

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rusunawa Gunung Anyar telah dilengkapi dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengolah limbah blackwater dan *greywater* yang berasal dari dapur. Pengolahan *blackwater* dilakukan menggunakan *septic tank*, sedangkan *greywater* dapur diolah melalui *grease trap* dan tangki biofilter. Namun, *greywater* yang berasal dari kamar mandi pada gedung B masih dibuang langsung ke badan air tanpa proses pengolahan, sehingga berpotensi meningkatkan pencemaran lingkungan di sekitar kawasan Rusunawa Gunung Anyar, Kota Surabaya. Berdasarkan hasil analisis karakteristik awal yang dilakukan pada penelitian ini, *greywater* Rusunawa Gunung Anyar memiliki konsentrasi COD sebesar 548,70 mg/L, amonia (NH₃-N) sebesar 58,8 mg/L, dan fosfat (PO₄) sebesar 43 mg/L. Ketiga parameter tersebut telah melampaui baku mutu air limbah domestik yang dipersyaratkan.

Pengolahan biologis dibutuhkan untuk mengolah limbah cair rusunawa dalam mendegradasi beban pencemar organik dan amonia. Salah satu pengolahan biologis yang efektif untuk menurunkan kadar COD dan amonia adalah *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Teknologi ini telah banyak digunakan karena tidak memerlukan proses *backwash*, membutuhkan lahan yang relatif kecil, serta mudah dalam pengoperasian dan perawatan. Sistem MBBR menggunakan aerator untuk menjaga media tetap bergerak di dalam reaktor serta menyediakan oksigen (O₂) yang dibutuhkan mikroorganisme untuk pertumbuhan biomassa dan pembentukan biofilm pada permukaan media (Zuhra Mutia, 2022). Pengoperasian aerator dapat dilakukan secara *Intermittent* dengan mengatur pergantian kondisi oksik dan anoksik melalui siklus aerasi dan non-aerasi. *Intermittent aeration* memungkinkan terjadinya proses nitrifikasi dan denitrifikasi secara bergantian dalam satu reaktor sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyisihan nitrogen pada air limbah (Yang & Yang, 2011). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Munfaridah et al., 2022) *Intermittent aeration* mampu menyisihkan beban organik COD dengan rata-

rata sebesar $71,98 \pm 21,24\%$, amonia dengan rata-rata sebesar $83,39 \pm 11,23\%$, dan fosfat dengan rata-rata penyisihan sebesar $56,67 \pm 10,91\%$.

Proses aerasi pada reaktor MBBR tentunya menggunakan penambahan aerator untuk menyuplai oksigen. Penggunaan mikroalga pada sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor* dapat menghasilkan oksigen (O_2) yang mendukung aktivitas bakteri dalam mendegradasi senyawa organik serta membantu mengurangi jumlah penggunaan aerator (Onyeaka *et al*, 2021). Setiap jenis mikroalga memiliki potensi tersendiri dalam menghilangkan nutrien dari air limbah. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis mikroalga dengan tipe pertumbuhan yang berbeda yaitu *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis sp.* Mikroalga *Chlorella vulgaris* merupakan mikroalga hijau bersel tunggal dengan pola pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) dan efektif dalam menyerap nitrogen dan fosfat dari limbah domestik serta memiliki laju pertumbuhan cepat (Ma *et al.*, 2022). Berdasarkan penelitian Chairani *et al.* (2021) menunjukkan bahwa sistem *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan penambahan mikroalga *Chlorella vulgaris* mampu menyisihkan COD sebesar 81,58% dan nitrogen total sebesar 91,96%.

Sementara itu, *Nannochloropsis sp.* termasuk jenis mikroalga laut yang dapat tumbuh melekat (*attached growth*), tahan terhadap variasi lingkungan, serta berperan penting dalam peningkatan efisiensi proses nitrifikasi–denitrifikasi melalui interaksi simbiotik dengan bakteri (Zhao *et al.*, 2021). Pada penelitian Song *et al.*, 2024) menunjukkan *Nannochloropsis sp.* mampu menyerap nutrien (N dan P) sebesar 71,3% serta memiliki potensi biomassa yang baik. Seiring peningkatan biomassa, *Nannochloropsis sp.* juga mampu menyisihkan nutrien dengan efisiensi sebesar 60–80% untuk nitrogen dan 50–70% untuk fosfat melalui proses asimilasi. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroalga berbanding lurus dengan efisiensi removal pada limbah domestik.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kemampuan kombinasi sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor* dengan penggunaan mikroalga dalam menurunkan kadar COD dan amonia pada limbah cair domestik, serta mengetahui pertumbuhan mikroalga dan biomassa atau MLVSS yang terbentuk melalui variasi waktu proses oksik–anoksik–oksik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana laju pertumbuhan mikroalga pada sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor*?
2. Bagaimana pembentukan biomassa total yang terdiri dari biomassa mikroalga dan bakteri dalam sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor*?
3. Bagaimana kemampuan sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor* dengan penggunaan mikroalga dalam penyisihan COD, amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan fosfat PO_4 pada limbah cair domestik?
4. Bagaimana kombinasi jenis mikroalga dan variasi proses *Intermittent* yang optimum dalam menyisihkan COD, amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan fosfat PO_4 pada limbah cair domestik?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini disusun berdasarkan pada rumusan masalah di atas adalah:

1. Menganalisis laju pertumbuhan mikroalga pada sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor*.
2. Menganalisis pembentukan biomassa total dalam sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor*.
3. Menganalisis kemampuan kombinasi sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor* dengan penggunaan mikroalga dalam penyisihan COD, amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan fosfat PO_4 pada limbah cair domestik rusunawa.
4. Menentukan kombinasi jenis mikroalga dan variasi proses *Intermittent* yang optimum dalam menyisihkan COD, amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan fosfat PO_4 pada limbah cair domestik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Memberikan data kuantitatif mengenai laju pertumbuhan mikroalga dan pembentukan biomasa pada sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor*.
2. Memberikan alternatif pengolahan limbah cair domestik menggunakan kombinasi sistem *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor* dan mikroalga dalam menurunkan COD, amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan fosfat PO_4 .

1.5 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Sampel air limbah yang digunakan adalah limbah cair domestik rumah tangga dari Rusunawa Gunung Anyar Sawah, Surabaya.
2. Jenis media yang digunakan adalah *Kaldnes K5*.
3. Mikroalga yang digunakan adalah *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloropsis sp.*
4. Menggunakan reaktor *Intermittent Moving Bed Biofilm Reactor* secara *batch*.
5. Parameter yang diamati adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan fosfat PO_4 .
6. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UPN Veteran Jawa Timur.
7. Analisis kadar amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan fosfat PO_4 dilakukan di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya.
8. Analisis kadar COD, kerapatan mikroalga, MLVSS, pH, suhu, dan DO dilakukan di Laboratorium Kimia Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur.