

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim global menjadi masalah paling mendesak yang dihadapi manusia. Meningkatnya pembakaran bahan bakar fosil secara terus-menerus dapat menyebabkan polusi udara CO<sub>2</sub> yang berdampak pada efek rumah kaca, perubahan iklim, serta *global warming*. Perubahan iklim disebabkan karena karbon dioksida dapat menjebak dan menyerap sinar matahari di atmosfer. Menurut Lindsey (2020) bahwa karbon dioksida di atmosfer pada tahun 1960 hingga sekarang telah meningkat dari ~313 ppm menjadi ~411 ppm. Aktivitas manusia penyumbang CO<sub>2</sub> berasal dari kegiatan, seperti produksi listrik dan panas (25%); pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan lainnya (24%); industri (21%); transportasi (14%); bangunan (6%); dan energi lainnya (10%) (EPA, 2021). Menurut Global Carbon Project (2020), Indonesia menjadi salah satu negara penyebab utama emisi CO<sub>2</sub> (Proyek Karbon Global, 2020). Dampak akumulasi gas rumah kaca bersifat jangka panjang dimana peningkatan suhu sebesar 0,085 dari tahun 1880 hingga 2012 telah terjadi, dan diperkirakan akan terus meningkat sebesar 1,4-5,8 pada akhir abad ini (De Silva *et al.*, 2015).

Peningkatan emisi CO<sub>2</sub> ke lingkungan akibat pembakaran bahan bakar fosil dan aktivitas antropogenik menghasilkan jalur sintesis kimia yang tidak berkelanjutan, kerusakan ekologis, dan pengaruh pada ekonomi.

Dampak negatif terus diperburuk oleh peningkatan gelombang panas yang dapat menyebabkan sejumlah penyakit, tingkat infeksi, dan kematian secara bersamaan yang menyebar melalui perubahan suhu dan pola curah hujan. Pemanasan global dan peningkatan CO<sub>2</sub> di atmosfer juga menyebabkan peningkatan keasaman laut sebesar 30% yang mempengaruhi keanekaragaman hayati (Farrelly *et al.*, 2013). Menurut Sinharoy *et al.*, (2020), meningkatnya CO<sub>2</sub> didukung oleh proses manufaktur tradisional yang tidak berkelanjutan, penggunaan bahan baku yang tidak terbarukan, dan pelepasan sejumlah besar gas rumah kaca serta produk limbah ke lingkungan. Dampak ekonomi dari meningkatnya emisi CO<sub>2</sub> ditunjukkan pada banyak negara yang menerapkan pajak karbon pada perusahaan yang membakar bahan bakar fosil. Menurut Kumar *et al.*, (2017), banyak kota telah memperkenalkan konsep pajak karbon dan zona emisi rendah di dalam area lingkungan perkotaan, serta ditentukan dimana hanya jenis kendaraan tertentu yang diizinkan beroperasi untuk membatasi emisi karbon dioksida.

Upaya telah dilakukan untuk mengurangi tingginya tingkat CO<sub>2</sub> di atmosfer melalui berbagai proses fisik dan kimia seperti pemisahan berbasis membran, penyerapan kimia, adsorpsi fisik, filtrasi membran, *pressure swing adsorption* dan *chemical scrubbing*, tidak membuahkan hasil karena tingginya biaya pemantauan, pengoperasian dan pemeliharaan (Mondal *et al.*, 2017). Salah satu upaya untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> akibat penggunaan bahan bakar fosil yaitu pencarian sumber daya energi baru dan terbarukan. Penggunaan energi baru terbarukan di Indonesia masih

menggunakan minyak sawit untuk produksi biodiesel yang akan menimbulkan permasalahan berupa persaingan bahan pangan (Gupta *et al.*, 2015). Oleh karena itu, perlu dicari sumber bahan baku biodiesel lain untuk pembangunan berkelanjutan dalam produksi biodiesel di Indonesia.

Pemilihan bahan biodiesel harus mempertimbangkan ketersediaan bahan baku dan biaya yang rendah untuk mencapai harga biodiesel yang kompetitif. Parameter pemilihan bahan baku untuk biodiesel meliputi kadar lemak tinggi, profil asam lemak yang sesuai, pertumbuhan yang baik, panen yang mudah, dan ketersediaan benih yang stabil (Moser, 2019). Sumber bahan baku yang memenuhi adalah mikroalga. Mikroalga memiliki produktivitas biomassa dan lipid tinggi persatuan luas yang lebih tinggi daripada tanaman energi terestrial (Kumar *et al.*, 2015). Kandungan lipid mikroalga umumnya berkisar antara 20-50% dari berat kering sel dan dapat mencapai 80% dalam kondisi tertentu (Chisti, 2007). Jenis lipid yang paling signifikan untuk biodiesel adalah trigliserida (TAG). Di bawah tekanan fotooksidatif mikroalga dapat menghasilkan TAG dalam jumlah besar yang digunakan sebagai gudang biofuel (Hu *et al.*, 2008). Biofuel mikroalga tidak beracun, sangat mudah terurai secara hayati, dan tidak mengandung sulfur. Biofuel yang berasal dari mikroalga berpotensi mengurangi emisi gas rumah kaca karena mikroalga bertanggung jawab atas 40% fiksasi karbon global dan dapat mengandung hingga maksimum 70% minyak (berat kering) pada beberapa spesies (Chu, 2017).

Ketertarikan mikroalga sebagai sumber bioenergi alternatif bukan hanya karena kandungan lipidnya tetapi kemampuannya untuk menangkap CO<sub>2</sub> jauh lebih cepat dibanding tanaman energi lainnya (Adamczyk *et al.*, 2016). Menurut Vuppaladadiyam *et al.*, (2017) bahwa mikroalga memiliki tingkat pertumbuhan yang jauh lebih tinggi dan kapasitas fiksasi karbon 10–50 kali lebih tinggi daripada tanaman terestrial. Biomassa kering mikroalga kira-kira mengandung 50% karbon yang semuanya berasal dari CO<sub>2</sub>. Setiap 1 kg produksi biomassa mikroalga dapat mengurangi sekitar 1,83 kg emisi CO<sub>2</sub> (Jiang *et al.*, 2013). Tergantung spesies mikroalga, CO<sub>2</sub> ditangkap dan disimpan sebagai lipid, karbohidrat atau protein menggunakan energi matahari. Kemampuan mikroalga untuk menyerap CO<sub>2</sub> dan mengubahnya menjadi lipid, yang selanjutnya dapat diekstraksi dan ditransesterifikasi menjadi biodiesel (Mondal *et al.*, 2017). Pemilihan mikroalga yang mampu mengikat CO<sub>2</sub> dan menghasilkan lipid tinggi, dapat membantu mengurangi biaya signifikan yang dikeluarkan dalam pengolahan gas buang.

Efisiensi bio-mitigasi CO<sub>2</sub> untuk biomassa mikroalga dan produksi lipid bergantung pada spesies mikroalga, intensitas cahaya, pemberian CO<sub>2</sub>, desain foto-bioreaktor dan berbagai kondisi pengoperasian seperti, suhu, pH, dan nutrisi (Mondal *et al.*, 2017). Kultivasi dengan suplementasi CO<sub>2</sub> terbukti lebih produktif dibandingkan budidaya mikroalga yang hanya mengandalkan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer (Thomas *et al.*, 2016). Konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam gas buang pembangkit listrik umumnya berada pada rentang 10–20%, sedangkan konsentrasi CO<sub>2</sub> optimal untuk pertumbuhan

mikroalga adalah di bawah 10%. Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi (di atas 10%) dalam gas buang dapat menghambat pertumbuhan sebagian besar strain mikroalga (Ramos *et al.*, 2019). Menurut Bholá *et al.*, (2014) bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terlalu tinggi akan meningkatkan mekanisme perpindahan massa CO<sub>2</sub> dari campuran gas ke medium sehingga terjadi penurunan pH. Penurunan pH secara tiba-tiba akan menghambat pertumbuhan sebagian besar spesies mikroalga.

Konsentrasi inokulum menjadi parameter penting dalam meningkatkan efisiensi penyerapan CO<sub>2</sub> (Cheng *et al.*, 2013). Penelitian Lu *et al.*, (2012) menunjukkan bahwa tingginya kepadatan sel awal *C. sorokiniana* yang dikultivasi menghasilkan produktivitas biomassa dan *fatty acid methyl ester* (FAME) yang lebih tinggi. Jumlah sel awal dengan kepadatan yang tinggi menyebabkan sel tidak akan tumbuh karena redaman cahaya dan keterbatasan transfer nutrisi (Yun Huang *et al.*, 2016).

Mikroalga hijau *Choricystis* sp. memiliki potensi sebagai sumber bahan baku pembuatan biodiesel karena produktivitas lipidnya yang tinggi. Menurut Menez *et al.*, (2013) bahwa *Choricystis* sp. menunjukkan hasil FAME tertinggi yaitu 422,9 mg g<sup>-1</sup>, sementara spesies mikroalga lainnya tidak dapat menghasilkan lebih dari 250 mg g<sup>-1</sup>. Kedelai berada di urutan terakhir dengan hasil hanya 196,9 mg g<sup>-1</sup>. Penelitian Praharyawan *et al.*, (2018) didapatkan hasil bahwa kandungan asam oleat (C18:1) pada mikroalga *Choricystis* sp. LBB13-AL045 berkisar antara 36,95% hingga 46,22%. Tingginya kandungan asam oleat (C18:1) dalam *Choricystis* sp.

LBB13-AL045 menandakan potensinya sebagai bahan baku yang menjanjikan untuk biodiesel. Penelitian mengenai *Choricystis* sp. belum banyak diteliti. Penelitian lebih lanjut mengenai *Choricystis* sp. diperlukan untuk menentukan kondisi kultur terbaik untuk pertumbuhan.

Belum pernah dilakukan pengujian mengenai optimalisasi produksi lipid oleh mikroalga *Choricystis* sp. dengan melibatkan suplai CO<sub>2</sub>, penambahan stimulan pertumbuhan dari ekstrak tanaman, dan jumlah sel kultivasi menggunakan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM). Berdasarkan isu perubahan iklim, kebutuhan energi baru dan terbarukan, serta potensi mikroalga dalam fiksasi CO<sub>2</sub>, maka dilakukan penelitian untuk mengoptimalkan fiksasi CO<sub>2</sub> oleh mikroalga *Choricystis* sp. untuk meningkatkan produktivitas lipid sehingga dapat mendorong tercapainya kelayakan ekonomi dalam aplikasinya sebagai bahan baku biodiesel.

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi optimum kultivasi *Choricystis* sp. untuk menghasilkan produksi biomassa tertinggi dengan parameter volume CO<sub>2</sub>, penambahan stimulan pertumbuhan, dan jumlah sel awal kultivasi?
2. Bagaimana kondisi optimum kultivasi *Choricystis* sp. untuk menghasilkan produksi lipid tertinggi dengan parameter volume CO<sub>2</sub>, penambahan stimulan pertumbuhan, dan jumlah sel awal kultivasi.

### **1.3. Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian untuk menentukan kondisi optimum (jumlah penambahan stimulan, suplai gas CO<sub>2</sub> dan jumlah sel awal mikroalga) pada kultivasi mikroalga *Choricystis* sp dalam memaksimalkan proses fiksasi CO<sub>2</sub> untuk meningkatkan produktivitas lipid dalam aplikasinya sebagai bahan baku biodiesel.

### **1.4. Manfaat**

Manfaat dari penelitian yaitu mendapatkan kondisi optimum (suplai CO<sub>2</sub>, penambahan stimulan pertumbuhan dan jumlah sel awal) kultivasi mikroalga *Choricystis* sp dalam memaksimalkan produktivitas lipid guna mendukung aplikasinya sebagai bahan baku biodiesel.