

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Mikroalga dikenal sebagai organisme fotosintetik yang memiliki laju pertumbuhan tinggi, kapasitas produksi lipid yang signifikan, serta kemampuan adaptasi terhadap berbagai jenis media tumbuh, termasuk limbah cair. Karakteristik tersebut menjadikan mikroalga sebagai kandidat yang menjanjikan dalam pengembangan sumber energi terbarukan berbasis bioteknologi. (Salgueiro et al., 2024).

Di antara beragam spesies mikroalga yang telah dikaji, *Chlorella vulgaris* mendapat perhatian luas dari kalangan peneliti karena kemampuannya mengakumulasi lipid dalam kadar yang relatif tinggi serta ketahanannya terhadap fluktuasi kondisi lingkungan. (Rincón-Londoño et al., 2024). Lebih dari itu, spesies ini mampu memanfaatkan media limbah sebagai substrat pertumbuhannya, sehingga penggunaannya tidak hanya berpotensi dalam menghasilkan energi terbarukan, tetapi juga sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular yang mengutamakan efisiensi dan daur ulang sumber daya.

Limbah cair domestik yang dihasilkan oleh Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) mengandung unsur hara seperti nitrogen dan fosfor dalam konsentrasi tinggi, yang secara potensial dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi alternatif bagi pertumbuhan mikroalga. Dalam konteks penelitian ini, limbah IPLT tidak hanya dipandang sebagai objek yang perlu diolah melalui proses bioremediasi, tetapi juga sebagai media kultur yang menyediakan nutrisi esensial bagi produksi biomassa dan lipid. Pemanfaatan limbah IPLT sebagai substrat pertumbuhan mikroalga merupakan pendekatan yang dinilai efisien, baik dari sisi biaya operasional maupun dari aspek pengelolaan limbah, khususnya dalam mendukung keberlanjutan produksi biofuel berbasis mikroalga. (Huang et al., 2023).

Salah satu teknologi yang mendukung kultivasi mikroalga dalam sistem pengolahan limbah adalah *Rotating Biological Contactor* (RBC). Reaktor ini

memungkinkan mikroalga berkembang dalam bentuk biofilm yang menempel pada permukaan cakram berputar dengan kecepatan rendah. Keunggulan utama sistem ini meliputi efisiensi pemanenan biomassa yang tinggi, kebutuhan lahan yang lebih minimal, serta kemampuannya beroperasi dalam mode semi-kontinu. Beberapa parameter operasional yang berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan dan produktivitas mikroalga dalam sistem ini antara lain kecepatan rotasi cakram, frekuensi penggantian limbah, serta konsentrasi influen limbah IPLT (Elystia et al., 2023).

Dalam rancangan penelitian eksperimental, metode statistik *Response Surface Methodology* (RSM) lazim digunakan untuk menganalisis interaksi antar variabel sekaligus menentukan kondisi operasi yang optimal. RSM terbukti mampu mengurangi jumlah percobaan yang diperlukan sambil tetap menghasilkan model prediktif yang akurat terhadap respons yang diamati, seperti biomassa, ketebalan biofilm, laju pertumbuhan, serta kadar lipid mikroalga (Montgomery, 2017; Ahmad et al., 2024). Dengan demikian, penerapan RSM dalam penelitian ini dipandang sangat relevan untuk mengoptimalkan produksi lipid *Chlorella vulgaris* pada sistem A-RBC.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, penelitian ini difokuskan pada optimasi produksi kadar lipid *Chlorella vulgaris* dengan menggunakan limbah cair IPLT sebagai media kultur dalam reaktor *Algae Rotating Biological Contactor* (A-RBC), melalui pendekatan RSM dengan perangkat lunak *Design Expert* versi 13. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata di bidang bioteknologi lingkungan, sekaligus menawarkan solusi inovatif bagi pemanfaatan limbah lumpur tinja sebagai media kultivasi mikroalga, khususnya di Kota Surabaya yang hingga saat ini belum mengoptimalkan potensi limbah lumpur tinja dalam pengembangan bioteknologi berbasis mikroalga.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan pada penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi air limbah, variasi kecepatan putaran disk, dan periode pergantian air limbah terhadap penurunan parameter COD dan Amonia pada limbah IPLT?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi air limbah, variasi kecepatan putaran disk, dan periode pergantian air limbah terhadap MLVSS pertumbuhan dan kandungan lipid pada *Chlorella Vulgaris*?
3. Bagaimana kondisi optimum kadar lipid yang tinggi dan penurunan parameter COD dan amonia pada limbah IPLT dengan metode analisis statistik *Response Surface Methodology* ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh konsentrasi air limbah, variasi kecepatan putaran disk, dan periode pergantian air limbah terhadap penurunan parameter COD dan amonia pada limbah IPLT
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi air limbah, variasi kecepatan putaran disk, dan periode pergantian air limbah terhadap MLVSS, pertumbuhan dan kandungan lipid pada *Chlorella Vulgaris*
3. Menentukan kondisi optimum kadar lipid yang tinggi dan penurunan parameter COD serta amonia dengan metode analisis statistik *Response Surface Methodology*

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menyediakan data ilmiah mengenai optimasi produksi lipid *Chlorella vulgaris* pada sistem A-RBC dengan menggunakan media air limbah lumpur tinja.
2. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi biofuel berbasis mikroalga dengan pendekatan optimasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM), yang diolah secara komprehensif dengan

bantuan perangkat lunak Design Expert versi 13 untuk perancangan eksperimen, pemodelan statistik, dan visualisasi kondisi optimum.

3. Menyediakan alternatif pemanfaatan limbah lumpur tinja secara lebih bernilai tambah, khususnya sebagai bahan bakar terbarukan yang aman, efisien, dan berdaya guna tinggi.
4. Menghasilkan pengolahan lumpur tinja terbarukan dengan memanfaatkan mikroalga untuk menyisihkan parameter dan juga sebagai produksi suatu energi terbarukan dengan melihat produksi kadar lipid yang dihasilkan oleh mikroalga
5. Mendukung penggunaan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan potensial secara ekonomi

### 1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini, ruang lingkup yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dalam skala pengujian laboratorium pada Universitas Pembangun Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Penelitian ini berfokus pada pertumbuhan mikroalga *Chlorella Vulgaris* untuk produksi lipid sebagai bahan bakar nabati dengan menggunakan limbah cair dari Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) sebagai media kultur.
3. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kecepatan putaran disk (4 rpm sampai 8 rpm), konsentrasi limbah cair IPLT (40% sampai 80%), dan pergantian air limbah (setiap 3 hari sampai 6 hari sekali)
4. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi Penyisihan parameter COD dan Amonia, laju pertumbuhan mikroalga, MLVSS, dan kadar lipid yang dihasilkan.
5. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium berbasis statistika, dengan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mengidentifikasi kondisi optimum. Proses optimasi didukung oleh perangkat lunak Design Expert versi 13, yang digunakan untuk

perancangan eksperimental, pemodelan regresi, analisis multivariat, serta visualisasi respon.

6. Penelitian difokuskan untuk mengidentifikasi kombinasi perlakuan yang paling optimal dalam mendukung produktivitas biomassa dan akumulasi lipid mikroalga dalam sistem A-RBC.