

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan aktivitas domestik dan industri yang pesat berkontribusi terhadap peningkatan volume limbah cair yang dibuang ke lingkungan, terutama limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran yang serius terhadap kualitas sumber daya air serta kesehatan dan keseimbangan ekosistem perairan. Salah satu parameter utama yang menggambarkan keberadaan bahan organik pada air adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD). COD merepresentasikan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air limbah secara kimia, sehingga sering dijadikan indikator tingkat pencemaran organik pada sistem perairan (Tchobanoglous dkk., 2014).

Salah satu proses pengolahan yang digunakan dalam menurunkan kadar organik dalam air limbah adalah proses pengolahan secara biologis, contohnya adalah *Trickling Filter*. *Trickling Filter* adalah pengolahan air limbah berbasis proses pertumbuhan melekat (*attached growth*) di mana mikroorganisme tumbuh membentuk *biofilm* pada permukaan media penyangga dan berfungsi menguraikan bahan organik ketika air limbah dialirkan melewatinya (Tchobanoglous dkk., 2014). Kinerja proses *Trickling Filter* dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah ketersediaan oksigen, yang ditentukan oleh efektivitas sistem aerasi. Aerasi berperan dalam proses transfer oksigen dari fase gas ke cair agar dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Efektivitas aerasi dapat dievaluasi melalui parameter *Oxygen Transfer Rate* (OTR). OTR didefinisikan sebagai laju transfer oksigen dari fase gas (udara) ke fase cairan (air limbah) per unit waktu, biasanya diukur dalam satuan mg/L/jam kg atau O₂/hari (Tchobanoglous dkk., 2014). Semakin tinggi laju transfer oksigen yang tercapai, semakin optimal pula aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa organik, yang tercermin dari penurunan nilai COD.

Dalam prosesnya *Trickling Filter* menggunakan media sebagai tempat melekatnya mikroorganisme yang akan membentuk *biofilm*. Media yang digunakan dapat

berupa media sintesis dan alami. Umumnya jenis media yang digunakan adalah media sintesis, seperti *bioball*. *Bioball* banyak digunakan karena mudah didapatkan dan memiliki luas permukaan spesifik atau *specific surface area* (SSA) yang besar. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Said, (2001) didapatkan nilai SSA *bioball* sebesar 200-240 m²/m³. Nilai tersebut cukup tinggi, yang menunjukkan bahwa *bioball* memiliki kemampuan yang baik dalam menyediakan ruang untuk mikroorganisme dapat melekat dan tumbuh membentuk *biofilm*. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rizkiyanti & Alfiah, (2018) *Trickling Filter* yang menggunakan *bioball* sebagai media *biofilm* dapat menyisihkan bahan organik seperti BOD dan COD dengan persentase sebesar 81,1% dan 88,7%. Meskipun memiliki banyak keunggulan, *bioball* tetap memiliki keterbatasan, terutama dalam hal keberlanjutan lingkungan. Penggunaan *bioball* kurang ramah lingkungan dikarenakan *bioball* umumnya terbuat dari bahan polimer sintesis seperti *polypropylene* (PP) atau *polyethylene* (PE) yang bersifat non-*biodegradable*, sehingga berpotensi menjadi sumber limbah plastik jangka panjang setelah masa pakainya berakhir. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya eksplorasi media alternatif berbasis bahan alami yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis, tanpa mengurangi efektivitas penyisihan bahan organik.

Secara umum, media alami yang dapat dijadikan media *biofilm* adalah bahan-bahan yang memiliki struktur fisik yang mendukung pertumbuhan *biofilm* dan bebas kandungan petrokimia. Beberapa bahan alami yang telah diteliti sebagai media *biofilm* adalah bambu (Febrion & Sekarningtias, 2018) dan *maize cob* (Arsalan dkk., 2021). Bahan-bahan tersebut berasal dari limbah pertanian sehingga lebih ramah lingkungan dan berkontribusi pada keberlanjutan sistem pengolahan. Media alami lainnya yang potensial untuk menggantikan polimer sintesis adalah akar pakis. Tumbuhan paku atau yang biasanya disebut pakis, akarnya dapat dimanfaatkan sebagai media *biofilm* dengan kriteria memiliki sistem akar serabut yang halus, bercabang rapat, dan membentuk ruang antar serat yang cukup besar. Jenis tanaman paku yang akarnya dapat dimanfaatkan sebagai media *biofilm* ada *Pteris Vittata*. L. Akar pakis jenis *Pteris* memiliki jaringan yang kuat dan cabang-cabangnya yang membantu menahan air (Wei dkk., 2022). Dikarenakan keberhasilan pembentukan *biofilm* dipengaruhi oleh kekasaran media, porositas,

dan SSA, berdasarkan morfologinya akar pakis dapat menjadi alternatif media *biofilm* dalam *Trickling Filter*.

Penelitian ini menggunakan air limbah artifisial untuk menjaga kestabilan parameter seperti nitrogen, COD, dan pH selama pengujian. Tidak seperti limbah nyata yang fluktuatif, limbah artifisial memungkinkan evaluasi kinerja sistem secara lebih terfokus saat mikroorganisme mulai beradaptasi dan membentuk *biofilm*. Pengambilan sampel dilakukan pada lima titik ketinggian media dengan jarak antar titik sebesar 30 cm untuk menggambarkan perubahan konsentrasi COD dan keterkaitannya dengan proses transfer oksigen serta aktivitas *biofilm* mikroorganisme pada setiap segmen ketinggian.

Penelitian ini memiliki unsur keterbaruan yang terletak pada tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini mengkaji penggunaan akar pakis (*Pteris vittata* L.) sebagai alternatif media *biofilm* pada *Trickling Filter*. Akar pakis memiliki struktur berpori yang mendukung pertumbuhan *biofilm* dan memiliki potensi SSA yang cukup besar. Selain itu penggunaan akar pakis memiliki pendekatan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan karena berasal dari bahan alami. Kedua, melalui penelitian ini dapat tergambarkan konsentrasi COD sepanjang ketinggian media di *Trickling Filter* dengan pengambilan sampel pada lima titik ketinggian yang berjarak 30 cm dengan penerapan analisis profil vertikal (*profiling*). Ketiga, pada penelitian ini terdapat korelasi antara profil konsentrasi COD dan pengukuran OTR, sehingga hubungan antara ketersediaan oksigen, aktivitas *biofilm*, dan degradasi bahan organik dapat dianalisis. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru terhadap pengembangan sistem *Trickling Filter* yang efektif dan berkelanjutan. Hasilnya juga diharapkan dapat diterapkan dalam skala nyata untuk meningkatkan pengelolaan air limbah di masyarakat.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pengolahan air limbah yang efisien, berbasis bahan alami, dan berkelanjutan dengan memanfaatkan media alami, yaitu akar pakis sebagai alternatif pengganti media *Trickling Filter* berbasis bahan alami. Penelitian ini menggunakan sampel air limbah artifisial untuk memperoleh hasil yang lebih terkontrol dan akurat dalam mengevaluasi adaptasi sistem dan efisiensi penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Oxygen Transfer Rate* (OTR). Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam penerapan teknologi tepat guna untuk pengolahan limbah cair di skala laboratorium maupun lapangan.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menguji konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Oxygen Transfer Rate* (OTR) dalam air limbah domestik artifisial dan keterolahannya menggunakan reaktor *Trickling Filter* dengan media papan pakis pada kondisi standar;
2. Menganalisis profil *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Oxygen Transfer Rate* (OTR) pada *Trickling Filter* media papan pakis dengan menggunakan air limbah domestik artifisial;
3. Mengevaluasi efisiensi penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) oleh *biofilm* pada media papan pakis serta menganalisis hubungan *Oxygen Transfer Rate* (OTR) terhadap penyisihan COD.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai prinsip kerja *Trickling Filter* dalam menyisihkan COD dari air limbah artifisial selama fase *start-up*.
2. Menyediakan data awal mengenai efektivitas akar pakis sebagai alternatif media *biofilm* alami pengganti media sintetis pada *Trickling Filter*.
3. Mendorong pemanfaatan bahan alami lokal yang ramah lingkungan dalam pengembangan sistem pengolahan air limbah berbasis *biofilm*.
4. Menjadi acuan awal untuk penelitian lanjutan dan pengembangan teknologi pengolahan limbah cair skala laboratorium maupun skala kecil.
5. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi tepat guna di bidang pengolahan limbah cair, khususnya yang berorientasi pada efisiensi dan keberlanjutan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian menggunakan air limbah domestik artifisial.
2. Pembuatan air limbah artifisial domestik menggunakan rasio perbandingan C:N:P untuk reaktor aerob berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Permatasari dkk., 2018) yaitu sebesar 100:5:1.
3. Penelitian dilakukan melalui pengolahan dari *Trickling Filter* dengan media akar pakis yang merupakan pengolahan aerobik dengan sistem aliran *downflow* secara kontinu.
4. Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Penelitian, Departemen Teknik Lingkungan UNAND dalam waktu penelitian 25 hari.
5. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel di 5 titik pada media papan pakis yang terdapat pada *Trickling Filter*.
6. Penelitian ini menggunakan 3 variasi HRT yaitu 12 jam; 8 jam; dan 6 jam.
7. Penelitian ini menerapkan dua perlakuan, yakni tanpa *seeding* dan dengan *seeding*. Penambahan *seeding* dilakukan setelah 9 hari *Trickling Filter* dijalankan dan didiamkan selama 5 hari dengan menggunakan inokulum dari pabrik karet PT Abaisiat Raya Padang.

8. Sebelum dilakukan *running* reaktor dilakukan perlakuan pendahuluan untuk media papan pakis, yaitu papan pakis digantung secara vertikal di reaktor, kemudian papan pakis akan dialiri air limbah artifisial domestik selama satu hari untuk meminimalisir pelepasan senyawa organik terlarut dari permukaan media ke dalam sistem.
9. Parameter yang dianalisis adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Oxygen Transfer Rate* (OTR)
10. Analisis COD dengan metode spektrofotometri yang mengacu pada SNI 6989.2:2009 tentang Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang literatur pengertian,

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode sampling, metode analisis laboratorium, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian meliputi hasil studi karakteristik air limbah artifisial dan inokulum, kondisi operasional reaktor, kinerja *Trickling Filter* dalam menyisihkan parameter COD, profiling *Trickling Filter* media papan pakis, dan juga *Oxygen Transfer Rate* (OTR) dan korelasinya terhadap penyisihan COD.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.