

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Mikroalga merupakan mikroorganisme autotrof fotosintetik yang mampu hidup di berbagai ekosistem perairan (tawar, payau, dan laut). Mikroalga memiliki kemampuan unik dalam memproduksi berbagai senyawa bermanfaat seperti, protein berkualitas tinggi, asam lemak esensial (terutama omega-3 seperti EPA dan DHA), serta pigmen bioaktif seperti klorofil, beta-karoten, lutein, dan astaxanthin yang bersifat antioksidan. Selain itu, mikroalga juga mengandung vitamin (B12, E) dan mineral penting, serta polisakarida bioaktif yang berfungsi sebagai imunostimulan alami, sehingga memiliki potensi tinggi sebagai *superfood* (Panahi dkk., 2016). Mikroalga seperti *Chlorella* sp., *Spirulina*, dan *Haematococcus pluvialis* telah banyak diteliti dan digunakan dalam industri pangan. Sebuah studi oleh García dkk. (2017) menyebutkan bahwa *Chlorella* dan *Spirulina* mengandung lebih dari 50% protein kering, serta kaya akan klorofil dan pigmen lain yang berperan sebagai antioksidan, yang dapat menjadikannya sebagai pangan fungsional di masa depan.

Hal ini juga dapat memenuhi kebutuhan konsumsi yang berkelanjutan, metode kultivasi mikroalga secara *indoor farming* mulai banyak dikembangkan. Sistem ini bisa menjadi optimal pengendalian lingkungannya seperti intensitas cahaya, pH, suhu, dan nutrisi, sehingga produktivitas serta kandungan biokimia mikroalga dapat dioptimalkan dengan efisien dan ramah lingkungan.

Optimasi parameter pertumbuhan seperti pH media dan intensitas cahaya merupakan salah satu hal penting yang memengaruhi pertumbuhan dan karakter fitokimia mikroalga. pH berperan dalam menjaga keseimbangan ionik di dalam sel serta memengaruhi ketersediaan nutrisi di media yang berdampak pada laju fotosintesis dan aktivitas enzimatik mikroalga. pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat penyerapan nutrisi dan menurunkan efisiensi metabolisme sel. Sementara itu, intensitas cahaya berperan sebagai sumber energi utama dalam proses fotosintesis. Cahaya yang cukup akan meningkatkan produksi senyawa fitokimia seperti klorofil, karotenoid, dan protein karena proses fotosintesis berjalan lebih optimal. Namun, intensitas cahaya yang terlalu tinggi

juga bisa menyebabkan stres oksidatif pada sel. Oleh karena itu, pengaturan kedua parameter ini sangat krusial untuk memaksimalkan pertumbuhan dan kandungan senyawa bioaktif dalam mikroalga.

Mikroalga dipengaruhi oleh pH, nutrisi, intensitas cahaya, oksigen, karbondioksida, salinitas, dan air (Handayani dan Ariyanti, 2012). Pengaruh utamanya dalam penyerapan enzim mikroalga, terdapat pada pH media. Berdasarkan hasil penelitian Kuswijayanti (2021), mikroalga pada pH yang optimal dapat mendorong aktivitas enzim dalam metabolismenya secara signifikan, sehingga mempengaruhi ketersediaan kelarutan nutrisi esensial. pH optimal sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroalga karena pH memengaruhi berbagai aspek fisiologis dan biokimiawi dalam sel mikroalga. Salah satu dampak utamanya adalah pada ketersediaan yang hanya dapat diserap secara efisien oleh mikroalga. Selain itu, pH juga memengaruhi sistem enzimatik dalam sel mikroalga, dimana enzim-enzim penting hanya bekerja optimal pada pH tertentu, sehingga gangguan pH dapat memperlambat laju metabolisme dan pertumbuhan. Proses fotosintesis mikroalga pun sangat dipengaruhi karena pH mengontrol bentuk spesies karbon anorganik yang menjadi bahan baku utama dalam fotosintesis. Kerapatan sel *Chlorella* tertinggi yang dicapai pada media perlakuan pH awal 7 karena nilai pH tersebut sangat mendukung pertumbuhan *Chlorella*. Penelitian Wong dan Lay juga menunjukkan bahwa *Chlorella* sp. yang ditumbuhkan dalam dengan pH 7 memiliki kerapatan sel yang lebih tinggi (Prihantini dkk., 2005).

Faktor penting lain yang sangat memengaruhi biomassa mikroalga adalah intensitas cahaya. Menurut Novianti dkk. (2017), perlakuan pencahayaan LED merah konsisten memberikan hasil terbaik dengan kisaran intensitas cahaya 2000-4000 lux. Sebagai organisme autotrof, mikroalga memperoleh energi melalui proses fotosintesis yang bergantung pada cahaya. Karena itu, intensitas cahaya yang optimal dibutuhkan untuk memastikan konversi energi cahaya ke energi kimia berjalan efisien, sehingga mendukung pembentukan biomassa dan senyawa organik seperti karbohidrat dan protein. Selain itu, cahaya tidak hanya berperan sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai sinyal lingkungan yang dapat memengaruhi arah metabolisme sel. Pada kondisi stres cahaya, misalnya, beberapa jenis mikroalga akan mengalihkan metabolismenya untuk meningkatkan sintesis lipid sebagai

respons perlindungan terhadap kerusakan oksidatif. Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan dan biomassa mikroalga, karena cahaya dibutuhkan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis. Cahaya yang optimal dapat meningkatkan kepadatan sel, laju pertumbuhan, serta kandungan nutrisi mikroalga, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Rivi dkk. (2020) mikroalga memanfaatkan cahaya untuk membentuk senyawa organik melalui konversi energi cahaya menjadi energi kimia. Jika intensitas cahaya terlalu rendah, fotosintesis melambat dan pertumbuhan sel menurun. Sebaliknya, cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan photoinhibition, yaitu kerusakan pada sistem fotosintetik yang justru menurunkan produktivitas biomassa.

Kombinasi pH dan intensitas cahaya dapat saling berinteraksi dalam memengaruhi pertumbuhan dan karakter fitokimia mikroalga karena keduanya terlibat langsung dalam proses fotosintesis dan metabolisme sel. Intensitas cahaya menentukan energi yang tersedia untuk sintesis senyawa organik, sementara pH memengaruhi ketersediaan karbon dan aktivitas enzim. Jika salah satu faktor tidak optimal, efisiensi fotosintesis dan produksi senyawa seperti klorofil, protein, dan lipid bisa terganggu. Oleh karena itu, interaksi antara pH dan cahaya sangat penting untuk memaksimalkan produktivitas dan kandungan biokimia mikroalga. Kedua faktor tersebut merupakan dua faktor lingkungan yang sangat krusial dalam budidaya mikroalga. Keduanya berdampak pada pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas biomassa yang dihasilkan. Kondisi pada pH yang ekstrem (tinggi asam atau tinggi basa) dapat menyebabkan perubahan bentuk ion sehingga mempengaruhi penyerapan nutrisi mikroalga. Disisi lain juga, mikroalga lebih sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya. Selama ini masih belum banyak penelitian mengenai keterkaitan antara intensitas cahaya dan pH pada mikroalga.

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dikaji lebih lanjut taraf pH dan intensitas cahaya yang optimum terhadap pertumbuhan dan karakter fitokimia mikroalga khususnya *Chlorella* sp. sebagai *superfood*, karena kedua faktor ini sangat berperan penting dalam menentukan akumulasi fotosintesis, akumulasi biomassa, serta produksi senyawa bioaktif seperti protein, lipid, karbohidrat, dan protein. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh interaksi pH dan intensitas cahaya

terhadap produktivitas serta kandungan profil fitokimia mikroalga *Chlorella* sp. yang dibudidayakan secara *indoor farming* pada alat fotobioreaktor.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh pH media terhadap pertumbuhan dan profil fitokimia mikroalga pada kultivasi sistem *indoor farming*?
2. Bagaimana pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan profil fitokimia mikroalga pada kultivasi sistem *indoor farming*?
3. Bagaimana interaksi antara pH media dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan profil fitokimia mikroalga kultivasi *indoor farming*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui interaksi antara pH media dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan profil fitokimia mikroalga pada kultivasi sistem *indoor farming*.
2. Mengetahui pengaruh pH media terhadap pertumbuhan dan profil fitokimia mikroalga pada kultivasi sistem *indoor farming*.
3. Mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan dan profil fitokimia mikroalga pada kultivasi sistem *indoor farming*.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

1. Memberikan informasi kombinasi pH dan intensitas cahaya yang optimal sebagai bahan acuan penelitian lanjutan.
2. Menjadi dasar dalam pengembangan sistem budidaya mikroalga secara *indoor* yang efisien dan terkontrol.
3. Mendukung peningkatan produksi biomassa mikroalga yang kaya akan senyawa seperti protein, lipid, karbohidrat, dan protein untuk optimalisasi kandungan *superfood*.