

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah merupakan hasil sisa dari aktivitas atau kegiatan yang berbentuk cair. Menurut Metcalf and Eddy (1991), air limbah atau (*waste water*) merujuk pada campuran sampah dan cairan (air yang dihasilkan oleh daerah permukiman, perkantoran, industri dan perdagangan). Air limbah adalah cairan yang berasal dari kegiatan rumah tangga dan tempat umum, seringkali mengandung bahan-bahan yang berdampak negatif bagi manusia dan dapat merusak lingkungan. Sumber air limbah ini dipengaruhi oleh tingkat ekonomi masyarakat, semakin tinggi tingkat ekonomi, semakin bervariasi jenis limbah yang dihasilkan. (Almufid, 2020).

Menurut Peraturan Menteri PUPR (2017), air limbah domestik terbagi kedalam dua jenis yaitu *black water* (air limbah kakus) dan *grey water* (air limbah non kakus). *Black water* yaitu air limbah yang diperoleh dari kotoran manusia seperti urin dan tinja. Sedangkan *grey water* yaitu air limbah yang berasal dari kegiatan dapur, mencuci pakaian, dan mandi (Purwatinigrum, 2018).

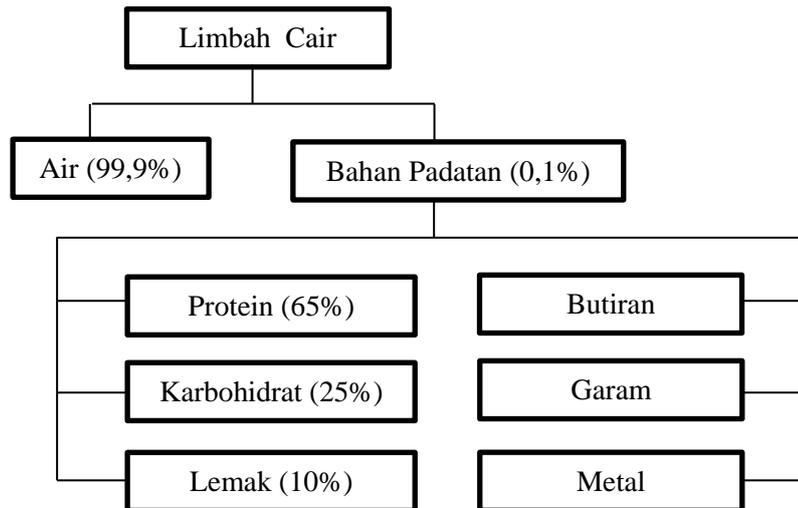
##### 2.1.1 Sumber Air Limbah

Secara umum sumber air limbah dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Chandra, 2007) :

1. Air limbah rumah tangga; berasal dari pemukiman penduduk, umumnya terdiri dari tinja dan urine (ekskreta), air bekas mandi dan cucian, serta bahan organik lainnya.
2. Air limbah industri; merupakan hasil dari berbagai kegiatan industri yang terjadi karena proses produksi. Air limbah ini mengandung berbagai zat tergantung pada bahan baku yang digunakan oleh masing-masing industri, seperti amoniak, nitrogen, sulfida, lemak, pewarna, garam-garam, logam berat, mineral, pelarut, dan lain-lain. Pengolahan air limbah industri menjadi lebih sulit karena berpotensi menimbulkan dampak berbahaya pada lingkungan.
3. Air limbah kota; berasal dari aktivitas di lingkungan perdagangan, perkantoran, hotel, tempat umum, tempat ibadah, restoran, dan sejenisnya. Kandungan zat dalam air limbah ini serupa dengan air limbah dari rumah tangga.

### **2.1.2 Komposisi Air Limbah Domestik**

Lebih dari 90% dari komposisi air limbah domestik terdiri dari air, sementara sisanya adalah kandungan zat pencemar yang akan ditunjukkan dalam diagram berikut ini. (Sugiharto, 1987);



**Gambar 1. Diagram Komposisi Air Limbah**

Sumber : Sugiharto, 1987

### 2.1.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik, baik *grey water* maupun *black water*, berbeda dalam hal komposisi. *Grey water* memiliki kandungan minyak dan lemak yang tinggi, sementara *black water* memiliki kandungan kadar organik dan padatan terlarut yang lebih tinggi. Air limbah domestik umumnya terbentuk dari limbah yang sebagian besar berbentuk larutan dan sebagian lainnya merupakan larutan suspensi. Secara umum, air limbah domestik memiliki tiga komponen karakteristik utama, yakni fisik, kimia, dan biologi. Setiap karakteristik ini memiliki nilai ambang batas yang bervariasi sesuai dengan peraturan dan kebijakan yang telah dikeluarkan oleh pemerintah. (Filliazati, 2013).

### 2.1.3.1 Karakteristik Fisik

a. Padatan (*Solid*)

Padatan yang terdapat pada limbah cair umumnya memiliki karakteristik material kasar dan koloid. Limbah cair yang memiliki karakteristik partikel kasar dapat disaring atau dikeluarkan sebelum dilakukannya analisis terhadap padatan.

b. Bau (*Odor*)

Air limbah yang menghasilkan bau menandakan bahwa adanya kontaminasi pembusukan didalamnya. Bau tersebut terjadi karena adanya zat yang mudah menguap, gas terlarut, dan hasil samping dari dekomposisi bahan organik. Bau yang sering tercium dari air limbah umumnya berupa gas seperti hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), yang berasal dari proses penguraian bahan organik dalam air limbah.

c. Warna (*Color*)

Umumnya air yang baik tidak memiliki warna. Jika air menjadi berwarna maka terdapat zat asing yang membuatnya menjadi berwarna. Pada air limbah biasanya memiliki warna yang cukup mencolok seperti warna abu-abu sampai kehitaman. Ini disebabkan oleh adanya bahan organik atau alga pada air limbah.

d. Temperatur

Suhu pada air limbah adalah parameter kursorial yang berpengaruh pada ekosistem dalam air yang dapat mengurangi jumlah spesies ikan dan meningkatkan reaksi kimia di dalam air.

e. Kekeruhan (*Turbidity*)

Cahaya tidak dapat menembus air secara optimal karena adanya sifat kekeruhan optis air. Kekeruhan ini terjadi karena adanya partikel koloid yang tersuspensi dan bahan-bahan yang terurai dalam air menjadi ukuran yang lebih besar oleh binatang, bahan organik, mikroorganisme, lumpur, tanah, dan bahan tersuspensi lainnya. Hubungan langsung tidak dapat dibangun antara kekeruhan dan kandungan padatan tersuspensi apa pun. Sebab hal ini juga bergantung pada ukuran dan bentuk partikelnya.

### 2.1.3.2 Karakteristik Kimia

#### a. Parameter organik

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

*Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan analisis empiris yang berupaya memberikan pandangan secara keseluruhan tentang tahapan mikrobiologis yang sebenarnya terjadi dalam air. Nilai BOD merupakan banyaknya kebutuhan oksigen bakteri (aerobik) guna memecah atau mengoksidasi hampir seluruh bahan terlarut larutan serta sebagian bahan organik yang tersuspensi dalam air. Parameter BOD sering digunakan untuk menguji kualitas air limbah dan air permukaan. Pengukuran ini menentukan kandungan oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik.

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

Analisis COD digunakan untuk menentukan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi kimia senyawa organik dalam sampel

air. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah ukuran berapa banyak oksigen (dinyatakan dalam  $\text{MgO}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter sampel air, dengan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sebagai oksidator. Nilai COD adalah ukuran pencemaran air oleh zat organik yang teroksidasi secara alami oleh proses mikroba dan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

### 3) Protein

Protein adalah komponen penting dalam makhluk hidup, termasuk pada tumbuhan dan hewan bersel tunggal. Protein mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen, yang memiliki berat molekul sangat tinggi. Struktur kimianya sangat kompleks, tidak stabil dan mudah terurai, dan ada yang larut dalam air sementara ada pula yang tidak. Protein memiliki komposisi beragam yang terdiri dari ribuan asam amino, dan merupakan bahan penyusun sel dan inti sel.

### 4) Karbohidrat

Karbohidrat seperti gula, pati, selulosa, dan benang kayu terbuat dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Kandungan gula dalam limbah cair cenderung dapat diuraikan oleh enzim bakteri dan ragi tertentu sehingga menghasilkan alkohol dan gas  $\text{CO}_2$  dengan proses fermentasi.

### 5) Minyak dan Lemak

Minyak merupakan lemak berwujud cair. Sebagian besar terdiri dari karbon dan hidrogen yang tidak larut dalam air. Bahan-bahan ini banyak ditemukan pada makanan, hewan, manusia, bahkan tumbuhan

sebagai minyak nabati. Minyak dan lemak juga relatif stabil dan sulit terdegradasi oleh bakteri.

#### 6) Deterjen

Untuk memenuhi kebutuhan dalam rumah tangga, rumah sakit dan hotel banyak sekali menggunakan bahan organik berupa deterjen. Manfaat utama deterjen adalah memisahkan dan membersihkan kotoran, minyak dan zat lainnya pada saat pencucian.

#### b. Parameter anorganik dan gas

##### 1) pH

Derajat keasaman atau yang disebut juga dengan pH merupakan salah satu indikator penting dalam mengukur karakteristik air limbah. Nilai pH yang rendah dapat mempersulit proses biologis sebagai pembersihan atau penjernihan pada air limbah.

##### 2) Alkalinitas

Alkalinitas merupakan kemampuan air dalam menahan perubahan pH yang dapat membuat air menjadi lebih asam. Alkalinitas digunakan sebagai penyangga atau menetralkan pH dalam memfasilitasi fase pencernaan anaerobik dalam pengolahan air limbah.

##### 3) Logam

Kandungan logam seperti, magnesium (Mg), nikel (Ni), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), seng (Zn), besi, tembaga (Cu), dan lain-lain dalam limbah. (Fe) dan merkuri (Hg) sangat penting karena mengandung racun jika berlebihan. Namun, terdapat logam yang biasa

digunakan pada pertumbuhan biologis, seperti pertumbuhan alga. Pertumbuhannya akan terhambat jika tidak ada logam yang tersedia.

#### 4) Gas

Ada berbagai jenis gas yang terlarut dalam air, namun oksigen ( $O_2$ ) adalah salah satu yang sangat penting. Oksigen terlarut diperlukan secara kontiniu untuk respirasi oleh mikroorganisme aerobik dan organisme lainnya. Ketika kadar oksigen rendah bau akan muncul dan unsur karbon diubah menjadi metana yang mengandung  $CO_2$  dan belerang. Belerang berubah menjadi amonia ( $NH_3$ ) atau teroksidasi menjadi nitrit.

#### 5) Nitrogen

Nitrogen adalah unsur yang krusial untuk perkembangan protista dan tumbuhan. Unsur ini berfungsi sebagai sumber nutrisi atau makanan dan sebagai stimulan pertumbuhan. Kandungan nitrogen dalam air limbah terutama berasal dari urea dan protein. Nitrogen ini cepat diuraikan oleh bakteri dan diubah menjadi amonia, sehingga jumlah amonia dapat menjadi indikator umur relatif air limbah.

#### 6) Phospor

Kandungan Phospor (P) dalam air limbah seperti halnya dengan nitrogen, yaitu salah satu kandungan penting bagi pertumbuhan protista dan tumbuhan, serta dikenal juga sebagai perangsang pertumbuhan dan unsur. Phospor dapat digunakan sebagai pengukur kualitas air karena merupakan nutrisi bagi alga dan organisme lainnya.

### 2.1.3.3 Karakteristik Biologi

Sifat biologis dalam limbah cair umumnya mengandung mikroorganisme yang memiliki peran penting dalam pengolahan biologis limbah cair, tetapi juga terdapat mikroorganisme yang dapat mengancam stabilitas kehidupan manusia. Jenis mikroorganisme ini mencakup bakteri, jamur, protozoa, dan alga (Mubin, Biniran, Halim, 2016).

### 2.1.4 Dampak Air Limbah

Dampak dari air limbah yang di dalamnya terdapat bahan pencemar masuk ke lingkungan, seperti badan dan air sungai, bisa menyebabkan pencemaran lingkungan pada air. Jika pengolahan air tidak baik, maka bisa menimbulkan pengaruh negatif bagi seluruh makhluk hidup dan lingkungan. Dampak negatif dari air limbah antara lain (Sumantri, 2010).

#### a) Gangguan Kesehatan

Hak atas lingkungan yang bermutu dan sehat adalah salah satu hak asasi manusia yang telah diatur dalam Pasal 28 H Ayat (1) dari Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, bahwa “Setiap orang berhak hidup sejahtera lahir dan batin, bertempat tinggal dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan”. Jika air tercemar karena limbah tanpa melalui proses pengolahan yang memadai, masyarakat akan kehilangan hak untuk lingkungan hidup yang sehat. Hal ini dapat berdampak negatif pada kesehatan karena air sungai yang tercemar tersebut.

Air limbah berpotensi menjadi sumber penyakit yang ditularkan melalui air karena mengandung patogen. Jika pengelolaannya tidak tepat, air limbah dapat menjadi habitat bagi perkembangbiakan penyakit yang disebarkan oleh serangga seperti lalat, nyamuk, dan kecoa. Hal ini dapat menjadi vektor yang menularkan mikroorganisme penyebab penyakit lingkungan seperti kolera, diare, cacing hati, nematoda, dan demam tifoid. Penyakit-penyakit ini bisa menular saat mikroorganisme yang menyebabkan penyakit masuk ke sumber air yang digunakan orang untuk keperluan sehari-hari. Ada beberapa penyakit yang bisa ditularkan melalui air dan agen penyebabnya.

**Tabel 1. Penyakit Bawaan Air (*Waterbone Disease*) dan Agennya**

<b>Agen</b>	<b>Penyakit</b>
<b><i>Virus</i></b>	
Rotavirus	Diare pada anak
Virus Hepatitis A	Hepatitis A
Virus Poliomyelitis	Polio (myelitis anterior acuta)
<b><i>Bakteri</i></b>	
Vibrio cholerae	Cholera
Escherichia coli	Diare/Dysenterie
Enteropatogenik	
Salmonella typhi	Typhus abdominalis
Salmonella paratyphi	Paratyphus
Shigella dysenteriae	Dysenterie
<b><i>Protozoa</i></b>	
Entamuba histolytica	Dysenterie amoeba
Balantidia coli	Balantidiasis
Giarda lamblia	Giardiasis
<b><i>Metazoa</i></b>	

Ascaris lumbricoides	Ascariasis
Clonorchis sinensis	Clonorshiasis
Diphyllobothrium latum	Diphylobothriasis
Taenia saginata/solium	Taeniasis
Schistosoma	Schistosomiasis

*Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, 2004*

Efek negatif dari limbah cair dapat menyebabkan terganggunya kesehatan manusia dikarenakan adanya kandungan sifat toksik didalam air limbah. Efek yang dapat di timbulkan yaitu.

Efek akut yang disebabkan dari air limbah tersebut, yaitu;

1. Kerusakan susunan saraf;
2. Kerusakan sistem pencernaan;
3. Kerusakan sistem neorologis;
4. Kerusakan sistem pernapasan;
5. Kerusakan pada kulit.

Adapun untuk efek kronis yang disebabkan dari air limbah tersebut, yaitu:

1. Efek karsinogenik (menimbulkan kanker);
2. Efek mutagenik (mutasi gen/kromosom);
3. Efek teratogenik dan kerusakan sistem reproduksi.

Penyakit ini tidak hanya membebani masyarakat dalam hal kesakitan, kematian dan harapan hidup, namun juga menjadi penghambat kemajuan sosial dan ekonomi.

#### b) Penurunan Kualitas Lingkungan

Air limbah yang tidak dikelola dan langsung dibuang ke badan sungai dapat menyebabkan pencemaran. Jika bahan organik yang terkandung dalam air limbah langsung dibuang ke sungai, maka jumlah oksigen terlarut di sungai dapat berkurang. Dengan demikian, makhluk hidup di dalam air yang membutuhkan oksigen mengalami gangguan karena kematian bakteri, yang menghambat perkembangannya, dan mengganggu proses alami penyaringan air limbah. Mirip dengan air limbah industri, air limbah panas dapat menyebabkan kematian organisme hidup, dan limbah yang tidak didinginkan dapat menyerap ke dalam air tanah dan menyebabkan pencemaran air tanah. Apabila air sudah tercemar maka kualitas air tanah menjadi tidak sesuai dan tidak dapat dimanfaatkan.

#### c) Gangguan Terhadap Keindahan

Ada beberapa air limbah tidak berbahaya namun dapat mengganggu keindahan. Yaitu air limbah yang memiliki gas berbau ketika terurai. Jenis limbah ini apabila mencemari air maka akan mengakibatkan buruknya badan air tersebut. Semakin banyak bahan organik yang memasuki perairan, tingkat pencemarannya akan meningkat, mengakibatkan bau yang tidak sedap dan merusak keindahan lingkungan. Air limbah mengandung minyak dan lemak bisa membuat area sekitar lingkungan menjadi licin, sedangkan air limbah seperti deterjen dan sabun dapat menyebabkan terbentuknya busa dalam jumlah besar dan mempengaruhi keestetikan lingkungan.

d) Gangguan Terhadap Kerusakan Benda

Beberapa air limbah mengandung senyawa yang dapat diubah oleh bakteri anaerob menjadi gas berbahaya seperti  $H_2S$ . Gas ini dapat mempercepat korosi pada benda-benda besi seperti pipa saluran pembuangan. Oleh karena itu, dampaknya terhadap biaya pemeliharaan pun semakin besar.

## 2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah

### 2.2.1 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri PUPR Nomor 04/PRT/M/2017 tentang pengelolaan air limbah, pengelolaan air limbah terbagi menjadi dua sistem, yaitu Sistem Pengelolaan Air Limbah Setempat (*on site system*) dan Sistem Pengelolaan Air Limbah Terpusat (*off site system*). Pengelolaan air limbah domestik dibagi menjadi dua macam berdasarkan tempat pengolahannya, yaitu (Soewondo, 2019);

a. Sistem Pengelolaan Terpusat (*Off Site System*)

Yaitu metode pengelolaan air limbah dimana air limbah dari seluruh area pengelolaan limbah dikumpulkan terlebih dahulu melalui jaringan pipa kemudian dialirkan menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

b. Sistem Pengelolaan Setempat (*On Site System*)

Sistem pengelolaan setempat adalah sistem pengolahan air limbah domestik yang pengelolaannya dapat dilakukan langsung di lokasi tanpa dilakukannya pendistribusian terlebih dahulu. Pengolahan ini biasanya dilakukan pada septic tank atau modifikasi septic tank dengan bidang resapan atau lainnya. Lumpur yang dihasilkan kemudian dikeringkan

secara berkala, dan kemudian diolah di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).

Perbedaan antara sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat dan setempat adalah sebagai berikut (Soewondo, 2019):

#### Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T):

- 1) Lokasi Pengolahan: Pengolahan air limbah dilakukan pada instalasi pengolahan limbah air terpusat setelah air limbah dikumpulkan melalui jaringan perpipaan.
- 2) Cakupan: Melayani kelompok rumah tangga atau MCK umum.
- 3) Infrastruktur: Termasuk jaringan perpipaan, instalasi pengolahan air limbah terpusat (IPALT), dan fasilitas sistem komunal.
- 4) Keuntungan: Lebih nyaman pelayanannya, air limbah domestik dapat di tamping seluruhnya, mencegah polusi, cocok untuk area kepadatan yang tinggi, dan mempunyai masa pakai yang relatif lama.

#### Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S):

- 1) Lokasi Pengolahan: Pengolahan air limbah dilakukan di tempat asalnya, dengan lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan diangkut ke sub-sistem pengolahan lumpur tinja.
- 2) Komponen: Terdiri dari sub-sistem pengolahan air limbah di tempat, pengangkutan limbah, dan pengolahan lumpur tinja.
- 3) Teknologi: Umumnya menggunakan tangki septik untuk individu atau komunal.
- 4) Keuntungan: Lebih cocok untuk daerah spesifik seperti daerah pasang surut, kepulauan, pantai; lebih fleksibel dalam kapasitas pengolahan;

memungkinkan pengolahan biologis; dan dapat dilakukan secara desentralisasi

Dapat disimpulkan bahwa perbedaan utama antara kedua sistem tersebut yakni terletak pada lokasi pengolahan air limbah domestik tersebut. Dimana SPALD-S melakukan pengolahan dilokasi sumbernya langsung, sedangkan SPALD-T melibatkan instalasi pengolahan terpusat setelah proses pelayanan dan pengumpulan air limbah.

### **2.2.2 Jenis-jenis Pengolahan Air Limbah**

Tujuan utama dari pengolahan air limbah dengan kedua sistem pengelolaan tersebut adalah untuk mengurangi kandungan seperti COD, BOD, partikel tercampur, dan menghilangkan organisme patogen. Selain itu, diperlukan pengolahan tambahan untuk menghilangkan komponen beracun dan zat yang sulit terdegradasi. Terdapat beberapa jenis pengolahan air limbah, sebagai berikut:

a. Pengolahan fisika

Proses pengolahan air limbah secara fisika mencakup penyaringan dengan memanfaatkan pemisahan berdasarkan gaya gravitasi. Prinsip utamanya screening, filtrasi dan sieving. Yang kedua yaitu menggunakan gaya gravitasi (sedimentasi, flotasi, dan sentrifugasi).

b. Pengolahan kimia

Proses pengelolaan kimia umumnya diterapkan dalam instalasi pengolahan air limbah dan air minum. Proses ini digunakan untuk menetralkan limbah yang bersifat asam dan basa, meningkatkan proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang tidak larut, mengurangi

konsentrasi minyak dan lemak, meningkatkan efisiensi peralatan flotasi dan filtrasi, serta mengoksidasi pewarna dan bahan beracun.

Keuntungan dari proses pengolahan kimia ini yaitu karena kemampuannya dapat mengolah sebagian besar kontaminan anorganik tetap stabil terhadap pengaruh zat beracun atau beracun, tidak tergantung pada perubahan konsentrasi. Namun, pengolahan kimia bisa meningkatkan salinitas dalam air limbah dan meningkatkan jumlah lumpur.

c. Pengolahan biologis

Proses biologis merupakan tahapan pengolahan air limbah yang menggunakan aktivitas hidup mikroorganisme untuk menghilangkan kontaminan. Pengolahan air limbah biologis menjanjikan pemanfaatan proses dekomposisi alami untuk memurnikan air sebelum dibuang ke lingkungan.

Pada umumnya proses pengelolaan biologis menjamin pengolahan air limbah yang terstruktur dan modern. Hal ini terkait dengan kebutuhan air yang perlu dipertahankan atau macam air limbah yang perlu olah. Tujuan dari pengolahan ini adalah untuk mengolah zat organik menjadi bentuk yang lebih aman, seperti dalam proses nitrifikasi yang terjadi karena keberadaan senyawa nitrogen dioksida.

### **2.2.3 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan suatu cara pengelolaan air limbah secara terpusat dengan tujuan untuk memastikan limbah

cair domestik aman dan sesuai baku mutu apabila dikembalikan ke lingkungan. Air limbah dari instalasi pengolahan dapat dibuang di sumur filter atau sungai. Pabrik sistem ini dibangun untuk mencegah polusi limbah mencemari lingkungan (Almufid dan Rully Permadi, 2020). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah seperangkat peralatan dan perlengkapan yang bertujuan untuk mengolah cairan sisa produksi agar ketika dibuang ke lingkungan telah layak dan aman.

#### 2.2.4 Proses Pengolahan Air Limbah

Ketika kapasitas alam tidak lagi mampu menangani tingkat polutan di lingkungan, diperlukan pengolahan air limbah dengan rangkaian proses dan operasi untuk mengurangi dan mengurai kandungan bahan pencemar sehingga menghasilkan air limbah yang memenuhi standar keamanan dan kualitas yang telah ditetapkan untuk dibuang ke lingkungan. Biasanya pengolahan air limbah dilakukan menggunakan peralatan yang terdapat di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau *Waste Water Treatment Plant* (WWTP). Proses pengolahan di IPAL umumnya terdiri dari beberapa tahap, yaitu pengolahan primer (*Primary treatment*), pengolahan sekunder (*Secondary treatment*), dan pengolahan lanjutan (*Tertiary treatment*). (Sumantri, 2015).

##### a. Pengolahan Pertama (*Primary treatment*)

Pengolahan pertama (*primary treatment*) bertujuan untuk secara fisik memisahkan padatan dari air limbah dengan mengalirkan air limbah melalui saringan (*filter*) dan/atau bak sedimentasi (*sedimentation tank*).

##### 1) Penyaringan (*Filtration*)

Tujuan filtrasi pada proses pengolahan pertama adalah untuk mereduksi padatan tercampur, partikel koloid dan lumpur dari air limbah. Hal ini diperlukan karena polutan (padatan, campuran lumpur, partikel koloid) menyebabkan terjadinya sedimentasi pada air penerima. Kontaminan ini juga dapat merusak peralatan pengolahan air limbah seperti pompa dan mengurangi efisiensi fasilitas pengolahan lainnya. Berbagai alat filtrasi yang biasa digunakan pada instalasi pengolahan limbah digunakan yaitu saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan pasir multimedia, *percol filter*, *mikrostraining*, dan *vacuum filter*.

## 2) Pengendapan (*Sedimentation*)

Pengendapan terjadi karena kondisi yang sangat tenang. Tahapan ini membantu mengurangi kebutuhan oksigen dalam proses pengolahan biologis selanjutnya. Secara umum, pengendapan gravitasi digunakan dalam pengelolaan air limbah. Pengendapan dengan cara gravitasi merupakan proses dalam pemisahan partikel oleh gaya gravitasi sehingga menyebabkan partikel-partikel tersebut mengendap ke bagian paling bawah wadah/bak sedimentasi.

Tujuan dari tangki pengendapan ini adalah untuk menghilangkan padatan tercampur dan menyamakan tingkat kekentalan air limbah. Lama waktu yang diperlukan pada proses pengendapan air limbah disebut dengan waktu tinggal. Kekurangan dari sistem pengendapan ini adalah efisiensinya yang masih rendah karena air limbah belum terolah sepenuhnya yaitu hanya sekitar 15-35%, sehingga pengendapan ini

digunakan sebagai pengolahan air limbah pertama dan masih diperlukan pengolahan air limbah selanjutnya.

b. Pengolahan Kedua (*Secondary treatment*)

Tujuan dari pengolahan kedua (*secondary treatment*) pada proses pengolahan air limbah adalah untuk mengentalkan dan menghilangkan koloid dalam air limbah serta menstabilkan bahan organik. Namun untuk air limbah domestik memiliki tujuan khusus yaitu untuk dapat mengurangi bahan organik serta menghilangkan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor. Proses penguraian bahan organik pada air limbah dilakukan secara aerobik atau anaerobik oleh mikroorganisme.

1) Proses Aerobik

Penguraian bahan organik dalam proses aerobik oleh mikroorganisme terjadi ketika oksigen berfungsi sebagai penerima elektron dalam air limbah. Pengolahan aerobik umumnya melibatkan penggunaan lumpur aktif yang mengandung banyak bakteri pengurai. Lumpur aktif disebut juga MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*). Proses aerobik ini melibatkan dua proses penting yaitu proses penyediaan oksigen dan pertumbuhan bakteri.

Dalam proses pertumbuhannya, bakteri terus berkembang biak secara konstan jika ada cukup sumber makanan. Awalnya, bakteri mengalami fase lambat dalam pertumbuhannya karena adaptasi terhadap kondisi baru dalam air limbah (*lag phase*). Setelah beberapa jam, bakteri mulai tumbuh dan berkembang dengan cepat (*fase akselerasi*). Jika tahap ini berlanjut maka dapat menimbulkan

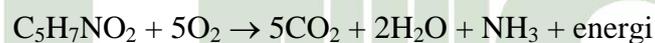
ketidakseimbangan antara bakteri dan makanannya (*declining growth phase*) yang akan menyebabkan makanan tidak tersedia serta bakteri yang mati akan terus bertambah hingga tercapailah kondisi seimbang antara bakteri yang tumbuh dan mati (*stationary phase*). Ketika ketersediaan jumlah makanan tidak tersedia digunakan, maka bakteri yang mati terus meningkat (*endogenous phase*).

Konversi stoikiometri dengan bakteri yang terjadi dalam proses aerobik yaitu:

- a) Proses oksidasi dan sintesa



- b) Endogenous respiration



Dalam konteks penambahan oksigen ke dalam air limbah, ada dua metode yang umum digunakan, yaitu:

- a) Memasukkan udara kedalam air limbah

Memasukkan udara ke dalam air limbah umumnya dilakukan melalui pompa bertekanan dari *porouz* atau *nozzle*. Semakin baik kemampuan larut oksigen, maka besar pula kemungkinan terjadinya kontak antara lumpur aktif dan bahan organik pada air limbah.

- b) Memaksa air keatas untuk berkontak dengan oksigen

Dalam proses ini pemutaran baling-baling dilakukan (*aerator*) yang ditempatkan pada permukaan air limbah. Dampak yang terjadi pada proses ini yaitu terangkatnya langsung air limbah keatas dengan

udara. Jika terdapat senyawa nitrat organik pada air limbah, maka hasil *effluent/output* akan terjadi penurunan pada derajat keasaman (pH) dan mengandung nitrat.

## 2) Proses Anaerobik

Berbeda dengan proses aerobik, pada proses anaerobik penguraian bahan organik tidak bergantung pada keberadaan oksigen. Proses akhir anaerobik ini berbentuk biogas (campuran karbon dioksida dan metana). Penggunaan proses anaerobik dalam instalasi pengolahan air limbah (IPAL) digunakan untuk mengendapkan lumpur pada air limbah.

## c. Pengolahan Ketiga (*Tertiary treatment*)

Pengolahan ketiga (*tertiary treatment*) adalah tahapan lanjutan dari pengolahan kedua (*secondary treatment*). Tujuan dari tahapan pengolahan ini adalah untuk menghilangkan unsur hara, terutama nitrat dan fosfat, dari air limbah. Pada tahap ini, umumnya dilakukan dengan menambahkan klorin ke dalam air limbah untuk menghilangkan mikroorganisme patogen yang ada.

## 2.3 Baku Mutu Air Limbah

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, baku mutu air limbah merupakan batasan untuk unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang diperbolehkan dalam air limbah yang dibuang ke sumber air dari suatu kegiatan atau usaha.

**Tabel 2. Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016**

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
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/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

#### 2.4 Efektivitas

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kata ‘efektif’ berarti efek atau potensi untuk menghasilkan suatu hasil. Efektivitas mengacu pada penggunaan sarana, sumber daya, dan infrastruktur dalam jumlah yang telah ditetapkan secara sadar untuk menciptakan sejumlah barang atau jasa dari kegiatan yang dilakukan. Keberhasilan efektivitas diukur berdasarkan pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Semakin mendekati sasaran yang dituju, semakin tinggi efektivitasnya. (Siagian, 2018).

Menurut Mardiamo (2017), efektivitas merupakan ukuran berhasil tidaknya pelayanan yang dilaksanakan oleh suatu organisasi. Indikator efektivitas menunjukkan sejauh mana hasil dan dampak hasil (*outcome*) dalam mencapai

tujuan program. Semakin besar pelayanan yang diberikan atau sesuai dengan tujuan yang diinginkan maka akan semakin efektif pula proses kerja unit program.

Adapun teori yang dipakai dalam mengukur efektivitas organisasi adalah sebagai berikut;

a) Teori Efektivitas oleh Gibson, Donnely dan Ivancevich (1997)

Dalam teori ini diketahui bahwa dalam mengukur efektivitas diperlukannya pendekatan tujuan dan pendekatan sistem. Teori sistemik didasarkan pada asumsi bahwa suatu organisasi dinilai sebagai suatu sistem. Sistem adalah kumpulan komponen yang saling terkait dan saling bergantung satu sama lain dalam upaya mencapai tujuan yang serupa. Menurut Gibson, teori sistem pada efektivitas menekankan pada inti input→proses→output untuk dapat beradaptasi dengan lingkungan yang lebih besar.

b) Teori Efektivitas oleh Robbin (1999)

Dalam teori ini untuk mengukur suatu efektivitas diperlukannya pendekatan sistem. Pendekatan sistem yang dimaksud yaitu mendeskripsikan bahwa sebuah organisasi mendapatkan masukan (input), kemudian melakukan suatu proses atau kegiatan transformasi, dan menghasilkan suatu bentuk keluaran (output). Input merupakan suatu sumber yang diubah menjadi output, sedangkan output adalah hasil akhir yang dihasilkan oleh suatu organisasi.

Efektivitas pengolahan air limbah merupakan usaha untuk meningkatkan atau mengurangi konsentrasi suatu parameter yang dipantau sebelum dan setelah proses pengolahan, yang kemudian diukur dalam bentuk nilai efisiensi sebagai persentase (%). Rumus untuk menghitung efektivitas pengolahan air limbah menurut Metcalf & Eddy (2003) adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{S_i - S_o}{S_i} \times 100\%$$

Keterangan :

E = Efektivitas pengolahan air limbah(%)

$S_i$  = Konsentrasi inlet (mg/L)

$S_o$  = Konsentrasi outlet (mg/L)

Kriteria efektivitas pada unit atau instalasi pengolahan air limbah menurut Soeparman dan Suparmin (2002) disajikan dengan persentase penilaian yakni;

- a) Sangat efektif =  $x > 80\%$
- b) Efektif =  $60\% < x \leq 80\%$
- c) Cukup Efektif =  $40\% < x \leq 60\%$
- d) Kurang Efektif =  $20\% < x \leq 40\%$
- e) Tidak Efektif =  $x \leq 20\%$

## 2.5 Integrasi Keislaman

Perlindungan terhadap kelestarian lingkungan sangat diperhatikan dalam ajaran agama Islam karna sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan kehidupan di dunia. Perlindungan terhadap lingkungan hidup mencakup beberapa aspek seperti memperhatikan kesehatan lingkungan hidup, dan menghindarkannya dari

berbagai bahan pencemar. Hal ini merupakan salah satu usaha dalam rangka menyelamatkan manusia dari sebuah kehancuran. Di dalam Al-Quran telah dijelaskan bahwa setiap manusia diwajibkan untuk menjaga kelangsungan kehidupannya dan kehidupan makhluk lain di muka bumi. Dan hendaknya untuk selalu menjaga dan melestarikan lingkungan agar tidak terjadinya kerusakan.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : *"Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan."* (QS. Al-A'raf : 56)

Dalam tafsir Al-Misbah, diketahui bahwa berbuat kerusakan merupakan salah satu bentuk pelampauan batas. Pertanggung jawaban terhadap pelestarian lingkungan hidup timbul dari diri seseorang berbentuk pemikiran bahwa lingkungan harus terus dilestarikan. Allah SWT telah menciptakan alam semesta dengan baik dan memerintahkan untuk menjaga atau memperbaikinya. Namun, kini kerusakan terjadi pada lingkungan dan juga banyaknya polusi yang tidak terkendali dapat menyebabkan timbulnya suatu penyakit (Begyani, 2022).

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : *"Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)."* (QS. Ar-Rum : 41)

Menurut penafsiran Jalalain, terlihat kerusakan di daratan karena berhentinya hujan dan penipisan tumbuhan, yang mengacu pada banyaknya negeri yang memiliki sungai tetapi kering karena ulah manusia (Khoerul, 2022).

Sampai saat ini limbah masih menjadi permasalahan yang ada di muka bumi. Banyaknya limbah yang dibuang tanpa melalui proses pengolahan menyebabkan pencemaran yang mengganggu hingga mengancam kesehatan pada lingkungan, seperti halnya pencemaran pada air.

Air merupakan suatu kebutuhan pokok manusia. Seluruh kegiatan manusia membutuhkan air. Karena pentingnya air bagi kelangsungan hidup manusia. Allah memberikan limpahan air yang melimpah. Hampir 4/5 dari permukaan bumi terisi oleh air dan sisanya adalah tanah/daratan. Makhluk hidup di muka bumi tidak dapat bertahan hidup tanpa adanya air, bahkan segala yang hidup mulanya diciptakan dari air oleh Allah SWT.

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ۖ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

Artinya : *"Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulu menyatu kemudian Kami pisahkan antara keduanya; dan Kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman?"* (QS. Al-Anbiya : 30)

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ مِنَ الْمَاءِ بَشَرًا فَجَعَلَهُ نَسَبًا وَصِهْرًا ۗ وَكَانَ رَبُّكَ قَدِيرًا

Artinya : "*Dan Dia (pula) yang menciptakan manusia dari air, lalu Dia jadikan manusia itu (mempunyai) keturunan dan musaharah dan Tuhanmu adalah Maha Kuasa.*" (QS. Al-Furqan : 54)

Dalam tafsir Jalalain disebutkan bahwa air adalah sumber kehidupan yang memungkinkan pertumbuhan tumbuhan yang sebelumnya tidak dapat tumbuh. Air dari langit dan mata air bumi dijadikan Allah untuk memberi kehidupan kepada semua makhluk hidup.

Dari beberapa firman Allah SWT diatas dapat kita pahami bahwa air merupakan suatu karunia yang begitu besar yang diberikan oleh Allah SWT. Hendaknya kita menjaga kualitas air agar tidak terpapar dengan bahan-bahan pencemar dan berbahaya yang bisa merusak dan mengubah kesucian dari pada air tersebut. Walaupun kini banyak permasalahan yang menyebabkan air menjadi tercemar, salah satunya pembuangan air limbah serta kotoran manusia yang langsung dibuang ke aliran sungai sehingga berdampak pada penurunan kualitas air tersebut. Hingga membuat air tidak bisa dipakai sebagaimana mestinya.

Oleh karena itu, seluruh limbah baik yang berbentuk cair, padat, maupun gas sebelum di buang harus diolah terlebih dulu. Begitu pula dengan air limbah, pengolahan air limbah bekerja dengan mengubah air yang terkontaminasi menjadi air yang bebas dari kontaminan lingkungan. Pengolahan air limbah melalui instalasi pengolahan air limbah (IPAL) merupakan upaya mencegah kerusakan lingkungan, sejalan dengan perspektif Islam.

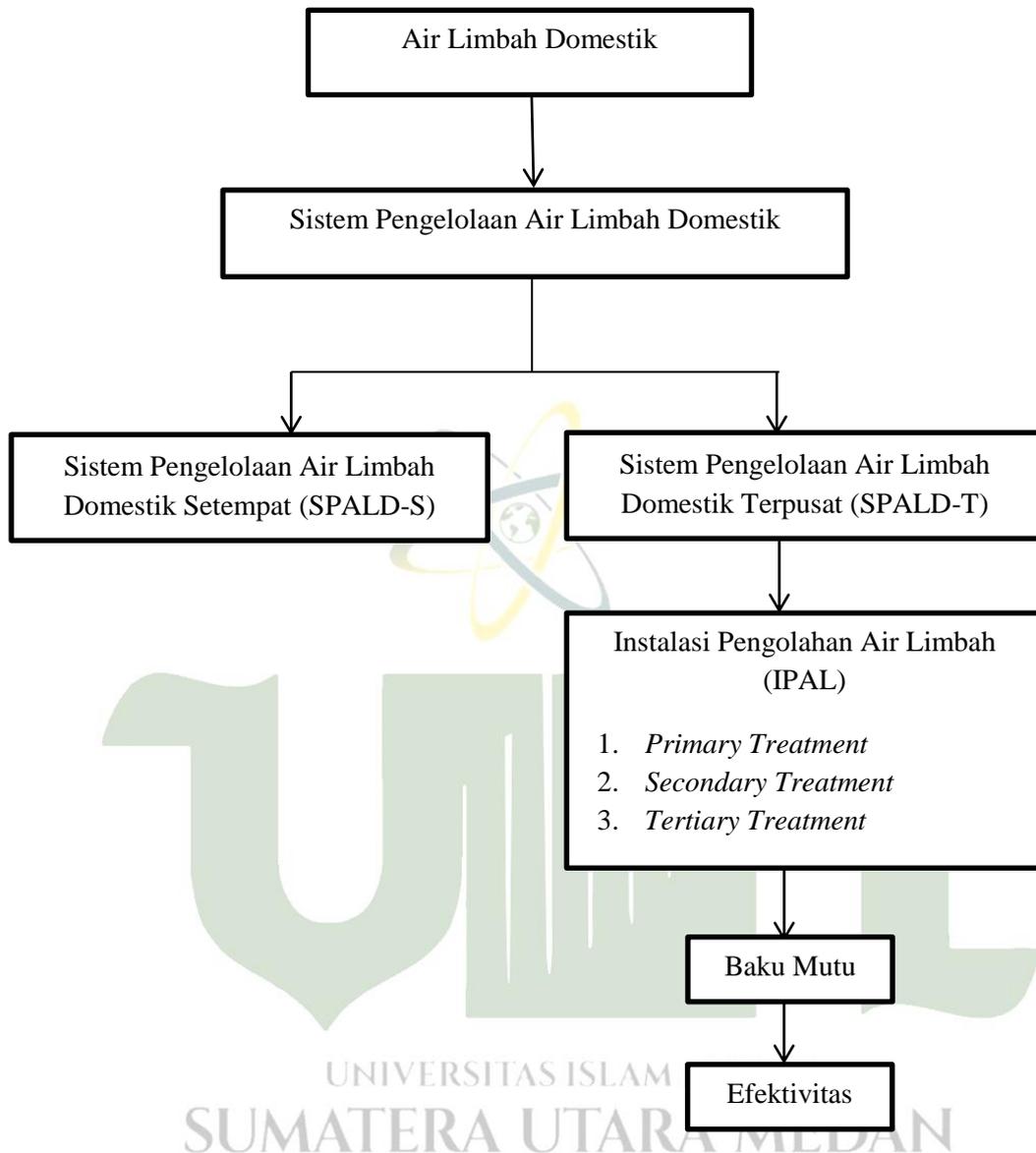
وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا  
تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya : “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan” (QS: Al-Qashash : 77).



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUMATERA UTARA MEDAN

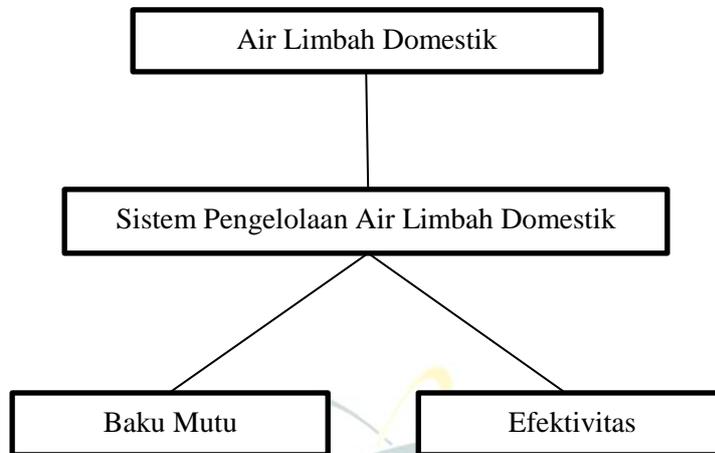
## 2.6 Kerangka Teori



**Gambar 2. Kerangka Teori**

Permen PUPR (2017), Sumantri (2015), Soeparman dan Suparmin (2002)

## 2.7 Kerangka Konsep



**Gambar 3. Kerangka Konsep**

## 2.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam kualitas air limbah sebelum dan sesudah diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).