

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik merupakan air limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga, seperti mandi, mencuci, dan memasak, serta penggunaan toilet (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016). Komponen utama dari air limbah domestik termasuk senyawa organik seperti karbohidrat, protein, dan lemak yang terkandung dalam parameter COD yang semuanya dapat berkontribusi pada proses degradasi biologis. Rasio BOD/COD air limbah domestik diketahui besar dari 0,5 (Prayatni & Nur, 2021), artinya air limbah ini bersifat *biodegradable* atau mudah didegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karenanya, proses pengolahan secara biologi cocok untuk diaplikasikan dalam pengolahan air limbah domestik (Tchobanoglous dkk., 2014). Salah satu teknologi pengolahan air limbah domestik yang banyak digunakan untuk skala permukiman adalah sistem kombinasi anoksik-aerobik (Pranoto dkk., 2019). Sistem ini memanfaatkan keunggulan mikroorganisme dalam dua kondisi lingkungan yang berbeda dalam mengurai kontaminan melalui proses metabolismenya (Jiang dkk., 2020).

Kombinasi proses anoksik-aerob dalam pengolahan air limbah memiliki beberapa keunggulan signifikan. Pertama, proses ini meningkatkan efisiensi degradasi bahan organik, karena tahap anoksik memungkinkan penguraian senyawa kompleks tanpa memerlukan oksigen, sedangkan tahap aerobik memfasilitasi degradasi yang lebih lanjut dengan oksigen (Jiang dkk., 2020). Kedua, metode ini dapat mengurangi produksi lumpur, yang sering menjadi masalah dalam sistem tradisional. (Jiang dkk., 2020) menyatakan bahwa kombinasi sistem reaktor anoksik-aerob mampu menurunkan kadar COD hingga 78% dalam pengolahan limbah domestik. Penggunaan kedua proses ini secara bersamaan memungkinkan sistem lebih adaptif terhadap fluktuasi beban organik, sehingga meningkatkan stabilitas kinerja. Dengan demikian, kombinasi proses anoksik-aerob menjadi solusi yang lebih berkelanjutan dalam

pengolahan limbah domestik (Wang dkk., 2022). Proses kombinasi anoksik-aerobik yang dilakukan dengan menggunakan media lekat (*attached growth*).

Sistem terlekat, atau *attached growth*, merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang memiliki keunggulan dalam meningkatkan efisiensi degradasi bahan organik (Rustanti & Hermiyanti, 2020). Salah satu keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk memberikan permukaan yang luas bagi mikroorganisme untuk tumbuh karena permukaan dari media lekat yang dibuat dengan *specific surface area* (SSA) yang besar sehingga banyak mikroorganisme yang akan tumbuh dan meningkatkan laju biodegradasi. Penggunaan media lekat berbahan PVC (sarang tawon) dan PET (potongan botol plastik bekas) menjadi pilihan yang tepat karena kedua bahan tersebut memiliki *wettability* (kemampuan media untuk berkontak dengan cairan) yang baik, yang memudahkan adesi mikroorganisme pada permukaan media (Fauzi dkk., 2025; Setiyawan dkk., 2023; Zhou dkk., 2021). Media PET juga lebih optimal jika dikombinasikan dengan media berpori, seperti PVC (sarang tawon) untuk meningkatkan retensi mikroorganisme dan efektivitas penyisihan (Alfiyan dkk., 2024). Kriteria desain luas permukaan spesifik media lekat sebesar  $100\text{-}820\text{ m}^2/\text{m}^3$  (Tchobanoglous dkk., 2014), menyebutkan *surface area* untuk pertumbuhan bakteri  $100\text{ m}^2/\text{m}^3$  (Grady dkk., 2011). Pada pengolahan biologis ini sangat diperlukan pengaturan dari *Hydraulic Retention Time* (HRT).

HRT sangat penting dalam penilaian kinerja proses pengolahan air limbah. HRT mengacu pada waktu yang dihabiskan air limbah dalam sistem pengolahan. Waktu yang efektif memungkinkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dengan lebih efektif juga, sehingga meningkatkan efisiensi pengurangan COD. Menurut penelitian (Hendrasarie dkk., 2021), variasi HRT yang digunakan dalam penyisihan organik adalah 36 jam, 24 jam, dan 12 jam dengan menggunakan media lekat *kaldness* tipe I untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap penyisihan organik. Hasil menunjukkan bahwa HRT lebih panjang, seperti 36 jam memberikan efisiensi penyisihan COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan HRT yang lebih pendek. Penelitian ini menggunakan variasi HRT 36 jam, 24 jam, dan 12 jam, namun dengan

menggunakan media yang berbeda, yaitu sarang tawon berbahan PVC dan botol plastik bekas berbahan PET, yang mana dengan adanya pembaharuan media dari bahan bekas PET ini diharapkan dapat mengurangi sampah plastik dan juga dapat meningkatkan penyisihan organik dari air limbah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penyisihan COD dari air limbah domestik menggunakan pengolahan sistem anoksik-aerob dengan variasi HRT, sehingga dapat memberikan solusi yang lebih baik dalam pengelolaan air limbah domestik.

### **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyisihan COD dari air limbah domestik menggunakan pengolahan terlekat kombinasi anoksik – aerob dengan media lekat berbahan PVC dan PET, sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan COD dari air limbah domestik menggunakan sistem pengolahan terlekat menggunakan media berbahan PVC dan PET akibat pengaruh HRT;
2. Menganalisis penurunan konsentrasi COD pada masing-masing reaktor anoksik dan reaktor aerob;
3. Membandingkan efisiensi penyisihan dengan baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai pengaruh perubahan *Hydraulic Retention Time* (HRT) terhadap efisiensi penyisihan senyawa organik dari air limbah domestik menggunakan pengolahan sistem terlekat kombinasi anoksik-aerob;
2. Memberikan informasi penting tentang jenis dan peran mikroorganisme dalam sistem pengolahan anoksik dan aerob, sehingga pengetahuan ini dapat membantu dalam pengembangan sistem pengolahan yang lebih efektif;

3. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan keilmuan dalam pengolahan air limbah domestik yang menggunakan sistem terlekat ramah lingkungan dan sesuai dengan regulasi yang berlaku.

#### 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium penelitian Teknik Lingkungan Universitas Andalas, menggunakan reaktor sistem kontinu;
2. Reaktor kontinu ini berupa rangkaian reaktor anoksik – aerob – sedimentasi. Media lekat yang digunakan pada reaktor anoksik adalah media sarang tawon berbahan *polyvinyl chloride* (PVC) dan pada reaktor aerob adalah menggunakan potongan plastik botol bekas berbahan *polyethylene terephthalate* (PET);
3. Reaktor didesain berdasarkan standar *Gappei-Shori Johkaso*;
4. Sampel yang digunakan pada saat *running* pada reaktor kontinu berupa air limbah artifisial dengan karakteristik mengacu kepada karakteristik air limbah asli domestik. Pengambilan air limbah asli dilakukan di salah satu IPAL komunal di Kampung Duri Limau Manis di Kota Padang;
5. Metode pengambilan contoh air limbah mempedomani SNI 6989.59-2008;
6. Reaktor merupakan suatu sistem yang mampu menyediakan sebuah lingkungan biologis yang dapat menunjang terjadinya reaksi biokimia dari air limbah yang mengandung polutan yang sesuai dengan baku mutu;
7. Proses *seeding* dilakukan secara *batch*, dilakukan terpisah dari reaktor utama penelitian ini (reaktor anoksik-aerob), dan diaplikasikan pada media lekat sarang tawon dan PET hingga konsentrasi biomassa terlekat mencapai 2500 – 4000 mg VSS/L dan perubahan warna menjadi kehitaman/kecoklatan serta tumbuhnya lendir (*slime*) pada media lekat;
8. Sumber mikroorganisme pada proses *seeding*/pembibitan berasal dari lumpur tangki septik;
9. *Running* pada reaktor kontinu dilakukan dengan variasi HRT 12; 24; dan 36 jam;

10. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini meliputi parameter lingkungan pH, *Dissolve Oxygen* (DO), *Temperatur* (T) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD);
11. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berupa analisis statistik deskriptif, *one way anova* dan *Post-hoc Duncan* menggunakan software SPSS 26 serta analisis korelasi;
12. Kinerja proses pengolahan pada reaktor anoksik – aerob mengacu kepada baku mutu nasional yang diatur pada PermenLHK No. 68 Tahun 2016;
13. Analisis morfologi mikroorganisme secara mikroskopi yaitu dengan isolasi mikroba, pewarnaan Gram dan melihat bentuk mikroorganisme dominan dengan mikroskop cahaya (mikroskop optik) yang bekerja dalam mendegradasi substrat (COD) pada kondisi anoksik dan aerob.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

#### **BAB I            PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan;

#### **BAB II           TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang literatur pengertian, jenis, karakteristik, sistem pengolahan air limbah domestik, bahan organik yang ada pada air limbah domestik, pengolahan sistem terlekat, penyisihan senyawa organik secara biologi, HRT, penelitian terdahulu terkait pengolahan sistem terlekat, dan peraturan terkait.

#### **BAB III          METODELOGI PENELITIAN**

Berisi tentang penjelasan tahapan penelitian yang dilakukan, persiapan sampling, karakteristik air limbah asli, persiapan peralatan yang digunakan, pengujian kadar COD, *seeding*, persiapan reaktor, persiapan pembuatan air limbah artifisial, *running* dengan variasi HRT, metode analisis yang digunakan, serta karakterisasi morfologi mikroorganisme.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi tentang karakteristik air limbah domestik, *seeding*, kinerja reaktor anoksik-aerobik, dan korelasi HRT terhadap penyisihan COD;

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan.

