak akan segera mati melainkan berada di dalam keadaan tidur atau dormansi (Melliawati, 2009). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik tercantum pada tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1**  
Baku Mutu Air Limbah Domestik

| Parameter        | Satuan        | Kadar Maksimal |
|------------------|---------------|----------------|
| pH               | -             | 6-9            |
| BOD              | Mg/l          | 30             |
| COD              | Mg/l          | 100            |
| TSS              | Mg/l          | 30             |
| Minyak dan Lemak | Mg/l          | 5              |
| Amoniak          | Mg/l          | 10             |
| Total Coliform   | Jumlah/100 ml | 3000           |
| Debit            | L/orang/hari  | 100            |

Sumber: (Permen LH No 68 Tahun 2016)

#### D. IPAL Portable

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Portable untuk mengolah air limbah domestik terdiri dari 3 bagian, yaitu penampung pemisah minyak lemak, sedimentasi awal, aerasi, sedimentasi akhir yang terdapat dalam satu paket IPAL.



**Gambar 2.1** IPAL Portable

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| Sumber               | : PT Sitoho Lamsukses               |
| Dengan Spesifikasi   | :                                   |
| Kapasitas IPAL       | : 2,5 m <sup>3</sup> /hari          |
| Tangki Induk         | : Bahan Fiber tebal 3 mm            |
|                      | : Warna Biru                        |
|                      | : Ukuran 150 × 100× 150 cm (P×L ×T) |
|                      | : Ramgka Besi Siku                  |
| Sedimentasi Tangki 1 | : Kapasitas 0,75 m <sup>3</sup>     |
| Aeration Tangki      | : Kapasitas 0,75 m <sup>3</sup>     |
| Biofilter Tangki     | : Kapasitas 0,75 m <sup>3</sup>     |
| Tangki Akhir         | : Kapasitas 0,4 m <sup>3</sup>      |
| Tabung Disinfektan   | : Tube 4 m <sup>3</sup>             |
| Blower               | : Kapasitas 0,2 KW, 220 V           |
| Water Pump Machine   | : Kapasitas 60 L/min, 220 V         |
| Sump Pumps           | : Kapasitas 60 L/min, 220 V         |
| Filter Karbon        | : Bahan PVC dia 13” × 150 cm        |
|                      | : Isi Karbon Aktif                  |
| Housing Filter       | : Bahan PVC 20”                     |
| Box Panel System     | : Box Plat Besi (Coating)           |
| Harga                | : Rp. 28.000.000,00                 |

#### **E. Perencanaan IPAL**

Pengolahan air limbah domestik sederhana teknologi yang digunakan adalah proses biofilter aerob, membutuhkan waktu tinggal yang berbeda pada

setiap bagian pengolahannya untuk mendapatkan hasil pengolahan atau penurunan BOD yang maksimal. Waktu yang diperlukan pada setiap bagian pengolahannya adalah Bak Pemisah Lemak  $\pm$  30 menit, bak pengendapan awal 2-4 jam, Biofilter Aerob 4-8 jam, bak pengendapan akhir 2-4 jam (Mubin et al.2014).

Rumus dan contoh perhitungan bak untuk pengolahan ipal domestik portable sederhana air limbah domestik :

#### 1. Perhitungan Debit Air Limbah

Berdasarkan perhitungan debit penggunaan air bersih pada Praktek Mandiri Bidan Marlina Turnip Kecamatan sukarama yang dihitung berdasarkan jumlah tempat tidur, jumlah pegawai, dan keluarga pasien.

Menurut (Metcalf Eddy, 2003). Konsumsi air bersih pada sebagai berikut :

**Tabel 2.2**  
Kebutuhan Air Bersih Sesuai Dengan Kebutuhan Perorangan

| Jenis Kebutuhan             | Jumlah Kebutuhan Air Bersih (liter/org/hari) |
|-----------------------------|--|
| Kebutuhan Pasien rawat inap | 500  |
| Kebutuhan Karyawan          | 120  |
| Kebutuhan keluarga pasien   | 8  |

Sumber : Kementerian Kesehatan RI Nomor1204/Menkes/SK/X/2004

**Tabel 2.3**  
Karakteristik Air Limbah Klinik

| Parameter        | Konsentrasi | Satuan |
|------------------|-------------|--------|
| pH               | 8,7         | -      |
| BOD              | 90          | mg/L   |
| COD              | 442         | mg/L   |
| TSS              | 46          | mg/L   |
| Minyak dan Lemak | 7,9         | Mmol/L |
| Ammonia          | 0,043       | mg/L   |
| Total Coliform   | 3211        | Cfu/ml |

Sumber : Rahman. 2022

Q air bersih : 500 L/t.tdr/hari

$$= \text{kebutuhan air bersih L/t.tdr/hari} \times \text{jumlah tempat tidur}$$

$$= 500\text{L/t.tdr/hari} \times 5 \text{ t. tdr}$$

$$= 2500 \text{ L/hari}$$

Q air bersih untuk staff/pegawai : rata-rata 120 L/org/hari

$$= \text{kebutuhan air bersih L/org/hari} \times \text{jumlah orang}$$

$$= 120\text{L/org/hari} \times 6 \text{ orang}$$

$$= 3200 \text{ L/org/hari}$$

Q air bersih untuk keluarga pasien : rata-rata 160 L/org/hari

Jadi total kebutuhan air bersih :

$$= (2500 + 3200 + 160)\text{L/hari}$$

$$= 5860 \text{ L/hari}$$

$$= 5,86 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Q air limbah  $\text{m}^3/\text{hari}$  : 80%  $\times$  total kebutuhan air bersih.

$$= 80\% \times 5,86 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 4,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Kapasitas desain yang direncanakan :

Kapasitas Pengolahan per jam :  $4,6 \text{ m}^3/24 \text{ jam}$

$$= 0,19 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kapasitas Pengolahan per menit :  $0,19 \text{ m}^3/60 \text{ menit}$

$$= 0,003 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 3 \text{ liter}/\text{menit}$$

BOD air limbah rata-rata : 300 mg/l

Total efisiensi pengolahan : 90-95%

## 2. Grease Trap/Bak Pemisah Minyak Lemak

Prinsip pengolahan limbah secara fisik yang berguna untuk memisahkan minyak dan lemak umumnya menggunakan grease trap yaitu dengan kecepatan yang lambat akan memberikan waktu untuk minyak dan lemak terpisah dari air dengan gaya gravitasi. Minyak dan lemak yang telah terpisah akan ditampung di wadah pembuangan. Berdasarkan penelitian terdahulu bahwa penurunan kadar minyak dan lemak dengan media zeolit berukuran 0,8 mm sebanyak 2 kg mampu menurunkan sebesar 92,55 % (Wacana et al. 2021; 2/(477)).

Dimensi bak pemisah lemak dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Bak grease trap} : \frac{rt}{60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam}} \text{ hari} \times Q$$

Dimana :

$rt$  = retention time (waktu tunggu)

$Q$  = Debit air limbah



BOD masuk = 255 mg/l

Efisiensi Pengolahan BOD = 25% (Ketetapan Menurut (Nusa Idaman Said, 2011))

BOD keluar = 191 mg/l

Waktu tinggal = 4 jam

Volume bak yang diperlukan =  $\frac{rt}{24 \text{ jam}} \times \text{debit m}^3/\text{hari}$

$$= \frac{4}{24} \times 4,6 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,76 \text{ m}^3$$

Ditetapkan dimensi bak :

Panjang = 1,3 m

Lebar = 0,6 m

Tinggi = 1 m

Volume Aktual = 0,3 m<sup>3</sup>

Ruang Bebas = 0,78 m

Chek waktu tinggal (Retention Time) rata rata :

$$= \frac{\text{Volume Aktual}}{\text{Debit Air Limbah}} \times 24 \text{ jam /hari}$$

$$= \frac{0,3 \text{ m}^3}{4,6 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 1,5 \text{ jam}$$

#### 4. Bak Aerasi

Proses aerasi merupakan peristiwa terlarutnya oksigen di dalam air.

Efektifitas dari aerasi tergantung dari seberapa luas dari permukaan air yang

bersinggungan langsung dengan udara (Hartini Eko. 2012). Fungsi utama



aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan air. Aerasi dapat dipergunakan untuk menghilangkan kandungan gas terlarut, oksidasi besi dan mangan dalam air, mereduksi ammonia dalam air melalui proses nitrifikasi. Sedangkan amoniak atau amonium yang terjadi pada proses biofilter aerob akan dioksidasi (proses nitrifikasi) akan diubah menjadi nitrat ( $\text{NH}_2^-$ ). Selain itu gas  $\text{H}_2\text{S}$  yang terbentuk akibat proses aerob akan diubah menjadi sulfat ( $\text{SO}_4$ ) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilter aerob. Bentuk kolam tersebut dapat berbentuk tabung atau persegi. Di dalam kolam tersebut dilengkapi dengan peralatan pemasok udara (DIKJEN BINA Upaya Kesehatan KEMENKES RI, Seri Sanitasi Pedoman Teknis Ipal dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2011).

Proses aerasi sangat penting terutama pada pengolahan limbah yang proses pengolahannya biologinya memanfaatkan bakteri aerob. Bakteri aerob adalah kelompok bakteri yang mutlak memerlukan oksigen bebas untuk proses metabolismenya (Hartini Eko, 2012). Dengan tersedianya oksigen yang mencukupi selama proses biologi, maka bakteri-bakteri tersebut dapat bekerja dengan optimal. Hal ini akan bermanfaat dalam penurunan konsentrasi zat organik di dalam air limbah (Bary MA.2013)

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

$$\text{Debit limbah} = 4,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD masuk} = 75 \text{ mg/l}$$

$$\text{BOD keluar} = 30 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned} \text{Standar Efisiensi} &= \frac{75 \text{ mg/l} - 30 \text{ mg/l}}{75 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 53,3 \% \end{aligned}$$

Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media 0,4-4,7 kg BOD m<sup>3</sup>/hari. Ditetapkan beban BOD yang digunakan = 1,0kg BOD m<sup>3</sup>/hari.

$$\begin{aligned} \text{Beban BOD dalam air limbah} &= \text{Debit Air Limbah} \times \text{BOD masuk} \\ &= 4,6 \text{ m}^3/\text{hari} \times 75 \text{ g/m}^3 \\ &= 345 \text{ g/hari} \\ &= 0,345 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban BOD per volume media} &= 0,6 \times 0,345 \text{ kg/hari} \\ &= 0,207 \text{ kg/ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Beban BOD per volume media yang digunakan} = 0,5 \text{ kg/ m}^3 \cdot \text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume media yang diperlukan} &= \frac{\text{beban BOD dalam air limbah}}{\text{beban BOD per volume media yang digunakan}} \\ &= \frac{0,345 \text{ kg/hari}}{0,5 \text{ kg/m}^3 \text{ hari}} = 0,69 \text{ kg/ m}^3 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Volume media } 0,4 \times \text{volume reaktor}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Reaktor Biofilter Aerob yang diperlukan} &= \frac{10}{4} \times 0,69 \text{ kg/ m}^3 \text{ hari} \\ &= 1,73 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal Reaktor Aerob} = \frac{1,73}{2} \times \text{jam/hari} = 9 \text{ jam}$$

Dimensi ruang Aerasi Reaktor Biofilter Aerob :

$$36\% \times 1,73 \text{ m}^3 = 0,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang} = 1 \text{ m}$$

Lebar = 0,6 m

Tinggi = 1 m

Ruang Bebas = 0,5m

Volume Aktual = 0,6 m<sup>3</sup>

Kebutuhan Oksigen :

Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan.

Jadi : Kebutuhan teoritis = Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,09 kg/hari.

Faktor keamanan ditetapkan ± 1,5

Kebutuhan Oksigen Teoritis = 1,5 × 0,09 kg/ hari = 0,135 kg/hari.

Temperatur udara rata-rata = 28 °C

Berat udara pada suhu 28 °C = 1,1725 kg/m<sup>3</sup>

Di asumsikan jumlah oksigen didalam udara 23,2 %.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan udara teoritis} &= \frac{0,135 \text{ kg/hari}}{1,1725 \times 0,232 \text{ gO}_2 \text{ Udara}} \\ &= 0,49 \text{ m}^3 \text{ /hari} \end{aligned}$$

Efisiensi Difuser = 2,5 % (Gelembung Kasar)

$$\text{Kebutuhan Udara Aktual} = \frac{0,49 \text{ m}^3 \text{ /hari}}{0,025} = 19,6 \text{ m}^3 \text{ /hari}$$

Blower Udara Yang diperlukan :

Spesifikasi Blower :

Kapasitas Blower = 2 m<sup>3</sup>/menit

Head = 2.800 mm-aqua

Jumlah = 1 Unit

Spesifikasi Blower Yang Digunakan :

Tipe = Root Blower

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| Merek     | = Shofu Tipe              |
| Kapasitas | = 2 m <sup>3</sup> /menit |
| Diameter  | = 2 Inch                  |

#### 5. Bak Sedimentasi akhir

Contoh perhitungan yang bersumber dari buku Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan proses biofilter anaerob-aerob, tahun 2013, Pusat Teknologi Lingkungan:

$$\text{Debit limbah} = 4,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD masuk} = 35 \text{ mg/l}$$

$$\text{Skenario Efisiensi} = 25\%$$

$$\text{Sisa BOD} = 26 \text{ mg/l (Memenuhi standar baku mutu air limbah PERMEN-LH No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah)}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 4 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak yang diperlukan} &= \frac{4}{24} \times 4,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ditetapkan dimensi bak

$$\text{Panjang} = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,6 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Volume Aktual} = 0,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Ruang Bebas} = 0,78 \text{ m}$$

Cek waktu tinggal (Retention Time) rata rata :

$$= \frac{0,3 \text{ m}^3}{4,6 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} = 1,5 \text{ jam}$$

## 6. Pompa

Pompa Air Limbah berfungsi untuk menyerap sekaligus mendorong air yang terdapat pada sistem pengolahan air limbah sehingga dapat bersikulisasi di instalasi. Pompa yang digunakan dalam IPAL ini berjenis pompa celup (submersible pump) dengan sistem otomatis dan menggunakan radar atau pelampung air, fungsinya yaitu jika permukaan air limbah lebih tinggi melampaui batas level minimum maka pompa air limbah akan berfungsi dan air limbah akan dipompa ke bak pada sistem IPAL.

Jika permukaan air limbah di dalam suatu bak mencapai level minimum pompa air limbah secara otomatis akan berhenti (mati). Pompa yang digunakan berjumlah dua unit. Unit di tempatkan pada bak pemisah lemak dan pengendap akhir.

## **F. Dampak Buruk Air Limbah**

Menurut (Ilham, 2021) Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Beberapa dampak buruk tersebut adalah sebagai berikut :

### 1. Gangguan Kesehatan

Air limbah dapat mengandung bibit penyakit yang dapat menimbulkan penyakit bawaan air (*waterborne disease*). Selain itu di dalam air limbah mungkin juga terdapat zat-zat berbahaya dan beracun yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup yang mengkonsumsinya.

Adakalanya, air limbah yang tidak dikelola dengan baik juga dapat

menjadi sarang vektor penyakit (nyamuk, lalat, kecoa, dan lain-lain).

## 2. Penurunan Kualitas Lingkungan

Air limbah yang dibuang langsung ke air permukaan dapat mengakibatkan pencemaran air permukaan tersebut. Sebagai contoh, bahan organik yang terdapat dalam air limbah bila dibuang langsung ke sungai dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) di dalam sungai tersebut. Adakalanya, air limbah juga dapat merembes ke dalam air tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Bila air tanah tercemar, maka kualitasnya akan menurun sehingga tidak dapat lagi digunakan sesuai peruntukannya.

## 3. Gangguan Terhadap Keindahan

Adakalanya air limbah mengandung polutan yang tidak mengganggu kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu keindahan. Contoh yang sederhana adalah air limbah yang mengandung pigmen warna. Kadang-kadang air limbah dapat juga mengandung bahan-bahan yang bila terurai menghasilkan gas-gas yang berbau.

## 4. Gangguan Terhadap Kerusakan Benda

Apabila air limbah mengandung gas karbondioksida yang agresif, maka mau tidak mau akan mempercepat proses terjadinya karat pada benda yang terbuat dari besi serta bangunan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya benda tersebut maka biaya pemeliharaannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material. Selain karbondioksida agresif, maka tidak kalah pentingnya apabila air limbah itu adalah air limbah yang berkadar pH rendah atau bersifat asam maupun pH

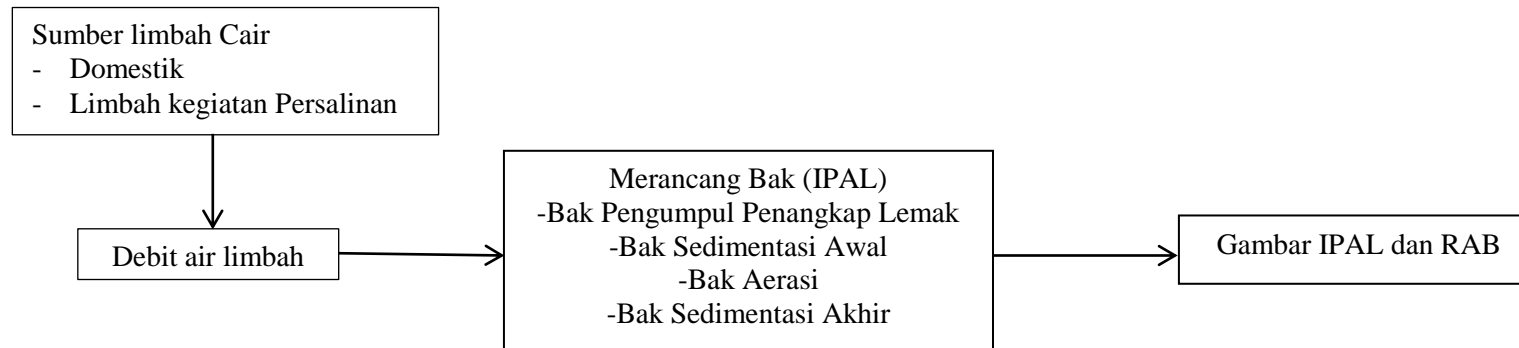
tinggi yang bersifat basa. Melalui pH yang rendah maupun pH yang tinggi akan mengakibatkan timbulnya kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya.

Lemak yang merupakan sebagian komponen air limbah mempunyai sifat yang menggumpal pada suhu udara normal, dan akan berubah menjadi cair apabila berada pada suhu yang lebih panas. Lemak yang berupa benda cair pada saat dibuang ke saluran air limbah akan menumpuk secara kumulatif pada saluran air limbah karena mengalami pendinginan dan lemak ini akan menempel pada dinding saluran air limbah yang pada akhirnya akan menyumbat aliran air limbah.

#### 5. Gangguan Terhadap Kehidupan Biotik

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya. Selain kematian kehidupan di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air dapat juga disebabkan karena adanya zat beracun yang berada di dalam air limbah tersebut. Apabila limbah domestic dibuang ke badan sungai yaitu berkurangnya keragaman biota air karena rutusnya senyawa B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) masuk ke dalam sungai (Mubin et al. 2016)

## G. Kerangka Teori

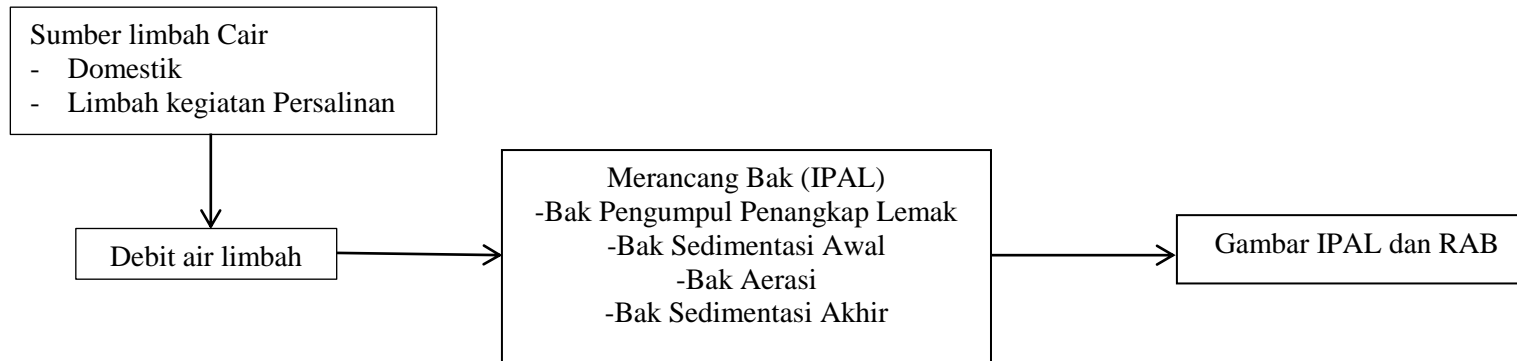


**Gambar 2.2** Kerangka Teori

Sumber : Direktorat Jendral Bina Upaya Kemenkes RI, Seri Sanitasi Pedoman Teknis Ipal Dengan Sistem Biofilter Fasilitas Pelayanan Kesehatan, 2011.



## H. Kerangka Konsep



**Gambar 2.3** Kerangka Konsep

## I. Definisi Oprasional

**Tabel 2.4** Definisi Oprasional

| No. | Variabel                      | Definisi Oprasional  | Cara Ukur  | Alat Ukur               | Hasil Ukur   | Skala Ukur |
|-----|-------------------------------|--|--|-------------------------|--------------|------------|
| 1.  | Sumber Limbah Cair            | Limbah cair dihasilkan dari kegiatan yang terdiri dari: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limbah domestik rumah tangga yang berasal dari dapur, lantai toilet, wastafel.</li> <li>- Limbah kegiatan persalinan yaitu limbah yang berasal dari darah pasien dan cucian baju pasien.</li> </ul> | Observasi  | Gelas ukur              | liter        | Nominal    |
| 2.  | Debit Limbah Cair             | Volume laju aliran air limbah yang melewati suatu area dalam satuan waktu, yang diukur dalam satuan volume perwaktu.   | Perhitungan jumlah debit air limbah<br>$Q \text{ air limbah m}^3/\text{hari} : 80\% \times \text{total kebutuhan air bersih.}$                                 | Gelas ukur<br>Stopwatch | l/Detik      | Rasio      |
| 2.  | Merencanakan IPAL             | Merancang desain pengolahan limbah cair berupa : <ul style="list-style-type: none"> <li>-Bak Grease Trap</li> <li>-Bak Sedimentasi Awal</li> <li>-Bak Aerasi</li> <li>-Bak Sedimentasi Akhir</li> </ul>  | Perhitungan Volume masing-masing pengolahan  | Meteran                 | $\text{m}^3$ | Rasio      |
| 3.  | Bak Penampung Penangkap Lemak | Tempat berupa bangunan yang digunakan untuk pengolahan fisik awal dan sebagai bak penampung air limbah untuk menurunkan kadar parameter minyak lemak   | Bak grease trap :<br>$\frac{rt}{60 \text{ menit} \times 24 \text{ jam}} \text{ hari} \times Q$<br>Keterangan :<br>rt = retention time<br>Q = Debit limbah cair | Meteran<br>Stopwatch    | $\text{m}^3$ | Rasio      |

|    |                       |  |   |                                    |                |       |
|----|-----------------------|--|---|------------------------------------|----------------|-------|
| 4. | Bak Sedimentasi Awal  | Tempat berupa bangunan yang digunakan untuk mengolah air limbah setelah bak penampung panangkap minyak dan lemak, dimana pada bak ini terjadinya proses pemisahan partikel yang tersuspensi di air yang memiliki massa jenis lebih besar dari air, yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi.   | Volume bak yang diperlukan<br>$= \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times \text{debit m}^3/\text{hari}$               | Meteran<br>Stopwatch<br>Gelas ukur | m <sup>3</sup> | Rasio |
| 5. | Bak Aerasi            | Tempat berupa bangunan yang didalam bak ini terjadi proses sirkulasi oksigen oleh alat aerator yang mana berfungsi untuk menyuplai oksigen yang digunakan mikroorganisme untuk menguraikan zat pencemar yang ada pada air limbah, proses pada bak ini juga berfungsi untuk menghilangkan senyawa kimia yang mempengaruhi bau seperti NH <sub>3</sub> . | Dimensi ruang Aerasi Reaktor Biofilter Aerob :<br>$36\% \times \text{Vol reaktor aerob yang diperlukan m}^3.$ | Meteran                            | m <sup>3</sup> | Rasio |
| 6. | Bak Sedimentasi Akhir | Tempat berupa bangunan yang disiapkan untuk proses pengolahan akhir dari air limbah yang berfungsi untuk pemisahan partikel yang mungkin masih terbawa oleh air limbah dari proses sebelumnya secara gravitasi sebelum air limbah di buang ke badan air.   | Volume bak yang diperlukan<br>$= \frac{rt}{24 \text{ jam}} \times \text{debit m}^3/\text{hari}$               | Meteran<br>Stopwatch<br>Gelas ukur | m <sup>3</sup> | Rasio |