

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik ialah air limbah yang bersumber dari kegiatan hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air (PermenLH, 2025). Aktivitas tersebut salah satunya menghasilkan limbah deterjen yang mengandung senyawa fosfor, dan dapat menyebabkan eutrofikasi jika berlebihan di perairan dan tidak ditanggulangi dengan baik (Silviana dkk., 2023). Karakteristik air limbah domestik umumnya mudah diolah melalui pengolahan biologis karena bersifat *biodegradable*, dimana rasio BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)/COD (*Chemical Oxygen Demand*) nya bernilai $\geq 0,5$ (Tchobanoglous dkk., 2014). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengolahan air limbah domestik secara biologis, salah satunya yaitu melalui sistem terlekat biofilter anaerob-aerob menjadi solusi efisien dan hemat energi yang mengandalkan peran biofilm pada media lekat untuk meningkatkan laju biodegradasi materi organik secara signifikan (Abdulgani & Fadhil, 2025). Sistem terlekat memiliki kelebihan berupa stabilitas biomassa yang tinggi terhadap fluktuasi beban pencemar, efisiensi lahan yang lebih baik, serta kemampuan penyisihan nutrisi yang lebih efektif melalui pembentukan lapisan biofilm (Abdulgani & Fadhil, 2025). Selain itu, penerapan sistem biofilter anaerob-aerob menambah efisiensinya dalam penggunaan ruang dan energi (Neshart dkk., 2021).

Kinerja sistem biofilter anaerob-aerob akan mencapai hasil optimal jika distribusi media biofilter efektif, sehingga meningkatkan kontak antara air limbah dan mikroorganisme (Putri & Julianti, 2025). Polimer seperti PVC (*Polyvinyl Chloride*), PM (*Polymethyl Methacrylate*), PE (*Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), dan PET (*Polyethylene Terephthalate*) banyak digunakan sebagai media penunjang dalam sistem pengolahan air limbah karena memiliki sifat fisikokimia hidrofilik yang memungkinkan penempelan mikroorganisme dalam jumlah besar. Berdasarkan penelitian Fauzi dkk. (2023), PVC menunjukkan performa terbaik dengan nilai WCA (*Water Contact Angle*) terendah dan PET berada di posisi kedua terbaik. Hal ini menunjukkan PVC dan PET dapat menghasilkan pembentukan

biofilm yang baik. Keunggulan PVC dan PET terletak pada hidrofilisitas yang tinggi dengan energi permukaan besar yang mendukung pelekatan mikroba lebih cepat dibanding polimer lain seperti PP, PM, dan PE yang cenderung lebih hidrofobik (Setiyawan dkk., 2023).

Salah satu faktor penentu efektivitas sistem terlekat adalah pemilihan jenis media lekat, seperti media tetap (*Fixed-Bed Biofilm Reactor*/FBBR) dan bergerak (*Moving Bed Biofilm Reactor*/ MBBR). FBBR merupakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis yang efektif untuk kontaminasi organik tinggi, dengan desain sederhana berupa ribuan tabung sempit vertikal dalam tangki silinder yang menyediakan area permukaan luas untuk pertumbuhan biofilm pada media karier makropori seperti PVC dan PET (Syahidah dkk., 2021). FBBR pada penelitian ini direncanakan menggunakan media PVC sarang tawon untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang melekat pada permukaan dan pori-porinya, sehingga efektif menyisihkan senyawa organik dan nutrien (Rizka dkk., 2024).

Konfigurasi anaerob-aerob pada FBBR menjadi pilihan tepat untuk penyisihan fosfor secara spesifik karena memfasilitasi siklus pelepasan fosfor di zona anaerob dan penyerapannya di zona aerobik oleh bakteri pengakumulasi fosfor, sehingga mencapai pengurangan fosfor hingga tingkat rendah seperti 9,1 mg/L sambil menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan dalam menghadapi variasi beban limbah domestik (Fauzi dkk., 2023). Hal ini dapat meningkatkan efisiensi penyisihan fosfor hingga lebih dari 90%, bahkan mencapai 97,5% pada kondisi beban organik yang lebih tinggi, karena siklus anaerob-aerob memungkinkan bakteri pengakumulasi fosfat (*Phosphate Accumulating Organisms*/PAOs) melepaskan fosfor pada fase anaerob kemudian menyerapnya kembali secara berlebih pada fase aerob, sebagaimana ditunjukkan pada reaktor *sequencing batch* berbasis biofilm yang mengolah air limbah dengan konsentrasi tinggi (Feng dkk., 2022).

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian ini mengembangkan sistem FBBR dengan media PVC berbentuk sarang tawon dan media PET berupa selubung yang dirangkai. FBBR dipilih karena mampu mempertahankan biomassa lebih stabil dibandingkan sistem tersuspensi, serta menghasilkan efisiensi penyisihan nutrien

yang lebih tinggi karena mikroorganisme tumbuh melekat pada media dengan HRT (*Hydraulic Retention Time*) yang dapat diatur (Tchobanoglous dkk., 2014; Rizka dkk., 2024). Media PVC bersifat hidrofilik dengan laju pertumbuhan mikroorganisme yang tinggi, sedangkan media PET dari botol plastik juga terbukti efektif sebagai media penunjang biofilm pada sistem serupa (Fauzi dkk., 2023).

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyisihan Fosfor dari air limbah domestik permukiman menggunakan FBBR dengan media lekat berbahan PVC dan PET, adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis efisiensi penyisihan fosfor dalam air limbah domestik menggunakan FBBR dengan media berbahan PVC dan PET akibat pengaruh HRT variasi 12, 24, dan 36 jam.
2. Menganalisis penurunan konsentrasi fosfor pada masing-masing reaktor dalam konfigurasi FBBR anaerob-aerobik.
3. Menganalisis kinerja FBBR dalam penyisihan fosfor dengan baku mutu U.S. *Environmental Protection Agency* dan WHO.

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan keilmuan dalam pengolahan air limbah domestik permukiman dengan menggunakan reaktor FBBR dengan media lekat PVC dan PET.
2. Memberikan pemahaman mengenai pengaruh perubahan HRT terhadap efisiensi penyisihan fosfor dari air limbah domestik menggunakan sistem terlekat FBBR.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium di Laboratorium penelitian Teknik Lingkungan, Universitas Andalas;
2. Air limbah yang digunakan adalah AL artifisial, yang karakteristiknya menyerupai ALD permukiman asli
3. Reaktor yang digunakan ada 2 jenis, reaktor *batch* untuk *seeding* dan reaktor kontinu untuk *running*.
4. Reaktor kontinu ini berupa FBBR dengan rangkaian anaerob-aerob. Media

lekat yang digunakan pada reaktor anaerob adalah media berbahan PVC berbentuk sarang tawon dan PET yang dirangkai.

5. Reaktor sistem kontinu didesain berdasarkan standar *Gappei-Shori Johkaso*;
6. Sampel yang digunakan pada saat *running* pada reaktor kontinu berupa air limbah artifisial dengan karakteristik mengacu kepada karakteristik air limbah asli domestik;
7. Metode pengambilan contoh air limbah mempedomani SNI 6989.59-2008;
8. 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;
9. Proses *seeding* dilakukan secara *batch*, dilakukan terpisah dari reaktor utama penelitian ini (FBBR), dan diaplikasikan pada media lekat sarang tawon dan PET hingga konsentrasi biomassa terlekat mencapai 2500 – 4000 mg MLVSS/L dan perubahan warna menjadi kehitaman/kecoklatan serta tumbuhnya lendir (*slime*) pada media lekat;
10. Sumber mikroorganisme pada proses *seeding*/pembibitan berasal dari lumpur tinja IPLT Kota Padang;
11. *Running* pada reaktor kontinu dilakukan dengan variasi HRT 12; 24; dan 36 jam;
12. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini meliputi parameter lingkungan pH, DO, Temperatur, COD, MLVSS, dan Fosfor;
13. Proses pengolahan pada reaktor anaerob – aerob mengacu kepada baku mutu nasional yang diatur pada US EPA tahun 2009.

1.4 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 total fosfor, *seeding*, persiapan reaktor, persiapan pembuatan air limbah artifisial, *running* dengan variasi HRT, serta metode analisis yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang karakteristik air limbah domestik, *seeding*, kinerja reaktor anaerobik-aerobik, dan korelasi HRT terhadap penyisihan total fosfor;

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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