

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah dari kegiatan sehari-hari manusia yang berhubungan dengan penggunaan air dikenal sebagai air limbah domestik (PermenLH No.11 Tahun 2025). Air limbah domestik mengandung senyawa organik sekitar 40-60% dari total beban pencemar. Air limbah domestik di Indonesia umumnya memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang cukup tinggi. Berdasarkan Tchobanoglous dkk. (2014), konsentrasi COD air limbah domestik secara umum berkisar antara 250-1.000 mg/L. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Hadi & Pungut (2022), dengan konsentrasi COD di air limbah domestik yaitu 399,22 mg/L. Tingginya konsentrasi COD yang dibuang ke badan air tanpa pengolahan dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut secara drastis, dan dapat mengganggu kehidupan biota air. Sifatnya yang *biodegradable*, yaitu mikroorganisme menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, dengan rasio $BOD/COD \geq 0,5$, menjadikan air limbah domestik mudah diolah secara biologis (Tchobanoglous dkk., 2014). Salah satu contoh pengolahan berbasis biologis adalah pengolahan sistem terlekat. Sistem ini memiliki keuntungan seperti konsentrasi biomassa yang tinggi, tahan *inert*, luas permukaan yang besar, dan memiliki kekuatan mekanik yang besar (Zhao dkk., 2019).

Sistem biologis pertumbuhan terlekat memanfaatkan mikroorganisme yang melekat pada media *inert* untuk membentuk *biofilm*. Mikroorganisme tumbuh di berbagai permukaan media *biofilm*, salah satunya seperti media berbahan polimer (Tchobanoglous dkk., 2014). Berbagai bahan polimer, termasuk *polyvinyl chloride* (PVC), *polyethylene terephthalate* (PET), *polymethyl methacrylate* (acrylic), *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), dan *polyurethane* (PU) telah diteliti sebagai media lekat. Polimer tersebut dapat memberikan *Specific Surface Area* (SSA) yang tinggi karena mudah dibentuk, yang dapat mendukung adhesivitas mikroorganisme melalui wettabilitasnya, ringan, dan tahan terhadap korosi dan bahan kimia (Fauzi dkk., 2025). Dari hasil penelitian (Fauzi dkk., 2025; Setiyawan dkk., 2023; Zhao dkk., 2021), memiliki energi permukaan yang tinggi

serta karakteristik *wettability* yang baik. Karakteristik tersebut berperan penting dalam meningkatkan kemampuan mikroorganisme untuk melekat pada permukaan media dan membentuk *biofilm* secara optimal, seperti sifat kimia, kekasaran, dan bentuk permukaan media (Setiyawan dkk., 2023).

Penelitian ini merupakan pengembangan dari Ramadhan (2025) sebelumnya, dengan mengaplikasikan dua jenis polimer dalam sistem anaerob-aerob, yaitu media sarang tawon dari bahan PVC ditempatkan pada sistem anaerob, sedangkan PET berbentuk potongan berukuran 4 cm × 4 cm pada sistem aerob. Potongan PET tersebut membentuk sistem *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) yang bergerak secara dinamis mengikuti aliran fluida di dalam unit pengolahan tersebut. Dari penelitian Ramadhan (2025), menunjukkan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) 36, 24, dan 12 jam dapat menyisihkan COD sebesar 72%, 61%, dan 56%. HRT sangat berpengaruh terhadap tingkat penyisihan COD, dapat memengaruhi waktu kontak antara air limbah, media untuk pertumbuhan *biofilm*, dan mikroorganisme (Ningtias dkk., 2018; Sumiyati dkk., 2018).

Penelitian ini berupaya untuk mengisi gap pada konfigurasi media pada reaktor dalam peningkatan area pertumbuhan mikroorganisme dan stabilitas lapisan *biofilm*. Berbeda dengan penelitian Ramadhan (2025) yang menggunakan PET sebagai media bergerak pada sistem MBBR, penelitian ini mengembangkan konfigurasi PET sebagai media tetap pada sistem *Fixed-Bed Biofilm Reactor* (FBBR), sehingga diharapkan menghasilkan stabilitas *biofilm* yang lebih baik dan efisiensi penyisihan COD yang lebih optimal dalam memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai PermenLH No. 11 Tahun 2025 (Setiyawan dkk., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu telah menganalisis penggunaan media lekat berbahan polimer untuk pengolahan air limbah domestik. Setiyawan dkk. (2023) membuktikan bahwa media PET memiliki kemampuan pelekatan mikroorganisme terbaik dibandingkan PVC, PP, dan HDPE pada sistem *fixed-bed* anoksik, dengan nilai *Water Contact Angle* (WCA) terendah sebesar 70,67° yang menunjukkan sifat hidrofilik tertinggi. Sementara itu, Fauzi dkk. (2023) mengonfirmasi bahwa media PET botol plastik bekas pada sistem aerob *fixed-film* mampu menyisihkan COD hingga 85,76% dari air limbah domestik artifisial.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kemampuan sistem pengolahan air limbah domestik dalam menyisihkan COD menggunakan sistem pengolahan FBBR dengan media lekat berbahan PVC dan PET akibat adanya perubahan HRT, sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh perubahan HRT pada 36, 24, 12 jam terhadap efisiensi penyisihan COD dari air limbah domestik dengan menggunakan sistem pengolahan FBBR dengan media PVC dan PET;
2. Menganalisis tingkat penurunan konsentrasi COD yang terjadi pada masing-masing reaktor anaerob dan reaktor aerob;
3. Membandingkan hasil penyisihan COD terhadap standar baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Air Limbah Domestik.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengembangan keilmuan mengenai reaktor FBBR dengan media lekat PVC dan PET, khususnya dalam penyisihan COD pada air limbah domestik;
2. Menganalisis hubungan antara perubahan HRT dan efisiensi penyisihan COD dalam pengolahan air limbah domestik, menggunakan pengolahan sistem terlekat anaerob-aerob;
3. Membandingkan hasil dari kerja reaktor dengan baku mutu PermenLH No. 11 Tahun 2025;

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium di Laboratorium Penelitian Teknik Lingkungan, Universitas Andalas;
2. Rangkaian reaktor sistem kontinu ini berupa rangkaian reaktor anaerob-aerob. Media lekat yang digunakan pada reaktor anaerob adalah media sarang tawon

- berbahan PVC dan pada reaktor aerob adalah menggunakan rangkaian plastik botol bekas berbahan PET;
3. Sampel yang digunakan pada saat *running* pada reaktor kontinu berupa air limbah artifisial yang mengacu kepada air limbah domestik yang asli;
 4. Sampling lumpur tinja berpedoman kepada SNI 8990:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Limbah Untuk Pengujian Fisika Dan Kimia;
 5. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini meliputi pH, *Dissolved Oxygen* (DO), Temperatur (T), COD, *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid* (MLVSS);
 6. Sistem reaktor didesain kontinu berdasarkan standar *Gappei-Shori Johkasou*;
 7. Kinerja proses pengolahan pada reaktor anaerob-aerob mengacu pada baku mutu nasional yang diatur pada PermenLH Nomor 11 Tahun 2025;
 8. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berupa analisis statistik deskriptif, *one way Anova* dan *Post-hoc Duncan* menggunakan *software* SPSS 27 serta analisis korelasi;
 9. *Running* pada reaktor kontinu dilakukan dengan variasi HRT 36; 24; dan 12 jam;
 10. Sumber mikroorganisme pada proses *seeding*/pembibitan berasal dari lumpur tinja, yang diambil di IPLT;
 11. Proses *seeding* diaplikasikan pada media lekat, yaitu sarang tawon PVC dan botol plastik PET bekas. Proses ini dilakukan secara *batch*, dengan parameter MLVSS dan COD yang dianalisis selama penelitian berlangsung;
 12. Proses *seeding* selesai apabila media lekat telah menunjukkan pembentukan lapisan lendir (*slime*) serta perubahan warna menjadi kecokelatan atau kehitaman. Konsentrasi biomassa terlekat harus telah mencapai 2500-4000 mg/L.
 13. Penelitian ini tidak mencakup analisis fase gas, seperti produksi gas metana (CH_4), dan hanya meneliti fase cair dan fase padat berupa lumpur atau biomassa, karena tujuan utama penelitian adalah mengevaluasi efektivitas penyisihan senyawa organik berdasarkan perubahan konsentrasi COD pada efluen.

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 teori-teori yang relevan dengan penelitian, seperti pengertian, jenis, karakteristik, sistem pengolahan air limbah domestik, bahan organik yang ada pada air limbah domestik, pengolahan sistem terlekat, penyisihan senyawa organik secara biologis, HRT, penelitian terdahulu terkait pengolahan sistem terlekat, dan peraturan terkait.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang penjelasan tahapan penelitian yang dilakukan, persiapan sampling persiapan peralatan yang digunakan, pengujian konsentrasi COD, *seeding*, persiapan reaktor, persiapan pembuatan air limbah artifisial, *running* dengan variasi HRT, metode analisis yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi memaparkan hasil penelitian yang diperoleh, analisis data, serta pembahasan terkait efisiensi kinerja sistem pengolahan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.