

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik adalah air yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air (PermenLH No.11 Tahun 2025). Air limbah domestik mengandung bahan organik, nitrogen, fosfor, serta senyawa kimia lainnya, dan bersifat *biodegradable* sehingga tingkat degradasi biologis dapat mencapai lebih dari 70% (Tchobanoglous dkk., 2014). Senyawa organik dalam air limbah domestik mengalami proses penguraian bertahap. Pada kondisi anaerob, bakteri heterotrof menguraikan bahan organik kompleks menjadi senyawa sederhana, termasuk mengubah nitrogen organik menjadi nitrogen amonia (NH_4^+) melalui proses amonifikasi. Selanjutnya, pada kondisi aerob, amonia yang terbentuk dioksidasi menjadi nitrit dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas sp.* kemudian nitrit tersebut diubah menjadi nitrat dengan bantuan bakteri *Nitrobacter sp.* (Nurrahma & Rosariawari, 2023).

Kandungan nitrat dan nitrit pada konsentrasi yang tinggi tidak hanya menyebabkan eutrofikasi pada sistem akuatik (Zhou dkk., 2023), tetapi juga membahayakan kesehatan manusia. Nitrat yang masuk ke dalam tubuh dapat direduksi menjadi nitrit di dalam saluran pencernaan, yang kemudian bereaksi dengan hemoglobin membentuk methemoglobin sehingga menurunkan kemampuan darah mengikat oksigen. Kondisi ini dikenal sebagai *blue baby syndrome* atau methemoglobinemia, yang berisiko tinggi terjadi pada bayi akibat konsumsi air minum dengan kadar nitrat tinggi (Iolascon dkk., 2021). Pengolahan air limbah domestik secara biologis umumnya memanfaatkan sistem anaerobik, seperti tangki septik. Namun, pengolahan anaerob secara tunggal belum mampu memenuhi kebutuhan penyisihan pencemar, sehingga penggabungan proses anaerob dan aerob mampu menghasilkan kinerja pengolahan yang lebih optimal (Singga & Dukabain, 2019).

Salah satu contoh pengolahan biologis adalah dengan pertumbuhan terlekat. Pengolahan biologis dengan proses pertumbuhan terlekat mempunyai kinerja

lebih tinggi dibandingkan dengan proses pertumbuhan tersuspensi. Pertumbuhan terlekat memiliki banyak keunggulan seperti kemampuan mempertahankan konsentrasi biomassa aktif yang tinggi, kebutuhan ruang yang lebih kecil, waktu tinggal hidrolis yang lebih singkat, kinerja yang lebih stabil, serta meningkatkan efisiensi penyisihan nitrogen (Fauzi dkk., 2023). Berbagai penelitian mengenai jenis dan karakteristik media lekat telah banyak dikembangkan (Lago dkk., 2024), salah satunya penelitian Fauzi dkk. (2025) menunjukkan bahwa *Polyvinyl Chloride* (PVC) memiliki performa penyisihan yang lebih baik karena struktur permukaannya yang berpotensi menghasilkan biofilm yang lebih stabil. Karakteristik tersebut berperan penting dalam meningkatkan kemampuan mikroorganisme untuk melekat pada permukaan media dan membentuk *biofilm* secara optimal. Penelitian Setiyawan dkk. (2023) juga menunjukkan bahwa sifat kimia, kekasaran, dan bentuk permukaan media sangat berpengaruh terhadap kemampuan mikroorganisme untuk melekat dan membentuk *biofilm*.

Menurut penelitian Rizka dkk. (2024), penyisihan nitrat dan nitrit dengan sistem FBBR menggunakan media sarang tawon pada waktu operasi 12 jam menghasilkan penurunan nitrat dan nitrit berturut-turut sebesar 91,28% dan 81,08%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dengan media tetap cenderung memberikan kestabilan hidraulik dan retensi biomassa yang lebih baik. FBBR dinilai mampu menyediakan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan mikroorganisme pengurai. Keunggulan lain dari FBBR adalah kemampuannya melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang lebih besar pada media lekatnya. Hal tersebut menjadikan FBBR sebagai teknologi pengolahan air limbah domestik yang efisien, baik dari segi energi maupun kebutuhan ruang (Syahidah dkk., 2021).

Meskipun demikian, belum terdapat penelitian yang mengombinasikan media lekat PVC dan PET secara langsung dalam satu reaktor anaerob-aerob. Kombinasi kedua media tersebut berpotensi menghasilkan karakteristik biofilm yang saling melengkapi, mengingat PVC memiliki daya tahan dengan struktur yang kokoh namun bersifat hidrofobik, sedangkan PET bersifat lebih hidrofilik sehingga mendukung kolonisasi awal mikroorganisme (Setiyawan dkk., 2023). Berdasarkan penelitian sebelumnya, belum ditemukan kajian yang mengevaluasi kombinasi media PVC dan PET dalam satu sistem FBBR anaerob-aerob dengan

variasi HRT. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji performa gabungan media PVC dan PET dalam satu reaktor anaerob–aerob dengan variasi HRT sebagai pendekatan inovatif dalam pengolahan air limbah domestik.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk menentukan kinerja reaktor FBBR dalam menyisihkan nitrat dan nitrit dari air limbah domestik pemukiman dengan media lekat berbahan PVC dan PET sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan nitrat dan nitrit dari air limbah domestik menggunakan FBBR dengan media PVC dan PET akibat pengaruh variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) pada 36, 24, 12 jam terhadap tingkat penyisihan nitrat dan nitrit;
2. Menganalisis penurunan konsentrasi nitrat dan nitrit pada masing-masing reaktor dalam konfigurasi FBBR anaerobik-aerobik;
3. Menganalisis hasil kinerja FBBR dalam penyisihan nitrat dan nitrit dengan baku mutu U.S. *Environmental Protection Agency* (EPA) karena Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2025 belum menetapkan baku mutu untuk kedua parameter tersebut pada air limbah domestik.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai pengolahan air limbah domestik menggunakan pengolahan sistem terlekat dengan media lekat PVC dan PET;
2. pengaruh perubahan HRT terhadap efisiensi penyisihan nitrat dan nitrit.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium penelitian Teknik Lingkungan Universitas Andalas, menggunakan reaktor sistem kontinu. Reaktor kontinu ini berupa rangkaian reaktor anaerobik-aerobik secara berurutan;
2. Sampel yang digunakan berupa air limbah domestik artifisial dengan karakteristik mengacu kepada karakteristik air limbah domestik asli.

Pengambilan air limbah domestik asli dilakukan di IPAL Komunal Kampung Duri, Kota Padang. Metode pengambilan sampel air limbah domestik mengacu kepada SNI 6989.59-2008;

3. Sumber mikroorganisme pada proses *seeding* berasal dari lumpur tinja yang diambil dari IPLT di Kota Padang. Proses *seeding* dilakukan secara *batch*, dilakukan terpisah dari reaktor utama, dan diaplikasikan pada media lekat PVC dan PET hingga konsentrasi biomassa terlekat mencapai 2500 – 4000 mg MLVSS/L dan perubahan warna menjadi kehitaman atau kecoklatan serta tumbuhnya lendir (*slime*) pada media lekat;
4. Media lekat yang digunakan pada reaktor anaerobik adalah media sarang tawon berbahan PVC dan pada reaktor aerobik adalah menggunakan rangkaian plastik botol bekas berbahan PET;
5. Reaktor didesain berdasarkan standar *Gappei-Shori Johkaso*. Kinerja proses pengolahan pada reaktor anaerobik-aerobik mengacu kepada baku mutu internasional yang diatur pada USEPA;
6. *Running* pada reaktor kontinu dilakukan dengan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) selama 36, 24, dan 12 jam;
7. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini meliputi parameter fisika pH dan temperatur serta parameter kimia *Dissolved Oxygen* (DO), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Volatile Suspended Solid* (VSS), nitrit dan nitrat;
8. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berupa analisis statistik deskriptif, *One-Way ANOVA* dan *Post-Hoc Duncan* menggunakan software SPSS 26 serta analisis korelasi.

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

Bab ini berisi literatur air limbah domestik, karakteristik, teknologi

pengolahan air limbah domestik secara biologis, prinsip pengolahan air limbah domestik dengan sistem pertumbuhan terlekat, penyisihan senyawa NO_2^- dan NO_3^- secara biologis, media lekat pertumbuhan mikroorganisme, HRT, penelitian terdahulu, dan peraturan terkait.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Berisi tentang penjelasan umum, tahapan penelitian, studi literatur, studi lapangan, persiapan peralatan yang digunakan, persiapan pengambilan sampel air limbah domestik, karakterisasi air limbah domestik asli, persiapan reaktor, *seeding*, persiapan pembuatan air limbah domestik artifisial, *running* dengan variasi konsentrasi substrat, metode analisis sampel, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

