

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair Domestik**

Limbah merupakan sisa bahan yang tidak diperlukan lagi dari suatu produksi ataupun kegiatan. Limbah dapat mencemari lingkungan dan tidak bernilai serta berdaya guna. Limbah terbagi menjadi limbah padat dan limbah cair. Limbah cair merupakan air yang telah digunakan dan mengandung pencemar berupa senyawa organik dan anorganik. Air limbah memiliki kuantitas lebih besar dengan bermacam kandungan pencemar, misalnya minyak, alkohol, fenol, pewarna sintetis, serta logam berat. (Sri Martini dkk., 2020).

Air yang berasal dari kamar mandi, dapur, tempat cuci pakaian merupakan air limbah domestik. Dalam mengolah air limbah domestik dapat menggunakan metode biologi dan biasanya air limbah domestik mengandung komponen pencemar organik yang cukup tinggi (Sulistia dan Alifya, 2019). Kandungan yang terdapat didalam air limbah domestik adalah zat padat sebesar 0,1% dan air sebesar 99,9%. Zat padat pada limbah cair domestic terdiri dari protein sebesar 85%, karbohidrat sebesar 25%, lemak sebesar 10% dan bahan sisanya terdiri dari unsur anorganik seperti logam, garam, dan butiran pasir (Zahidah dan Maya, 2013).

Air limbah domestik dibagi menjadi dua kategori yaitu *black water* dan *gray water*. Limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga seperti mandi, mencuci baju dan pakaian merupakan *gray water*. Limbah yang berasal dari pembuangan biologis seperti tempat buang air yang berupa tinja manusia atau seperti biologis dan cairan lainnya merupakan *black water*. *Black water* berupa tinja biasanya beberapa penduduk menggunakan *septic tank* untuk membuang tinja tersebut sedangkan pada *gray water* pembuangan langsung ke sungai (Nainggolan dkk., 2018).

## 2.2 Parameter Fisik Kualitas Air

Dalam menentukan kualitas air limbah memiliki beberapa parameter yang dapat digunakan sebagai berikut.

### a. Padatan

Padatan dengan berbagai ukuran dari kasar hingga bersifat koloid dapat ditemukan dalam air limbah. Sebelum melakukan analisa padatan kasar harus dihilangkan terlebih dahulu (Binilang dan Fuad, 2016). Zat padat yang terkandung di dalam air limbah seperti koloid hingga bahan kasar. Sebelum melakukan analisa pada limbah zat padat harus dihilangkan (Fathul, 2016).

### b. Bau

Air limbah memiliki ciri khas seperti bau yang membusuk. Adanya zat yang mudah menguap, gas terlarut, dan produk sampingan dari bahan organik yang membusuk inilah yang menyebabkan air limbah terurai. Hidrogen sulfida merupakan salah satu penghasil gas yang dapat ditemukan pada air limbah yang dapat menyebabkan bau khas air limbah (Binilang dan Fuad, 2016). Dengan adanya tambahan bahan kimia pada air limbah akan menyebabkan air limbah memiliki aroma yang tidak sedap (Metcalf dan Eddy, 2003).

### c. Warna

Pada dasarnya air limbah tidak memiliki warna namun biasanya berwarna abu-abu. Air limbah dapat berubah menjadi warna hitam dengan meningkatnya waktu dan kondisi pada anaerob (Metcalf dan Eddy, 2003). Benda atau partikel asing sering mewarnai air bersih. Senyawa organik dan algae biasanya menyebabkan air limbah menjadi berwarna (Binilang dan Fuad, 2016).

### d. Kekeruhan

Pencahayaannya dapat dibatasi dengan adanya kekeruhan (Metcalf dan Eddy, 2003). Zat-zat yang terurai menjadi bahan organik, benda mengambang, bahan koloid yang mengambang yang menyebabkan

terjadinya kekeruhan. Zat yang tersuspensi tidak semua dapat dihubungkan dengan kekeruhan karena bentuk butir dan ukuran bergantung juga pada kekeruhan (Binilang dan Fuad, 2016). Kekeruhan dapat disebabkan oleh partikel-partikel yang terkandung didalam air serta beberapa mineral, ukuran dari partikel dapat sebesar 0,2 hingga 0,5 u, dan apabila dibiarkan dapat mengendap dengan waktu yang lama (Ida dan Gunarti, 2015).

### 2.3 Parameter Kimia Kualitas Air

Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas air yaitu sebagai berikut.

a. *COD (Chemical Oxygen Demand)*

Untuk menentukan indikator baik buruknya suatu air limbah kerap kali digunakan COD sebagai salah satu pengukurannya. COD atau Chemical Oxygen Demand adalah jumlah oksigen yang setara dengan kandungan bahan organik pada suatu sample yang membutuhkan oksidasi dari oksidan kimia (Hifdillah dkk., 2021). COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organik yang ada di dalam air (Boyd, 1990).

Bahan organik dalam air limbah sengaja diurai oleh bahan kimia dalam bentuk zat pengoksidasi kuat kalium bikromat dalam kondisi asam dan panas dengan panas dengan katalis perak sulfat, jadi kebanyakan bahan organik akan teroksidasi. Kemudian perbedaan antara BOD dan COD akan menunjukkan banyaknya bahan organik yang sulit terurai dalam air limbah. Nilai BOD akan sama dengan COD, tetapi nilai BOD tidak akan melebihi nilai COD itu sendiri, karena COD adalah total semua bahan organik yang ada (Wa Atima, 2015).

b. *BOD (Biochemical Oxygen Demand)*

BOD merupakan tingkat atau ukuran dari kandungan bahan organik yang dapat terurai di dalam air. BOD dapat ditentukan secara konvensional dengan melakukan pengukuran konsentrasi oksigen terlarut pada air selama 5 hingga 7 hari sebelum dan sesudah inkubasi dengan suhu 20°C

(Hifdillah dkk., 2021). BOD didefinisikan sebagai jumlah keseluruhan oksigen terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk mengurai bahan organik pada kondisi aerob (Umaly dan Cuvin, 1988).

BOD adalah total keseluruhan oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme pada perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat terurai dengan ukuran mg/liter air limbah (Mays, 1996). Nilai BOD menyatakan total adanya oksigen atau banyaknya bahan organik yang dapat dengan mudah dapat terurai (biodegradable organics) pada suatu perairan (Wa Atima, 2015). Air dengan kadar BOD tinggi berarti bahwa tingginya bahan pencemar yang terkandung pada air terutama oleh bahan organik (Maria dkk., 2021).

c. pH

Derajat keasaman (pH) merupakan intensitas keasaman atau alkalinitas pada suatu cairan yang encer dan akan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. pH adalah salah satu parameter untuk menentukan kualitas air karena nilai pH merupakan pengaruh dari proses kimiawi dan biologi kandungan yang terdapat di dalamnya. pH pada prinsipnya dapat mengontrol keseimbangan proporsi kandungan antara karbondioksida dengan karbonat dan bikarbonat (Hasrianti dan Nurasia, 2016).

Air dengan pH yang asam atau nilai pH rendah memiliki sifat yang korosif, kandungan dari sulfur dan nitrat yang tinggi pada air dengan pH yang asam dapat menurunkan pertumbuhan tanaman (Lacoma 2018). Selain itu, pH asam pada air yang sangat rendah dapat menimbulkan kematian pada biota air (Andria dan Rahmaningsih, 2018).

## **2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik**

Metode pengolahan air limbah di suatu wilayah menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). IPAL dapat digunakan di dalam industri, rumah sakit, rumah tangga, perkantoran. Sebelum dialirkan ke perairan atau saluran umum, pengolahan air limbah harus dilakukan. Hal ini memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan sesuai baku mutu dan aman jika dibuang ke lingkungan.

Adapun instalasi pengolahan air limbah domestik sebagai berikut (Sulistia dan Aliya, 2019):

#### 2.4.1 Biofilter An-Aerob dan Aerob

Biofilter dapat secara efektif menghilangkan partikel tersuspensi dan dapat digunakan pada air limbah dengan BOD tinggi (Amri dan Wesen, 2015). Dalam proses biofilter di dalam reaktor terdapat media penyangga yang digunakan untuk mikroorganismenya dapat berkembang biak baik dengan aerasi atau tanpa menggunakan aerasi (Hadiwidodo dkk, 2012).



**Gambar 2.1** Biofilter anaerob dan aerob

Prinsip dalam biofilter adalah biofiltrasi. Struktur biofiltrasi seperti filter serta terdiri dari beberapa media penyangga yang ditumpuk dan disusun secara acak maupun teratur. Biofilm terbentuk di permukaan pada media penyangga. Bentuk pada biofilm adalah lapisan tipis. Media penyangga memiliki fungsi untuk mikroorganismenya dapat tumbuh.

Biofilter anaerob prosesnya tanpa pemberian udara atau oksigen (Filliazati dkk, 2013). Proses anaerob menggunakan bakteri anaerob yang tidak menggunakan oksigen dan bahan organik mampu terurai (Apelabi dkk, 2021). Proses biologi yang menggunakan bakteri anaerob tidak memerlukan oksigen dan dapat dipengaruhi oleh pH serta temperatur di sekitar. Pada penguraian anaerob, senyawa anorganik diuraikan dan penguraian dilakukan secara perlahan-lahan. Bakteri memiliki aktivitas di dalam tahapannya disebut proses degradasi anaerobik. Degradasi anaerobik dimulai dengan proses hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis (Khusnul dan Putu, 2015).

Reaktor yang dikenal sebagai biofilter aerob dibuat berdasarkan teori bahwa bakteri dapat berkembangbiak dan biofilm dapat terbentuk di dalam media (Pramita et al, 2020). Jika terdapat udara sebagai sumber pada proses aerob maka bahan organik mampu terurai dengan adanya bakteri aerob (Apelabi et al, 2021).

Pada biofilter anaerob memiliki keuntungan seperti menghasilkan gas metana, nutrisi yang dibutuhkan sangat rendah dan hasil lumpur sangat rendah. Pada biofilter aerob memiliki keuntungan seperti bau pada air limbah dapat hilang dan air limbah yang keluar menjadi jernih sedangkan kekurangan pada proses ini seperti hasil lumpur sangat banyak dan pada saat melakukan aerasi sangat butuh energi. Biofilter anaerob dan aerob juga dapat menurunkan COD, BOD, SS, dan lain-lain serta proses operasi pengolahannya sangat mudah. Kekurangan biofilter anaerob dan aerob adalah dalam pengolahan air limbah yang besar sangat belum cukup (Prayitno, 2011).

**Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu Terkait Biofilter An-Aerob Aerob

| Nama                              | Judul   | Variasi                      | Hasil  |
|-----------------------------------|---|------------------------------|--|
| Casban dan Ariya Purnamasari Dewi | <i>Analisis Efektivitas Teknologi Proses Biologis Anaerob-Aerob Dengan Menggunakan Moving Bed System Contact Media Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Di Perkantoran</i> | Waktu tinggal anerob 1 bulan | Hasil efektivitas parameter pH 100%, BOD sebesar 84,61 %, COD sebesar 84,61 %, TSS sebesar 92,3 %, minyak & lemak sebesar 92,31 %. |

|   |   |                                       |   |
|---|---|---------------------------------------|---|
| Miftah Hurrehman, Aji Ali Akbar, dan Muhammad Sofwan Anwari           | <i>Evaluasi Efektivitas Pengolahan Air Limbah Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik</i>   | Waktu tinggal 5 jam, 7 jam, dan 9 jam | Penurunan paling besar dengan waktu tinggal 9 jam dengan efisiensi BOD, COD, dan TSS adalah 74.83%, 80.83%, dan 62.21%.   |
| Khalidah Nurul Azmi, Irma Gusniani Danumihardja, dan Nusa Idaman Said | <i>Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Biofilter Aerobik Media Plastik Sarang Tawon Dan Biofilter Media Kerikil Dengan Aliran Ke Atas</i> | Waktu tinggal di 24 jam dan 36 jam    | Dengan waktu tinggal 36 jam dan 24 jam efisiensi penyisihan COD mencapai 76,68 % dan 82,22%. Efisiensi penyisihan TSS pada waktu tinggal 36 jam dan 24 jam mencapai 85,04% dan 90,66%%, efisiensi penyisihan amoniak pada waktu tinggal 36 jam dan 24 jam mencapai 97,67% dan 89,56%. |

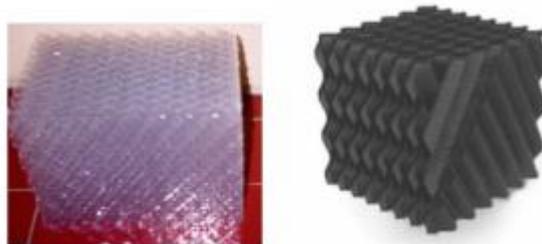
|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| Bernadette Nusye Parasmita, Wiharyanto Oktiawan, Mochtar Hadiwidodo <sup>3</sup> | <i>Studi Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penyisihan Parameter Bod5, Cod dan Tss Lindi Menggunakan Biofilter Secara Anaerob-Aerob (Studi Kasus: Tpa Ngronggo, Kota Salatiga, Jawa Tengah)</i> | Waktu tinggal 15 jam, 20 jam dan 25 jam untuk anaerob dan 7,5 jam, 12,5 jam dan 17,5 jam untuk aerob, serta 42,5 jam, 32,5 jam dan 22,5 jam untuk kombinasi anaerob-aerob | Pada proses pengolahan secara anaerob pada waktu tinggal maksimum yaitu 25 jam, didapat efisiensi penurunan BOD sebesar 45%, COD sebesar 18,90% dan TSS sebesar 22,69%. Kemudian pada reaktor aerob efisiensi penyisihan maksimum dengan waktu tinggal 17,5 jam untuk BOD5 adalah 38,46%, COD 12,71% dan TSS 21,74%. Selanjutnya untuk biofilter gabungan efisiensi BOD sebesar 65%, COD 29,21%, dan TSS 39,5%. |
| Masmulki Daniro Jyoti, Karim Abdullah, Dinar Maharani dan Eva                    | <i>Uji Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Cair: Metode Bak Anaerob Kombinasi Media Sarang Tawon dan Penyaring Berlapis</i>  | Waktu tinggal 5 hari  | Penelitian didapatkan hasil optimal untuk efisiensi penyisihan COD sebesar 68,33%, efisiensi penyisihan TSS sebesar 68,2%, efisiensi penyisihan minyak dan lemak sebesar 63,46%, efisiensi penyisihan kekeruhan sebesar   |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | 84,3%, dan pengolahan ini mampu mengembalikan pH air menjadi netral. |
|--|--|--|--|

#### 2.4.2 Bak Sedimentasi

Pengendapan padatan dalam proses penjernihan air pada air limbah adalah sedimentasi. Hal yang dapat diakibatkan pada proses sedimentasi adalah senyawa yang terlarut dalam air yang mempunyai lebih berat massa dibandingkan massa pada air sehingga zat akan mengendap dan memisah dari air. Koagulasi dapat digunakan dalam proses sedimentasi namun tanpa koagulasi proses pengendapan dapat terjadi secara langsung. Menurut prinsip sedimentasi dengan memanfaatkan gaya gravitasi sehingga padatan yang memiliki massa sangat besar dari air akan terletak dasar bak dan di atas padatan terletak air (Harmiyati, 2018). Lumpur aktif mampu terendapkan dengan bak sedimentasi (Arifudin dan Setiyono, 2019). Dapat juga dikatakan bahwa lumpur dan zat padat dapat terendapkan dengan cara gaya gravitasi sehingga air limbah akan mengalami pengendapan dalam bak sedimentasi (Sakti, 2019). Bak pengendap akhir berguna untuk mengendapkan sisa mikroba yang terbawa dan dalam bentuk lumpur aktif.

#### 2.5 Media Sarang Tawon



**Gambar 2.2** Media Sarang Tawon

Media sarang tawon adalah media terstruktur dari bahan plastik dengan volume rongga besar dan luas permukaan yang spesifik besar sehingga mikroorganisme dapat melekat dalam jumlah besar dan sangat kecil resiko

kebuntuan. Konstruksi media adalah lembaran dari bahan *polyvinyl chloride* (PVC). PVC merupakan resin murah dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan HDPE atau PP. Penyambungan lembaran-lembaran PVC dibentuk blok segi-empat. Media sarang tawon memiliki ketahanan terhadap ultraviolet, bakteri, asam dan basa, jamur yang terdapat pada air limbah (Sali dkk, 2018). Media sarang tawon dirancang khusus untuk pengolahan air limbah secara biologi. Media sarang tawon digunakan untuk menyaring limbah cair dengan memanfaatkan kelompok mikroba yang melekat pada media. Selanjutnya mikroba akan mengurai zat-zat organik yang ada pada limbah cair (Ronny, 2018).

## 2.6 Biofilm



**Gambar 2.3** Biofilm

Pengelompokan mikroba terutama bakteri yang menempel pada permukaan dan pelekat karbohidrat menutupi keluaran yang dilepaskan oleh bakteri adalah biofilm. Mikroorganisme mengembangkan lingkungan mereka sendiri sehingga membentuk biofilm. Biofilm dapat membantu menjaga sel agar tidak keluar dari permukaan pada saat sistemnya mengalir dan agar mikroba berkembang biofilm menjebak nutrisi tersebut, selain itu juga sebagai tempat nutrisi untuk pertumbuhan populasi mikroorganisme (Wulandari, 2014). Bakteri dapat dipastikan telah hidup dan berkembang dalam media jika membentuk lapisan lendir yang memiliki warna hitam kecoklatan dan sulit dipisahkan dari media. Dalam mendapatkan hasil stabil pada air limbah dibutuhkan dua minggu untuk mikroorganisme berkembang (Filliazati dkk, 2013).

## 2.7 Faktor yang Mempengaruhi Biofilter An-Aerob dan Aerob

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses biofilter anaerob dan aerob sebagai berikut.

### 1. Suhu

Selama proses pengolahan biofilter aerobik, suhu air limbah berkisar antara  $27,1^{\circ}\text{C}$  hingga  $31,3^{\circ}\text{C}$ . Dalam keadaan ini, mikroorganisme mesofilik menguraikan molekul organik pada suhu antara  $15^{\circ}\text{C}$  hingga  $55^{\circ}\text{C}$  dengan suhu terbaik sekitar  $25^{\circ}\text{C}$  hingga  $40^{\circ}\text{C}$ . Kenaikan suhu merupakan akibat aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik yang panas sebagai hasilnya. Suhu pada proses biofilter anaerob berkisar antara  $27^{\circ}\text{C}$  hingga  $44^{\circ}\text{C}$ . Suhu reaktor berdampak pada seberapa cepat mikroorganisme tumbuh. Dua rentang suhu di mana prosedur akan bekerja paling baik adalah termofilik dengan suhu  $55^{\circ}\text{C}$  hingga  $65^{\circ}\text{C}$  dan mesofilik dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  hingga  $40^{\circ}\text{C}$  (Apelabi dkk, 2021).

### 2. pH

Air limbah memiliki tingkat pH 6,5-7,4. Kisaran pH 6,5-8, merupakan kisaran yang menguntungkan untuk pengembangan bakteri dalam biofilter anaerob dan aerob (Apelabi dkk, 2021)

### 3. Waktu Tinggal

Lamanya perjalanan air limbah di dalam suatu reaktor diukur dengan waktu tinggalnya. Waktu tinggal yang sangat lama akan lebih banyak senyawa organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, air limbah harus bersentuhan dengan lapisan biofilm (Apelabi dkk, 2021).

### 4. Nutrien

Metabolisme bakteri membutuhkan nutrisi dan karbon. Fosfor serta nitrogen merupakan nutrisi yang sangat dibutuhkan. Komponen organik air limbah dikonsumsi oleh bakteri sebagai makanan. Perkembangbiakan bakteri sangat membutuhkan nutrisi yang banyak sehingga kandungan pada komponen organik sangat tinggi (Apelabi dkk, 2021).

## 5. Media Biofilter

Dalam suatu sistem pengolahan limbah, reaktor menggunakan mikroorganisme yang telah berkembangbiak dan menempel di dalam media. Media yang digunakan seperti media biofilter. Manfaat dari biofilter adalah menciptakan biofilm yang berfungsi sebagai habitat bakteri dan mencegahnya keluar bersama limbah. Proses aerob atau anaerobik dapat digunakan untuk pengolahan biologis dengan biofilter (Bernadette, dkk. 2013).

## 2.8 Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah mengukur jumlah bahan pencemar atau suatu kontaminasi yang dapat ditoleransi sebelum dilepaskan ke lingkungan perairan sebagai akibat dari suatu perusahaan atau kegiatan lainnya. Lampiran 1 peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.86/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang baku mutu air limbah domestik, sebagai berikut (Permen LHK Nomor 68, 2016. Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik):

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

| 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/100 mL | 3000           |
| Debit            | L/orang/hari  | 100            |

Sumber: PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016