

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik adalah air bekas pakai yang berasal dari penggunaan air sehari-hari manusia (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 68 Tahun 2016). **Air** limbah domestik mengandung berbagai macam polutan, salah satunya adalah **fosfat**. Fosfat pada air limbah domestik bersumber dari kegiatan mencuci (detergen) (Ngibad, 2019). Kandungan fosfat pada air limbah domestik berkisar 3 – 12 mg/L (Widyarani dkk., 2022). Kandungan fosfat pada konsentrasi yang tinggi di badan air dapat menyebabkan masalah pencemaran air seperti eutrofikasi yang ditandai dengan pertumbuhan tanaman air yang tidak terkendali. Fosfat mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menguraikan limbah (Tchobanoglous dkk., 2014), artinya air limbah ini bersifat *biodegradable* atau mudah didegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu diperlukan pengolahan air limbah secara biologis untuk mengurangi kandungan fosfat di dalam air limbah domestik. Teknologi pengolahan air limbah domestik yang banyak digunakan adalah pengolahan biologi dengan sistem kombinasi anaerob-aerob. Sistem ini memanfaatkan keunggulan mikroorganisme dalam dua kondisi lingkungan yang berbeda dalam mengurai kontaminan melalui proses metabolismenya (Jiang dkk., 2020).

Kombinasi proses anaerob-aerob dapat menghilangkan fosfat dengan baik. Kombinasi anaerob dan aerob memberikan fleksibilitas dalam menangani perubahan tingkat polutan, membuat sistem lebih stabil dan tahan terhadap perubahan kualitas air limbah (Tchobanoglous dkk., 2014). Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fosfat terlarut akan diambil oleh bakteri/mikroorganisme dan disintesis menjadi polifosfat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa BOD/COD. Sementara pada kondisi anaerob, senyawa fosfat anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisis senyawa fosfat sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada dalam air limbah (Satria dkk., 2019).

Sistem terlekat adalah metode pengolahan air limbah dimana mikroorganisme melekat pada media tertentu, meningkatkan interaksi antara mikroorganisme dan air limbah. Media lekat memegang peranan penting dalam proses pelekatan dan pertumbuhan mikroorganisme (Mahto dan S. Das, 2021). Saat ini media lekat yang paling banyak digunakan adalah media berbahan plastik/polimer, karena memberikan kemudahan, seperti ringan, tidak mudah membusuk dan mudah dibentuk (Deng dkk., 2016; Setyawan dkk., 2023). Sehingga penggunaan media plastik

dengan jenis polimer tertentu sangat mempengaruhi kinerja IPAL. Kelekatan dan pertumbuhan mikroorganisme pada jenis polimer dipengaruhi oleh wettabilitasnya (Mao dkk., 2022). *Polyvinyl chloride* (PVC) dan *polyethylene terephthalate* (PET) diketahui mempunyai wettabilitas yang baik (Fauzi, dkk., 2025; Setyawan dkk., 2023). Keunggulan sistem terlekat termasuk peningkatan stabilitas biomassa, pengurangan pengendapan lumpur, serta peningkatan efisiensi proses pengolahan air limbah (Dorji dkk., 2022). Dengan menggunakan PVC dan PET sebagai media lekat merupakan bentuk pemanfaatan limbah (*upcycling*) yang mengurangi beban lingkungan akibat sampah plastik. Pengolahan biologis ini sangat diperlukan pengaturan dari *Hydraulic Retention Time* (HRT).

Menurut penelitian Deviana dkk., (2023) yang pernah dilakukan sebelumnya, penyisihan fosfat dengan metode sistem terlekat anaerob-aerob dengan media sarang tawon menyisihkan pada waktu penelitian selama 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam, dan 12 jam, dengan nilai penurunan fosfat secara berturut-turut sebesar 53%, 63%, 65%, 63%, dan 68,68% (Deviana dkk., 2023). Sedangkan pada penelitian Putra dkk., (2019) didapatkan penyisihan pada waktu pengamatan 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam, dan 12 jam, dengan menggunakan media *bioball* didapatkan hasil penurunan fosfat secara berturut-turut sebesar 54%, 62%, 56%, 63% dan 69%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan maksimal terjadi pada reaktor yang menggunakan media *bioball* dibandingkan pada reaktor yang menggunakan media sarang tawon.

Berdasarkan pembahasan di atas, maka penelitian yang akan dilakukan yaitu pengolahan air limbah dengan menggunakan reaktor sistem terlekat kombinasi anaerob-aerob untuk menyisihkan fosfat dengan sistem kontinu. Hal ini dilakukan agar air limbah domestik memenuhi baku mutu yang telah diatur dalam *Environmental Protection Agency* (EPA) yaitu sebesar 1 mg/L. Pada reaktor anaerob menggunakan sarang tawon sebagai media lekatnya karena media sarang tawon berbahan PVC mampu melekatkan mikroorganisme dengan baik (Di Biase, 2019). Sedangkan pada reaktor aerob menggunakan media potongan botol bekas berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) diharapkan dapat mengurangi sampah plastik dan juga dapat meningkatkan penyisihan fosfat dari air limbah. Dengan kelebihan yang dimiliki, maka diharapkan kinerja rangkaian reaktor berjalan dengan baik dalam penyisihan fosfat pada air limbah domestik.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyisihan senyawa fosfat dari air limbah domestik menggunakan pengolahan terlekat kombinasi anaerob-aerob dengan media lekat

berbahan PVC dan PET dengan variasi HRT 12;24; dan 36 jam. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis terhadap efisiensi penyisihan fosfat dalam air limbah domestik permukiman menggunakan reaktor anaerob– aerob dengan variasi HRT 12;24; dan 36 jam.
2. Menganalisis perubahan konsentrasi fosfat pada masing-masing reaktor anaerob dan aerob.
3. Membandingkan hasil efisiensi penyisihan total fosfat pada reaktor dengan baku mutu U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA).

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai efisiensi penyisihan fosfat dalam air limbah domestik menggunakan pengolahan anaerob-aerob menggunakan PVC dan PET sebagai media lekat akibat perubahan HRT.
2. Memberikan informasi penting tentang jenis dan peran mikroorganisme dalam sistem pengolahan anaerob dan aerob, sehingga pengetahuan ini dapat membantu dalam pengembangan sistem pengolahan yang lebih efektif.
3. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pengolahan air limbah domestik yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan sesuai dengan regulasi yang berlaku.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium, menggunakan reaktor sistem kontinu.
2. Sampel menggunakan air limbah artifisial dengan mengacu kepada karakteristik air limbah asli domestik permukiman. Pengambilan sampel air limbah asli tersebut dilakukan di salah satu IPAL komunal Kampung Duri, Kecamatan Limau Manis, Kota Padang, Sumatera Barat dan didapatkan kandungan fosfat sebesar 4,25 mg/L.
3. Rangkaian reaktor utama dengan sistem kontinu yang terbuat dari akrilik dan terdiri dari rangkaian reaktor anaerob dan reaktor aerob kapasitas 30 L serta reaktor sedimentasi dengan kapasitas 13 L.
4. Sistem desain reaktor kontinu berdasarkan *Gappei-Shori Johkaso*.
5. Media lekat yang digunakan pada reaktor anaerob adalah media sarang tawon berbahan PVC dan pada aerob adalah potongan botol bekas berbahan PET.

6. Reaktor merupakan suatu sistem yang mampu menyediakan sebuah lingkungan biologis yang dapat menunjang terjadinya reaksi biokimia dari air limbah yang mengandung polutan yang berlebihan menjadi air limbah yang sesuai dengan baku mutu.
7. Sampling dilakukan satu kali sesuai dengan SNI 8995 - 2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Untuk Pengujian Fisika Dan Kimia.
8. Sumber mikroorganisme dalam proses *seeding*/pembibitan berasal dari lumpur reaktor septik.
9. Proses *seeding* dilakukan selama 1 bulan menggunakan reaktor *Batch* dan diaplikasikan pada media lekat sarang tawon dan potongan botol bekas hingga konsentrasi biomassa terlekat mencapai 2500 – 4000 mg VSS/L dan perubahan warna menjadi kehitaman/kecoklatan serta tumbuhnya lendir (*slime*) pada media lekat.
10. *Running* pada reaktor kontinu dilakukan dengan variasi HRT 12; 24; dan 36 jam.
11. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini meliputi pH, DO, T, VSS, COD, dan fosfat.
12. Pengamatan morfologi mikroorganisme dilakukan secara mikroskopi dengan menggunakan mikroskop cahaya (mikroskop optik) untuk mengamati bentuk dan ukuran mikroorganisme yang bekerja dalam mendegradasi substrat (fosfat) pada kondisi anaerob dan aerob.
13. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berupa analisis statistik deskriptif, *oneway* Anova, dan *post hoc* *Duncan* menggunakan software SPSS 26 serta analisis korelasi.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup penjelasan literatur pengertian, jenis, karakteristik, sistem pengolahan air limbah domestik, bahan nutirens yang ada pada air limbah domestik, pengolahan sistem terlekat, penyisihan senyawa fosfat secara biologi, HRT, penelitian terdahulu terkait pengolahan sistem terlekat, dan peraturan terkait.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan selama penelitian, persiapan sampling, karakteristik air limbah asli, persiapan peralatan yang digunakan, pengujian

kadar fosfat, *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

Bab ini berisikan hasil penelitian dan pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

