

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan industrialisasi, urbanisasi, dan transportasi kendaraan yang terjadi selama beberapa dekade terakhir telah menyebabkan peningkatan emisi gas karbondioksida (CO₂). Satu studi melaporkan bahwa Konsentrasi CO₂ di atmosfer telah meningkat dari tingkat pra-industri sebesar 280 ppm menjadi sekitar 400 ppm (Erfianti *et al.*, 2024). Peningkatan tersebut berdampak pada intensifikasi efek rumah kaca, pemanasan global, serta berbagai masalah lingkungan yang serius (Mohapatra *et al.*, 2022). Sebagian besar peningkatan ini disebabkan oleh meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil di sektor energi dan transportasi (Umar *et al.*, 2021). Diperkirakan bahwa tingkat CO₂ di atmosfer akan terus meningkat hingga sekitar 570 ppm pada abad ke-22 (Fry, 2020). Terdapat tiga metode utama untuk menghilangkan kelebihan CO₂ atmosfer. Pertama, Penggunaan reaksi kimia, termasuk penyaringan dengan pelarut kimia/fisik, adsorpsi, kriogenik, dan membran (Sanni *et al.*, 2021). Kedua, penyimpanan CO₂ di dalam tanah atau ke dalam laut (Gholami *et al.*, 2021). Ketiga, mengubah CO₂ menjadi senyawa fungsional melalui mitigasi biologis (Sadewo *et al.*, 2022). Metode dengan menggunakan bahan kimia memiliki kekurangan karena dinilai tidak ramah lingkungan. Sementara metode penyimpanan memiliki kelemahan karena berpotensi mengalami kebocoran CO₂ seiring berjalannya waktu. Sebagai alternatif jangka panjang, mitigasi biologis merupakan teknologi yang ramah lingkungan, sehingga dapat memberikan solusi yang berkelanjutan dalam mengurangi kadar CO₂ atmosfer. Fiksasi CO₂ secara biologis terjadi melalui fotosintesis oleh tanaman dan pohon darat. Akan tetapi, proses ini hanya dapat menghilangkan sekitar 3–6 % CO₂ karena pertumbuhannya yang lambat, sementara mikroorganisme lain seperti mikroalga dan Sianobakteri dapat mengikat CO₂ 10-50 kali lebih cepat (Sadewo *et al.*, 2022).

Mikroalga juga memiliki cara yang unik untuk mengatasi difusi CO₂ ke atmosfer, yakni dengan mengakumulasi ion bikarbonat (HCO₃⁻) di dalam sel.

Bentuk karbon yang bermuatan negatif dari HCO_3^- , menyebabkan pergerakan yang lebih lambat melalui membran sel dibandingkan dengan CO_2 , yang lebih mudah berdifusi keluar. Sementara itu, RuBisCO sebagai enzim utama yang digunakan dalam fotosintesis memerlukan CO_2 sebagai substrat untuk fiksasi karbon. Oleh sebab itu, mikroalga harus mengubah HCO_3^- yang telah dikumpulkan menjadi CO_2 di dalam sel (Zieliński *et al.*, 2023). Proses ini terjadi melalui aktivitas enzim karbonat anhidrase (CA) yang mengubah kembali HCO_3^- menjadi CO_2 di sekitar RuBisCO (S. Li *et al.*, 2022). Selain mudah berdifusi keluar dari sel mikroalga, gas CO_2 memiliki kelarutan yang rendah di dalam air. Molekul CO_2 bebas mudah hilang ke atmosfer, sehingga pemompaan udara secara terus-menerus diperlukan untuk memastikan CO_2 yang cukup tersedia bagi mikroalga selama fotosintesis. Sementara itu, HCO_3^- dari natrium bikarbonat (NaHCO_3) dapat menjadi sumber karbondioksida alternatif untuk pertumbuhan mikroalga karena kelarutannya yang tinggi dalam air dibandingkan dengan gas CO_2 (Cordoba-perez, 2021).

Mikroalga dapat menyerap CO_2 hingga sekitar 1,83 kg CO_2 yang diserap per kg biomassa yang dihasilkan. Biomassa adalah materi organik yang berasal dari makhluk hidup, seperti mikroalga, yang terbentuk secara langsung atau tidak langsung melalui proses fotosintesis (Tursi & Olivito, 2021). Biomassa dari mikroalga mencakup lipid, karbohidrat, dan, protein, biomassa ini memiliki nilai aplikasi tinggi, di antaranya dapat digunakan sebagai bahan baku untuk industri biofuel, biokimia, makanan, obat-obatan, dan industri lainnya (G. Li *et al.*, 2023). Lipid adalah sekelompok senyawa organik yang tidak larut dalam air namun larut dalam pelarut organik (Pedrosa *et al.*, 2023). Karbohidrat adalah biomolekul yang terdiri dari atom karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), serta merupakan aldehida atau keton polihidroksi (Gerwig & Gerwig, 2021). Protein adalah zat yang sangat kompleks yang terdiri dari residu asam amino yang terhubung oleh ikatan peptida (Parisi *et al.*, 2021). *Chlorella vulgaris* (*C. vulgaris*) merupakan mikroalga hijau yang dikenal karena kemampuannya dalam menghasilkan biomassa yang tinggi. karbohidrat yang paling melimpah dalam *C. vulgaris* adalah pati, yang terdiri dari amilosa dan amilopektin, diikuti

oleh selulosa di dinding sel. Kandungan total karbohidrat dalam *C. vulgaris* dapat mencapai 17,38% - 60,70% dari berat kering.

Sementara itu, Komponen lipid dalam *C. vulgaris* dapat diklasifikasikan menjadi lipid netral dan lipid polar. Lipid polar seperti fosfolipid dan glikolipid yang dihasilkan oleh kloroplas mendominasi dinding sel dan membran organel, sementara lipid netral (mono-, di-, dan triasilgliserol) disimpan dalam organel sel. Kandungan total lipid *C. vulgaris* berkisar antara 20,36% - 37,92% dari berat kering. Kandungan total protein *C. vulgaris* sebesar 0,85% - 18,84% dari berat keringnya, tergantung pada kondisi pertumbuhannya (Khorramdashti *et al.*, 2021; Ru *et al.*, 2020).

Studi pengaruh NaHCO_3 terhadap akumulasi biomassa dan lipid pada *C. vulgaris* menunjukkan bahwa dengan adanya NaHCO_3 , produktivitas biomassa meningkat dibandingkan dengan kultur tanpa penambahan NaHCO_3 . Selain itu, akumulasi lipid juga peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan NaHCO_3 sebagai sumber CO_2 tidak hanya mendukung peningkatan akumulasi biomassa, tetapi juga mendorong *C. vulgaris* untuk menghasilkan lebih banyak lipid, (Ratomski *et al.*, 2021). Namun, belum banyak penelitian yang menganalisis pengaruh NaHCO_3 terhadap kapasitas penyerapan CO_2 dan akumulasi total lipid serta karbohidrat *C. vulgaris*. Adapun tahapan penelitian ini meliputi analisis pengaruh variasi suplementasi larutan bikarbonat (NaHCO_3) terhadap pertumbuhan, kapasitas penangkapan gas CO_2 , dan komposisi biokimia mikroalga *C. vulgaris*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diharapkan diperoleh informasi mengenai prospek *C. vulgaris* sebagai bioagen untuk membantu pencapaian karbon netral (*carbon neutrality*) serta meningkatkan akumulasi total biomassa untuk mendapatkan senyawa fungsional yang bermanfaat pada berbagai sektor industri.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan rumusan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat terhadap kurva tumbuh dan total biomassa pada *Chlorella vulgaris*?

2. Bagaimana pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat terhadap kapasitas penyerapan CO₂ pada *Chlorella vulgaris*?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat terhadap kandungan biokimia pada *Chlorella vulgaris*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dipaparkan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat terhadap kurva tumbuh dan total biomassa pada *Chlorella vulgaris*
2. Menganalisis pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat terhadap kapasitas penyerapan CO₂ pada *Chlorella vulgaris*
3. Menganalisis pengaruh konsentrasi natrium bikarbonat terhadap kandungan biokimia pada *Chlorella vulgaris*

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengembangan strategi yang lebih efektif dalam memanfaatkan *Chlorella vulgaris* untuk penyerapan CO₂ dengan menggunakan natrium bikarbonat sebagai sumber CO₂, serta meningkatkan efisiensi dan keberhasilan implementasinya dalam mitigasi CO₂ di masa depan.

1.5. Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini terdiri dari lima bab utama, yakni Bab I (pendahuluan) yang tersusun atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta struktur organisasi skripsi. Bab II (kajian pustaka) yang mengemukakan teori dan informasi yang berkaitan dengan penyerapan karbondioksida pada mikroalga, fotosintesis pada mikroalga, mekanisme konsentrasi karbon (CCM) pada mikroalga, dan metabolisme biokimia pada mikroalga. Bab III (metode penelitian) yang meliputi waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta prosedur kerja penelitian. Bab IV (temuan dan pembahasan) yang memaparkan hasil penelitian

meliputi kurva tumbuh, total biomassa, dan akumulasi biokimia. Bab V (kesimpulan dan saran) yang mencakup rangkuman temuan penelitian yang menjawab rumusan masalah penelitian pada Bab I dan saran peneliti untuk penelitian berikutnya.