

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroalga halofilik adalah kelompok mikroorganisme fotosintetik yang mampu beradaptasi dan bertahan hidup pada lingkungan dengan kadar salinitas tinggi. Mikroalga ini umumnya ditemukan pada ekosistem hipersalin seperti danau garam, air laut garam, dan tambak garam (Kanekar & Kanekar, 2022). Bakteri halofilik terbagi atas 3 kelompok yaitu halofilik rendah (slighthalophiles) hidup pada kadar NaCl 0,2-0,5 M, halofilik sedang (moderatehalophiles) hidup pada kadar NaCl 0,5-2,5 M dan halofilik ekstrim (extremehalophiles) hidup pada kadar NaCl 2,5-5,2 M (Oren 2008). Keberadaannya memiliki peran penting dalam ekosistem karena berkontribusi pada siklus nutrien dan produksi biomassa. Beberapa mikroalga halofilik diketahui menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bernilai ekonomi seperti pigmen dan senyawa bioaktif. Salah satu jenis mikroalga halofilik yang banyak diteliti adalah *Dunaliella salina*, yang dikenal memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap kadar garam ekstrem. (Mishra *et al.*, 2008).

Dunaliella salina merupakan mikroalga hijau dari filum Chlorophyta yang tidak memiliki dinding sel kaku dan berkembang biak dalam salinitas yang sangat bervariasi dari 0,5 sampai 5,0 M NaCl, sehingga bentuk selnya fleksibel mengikuti kondisi lingkungannya (Karni dan Avron 1988). Sel ini biasanya berbentuk lonjong dengan dua flagela yang digunakan untuk pergerakan. Keunikan *Dunaliella salina* adalah kemampuannya menghasilkan pigmen karotenoid, khususnya β -karoten, dalam jumlah tinggi sebagai bentuk perlindungan dari kondisi stres lingkungan. Pigmen ini tidak hanya berfungsi bagi alga itu sendiri, tetapi juga memiliki nilai ekonomi tinggi dalam industri farmasi, pangan, dan kosmetik. Pertumbuhan dan produksi pigmen *Dunaliella salina* sangat dipengaruhi oleh parameter kualitas air, seperti intensitas cahaya, suhu, pH, dan terutama salinitas (Dewi *et al.*, 2023).

Pertumbuhan *Dunaliella salina* dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan yang berkaitan dengan kualitas air. Parameter yang berperan penting antara lain salinitas, pH, suhu, oksigen terlarut (DO), nitrat, dan fosfat yang menjadi sumber nutrien utama. Salinitas berpengaruh besar karena menentukan kemampuan osmoregulasi sel *Dunaliella salina*. Selain itu, pH dan suhu yang sesuai akan mendukung aktivitas enzimatik, sedangkan ketersediaan nitrat dan

fosfat memengaruhi pembentukan biomassa (Nisa *et al.*, 2020). *Dunaliella salina* dapat bertahan hidup dan bahkan berkembang optimal pada kondisi salinitas tinggi, seperti yang ditemukan pada tambak garam tradisional maupun modern. *Dunaliella salina* dapat hidup optimal di kolam garam pada salinitas garam 15% sampai 30% (Rodriguez *et al.*, 1985). Menurut Gunde *et al.*, (2009) pada kolam kristalisasi garam berwarna merah diakibatkan terjadi kepadatan komunitas *Halobacteriaceae*, sel *Dunaliella* sp. yang kaya beta karoten, dan spesies bakteri merah (*Salinibacter*). Kondisi kualitas perairan yang ekstrim dapat membentuk senyawa metabolit sekunder beta karoten pada *Dunaliella salina*, salah satu lingkungan ekstrim di Indonesia adalah lingkungan tambak garam (Mishra *et al.*, 2008).

Dunaliella salina memiliki potensi pemanfaatan skala industri yang sangat luas mulai dari farmasi, kosmetik, pangan fungsional, hingga pakan alami untuk akuakultur (Barbosa *et al.*, 2023). Hal ini dikarenakan biomassa mikroalga ini kaya akan senyawa bioaktif bernilai ekonomi tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar terbarukan, gliserol, protein, lipid, vitamin, dan beta-karoten (Barbosa *et al.*, 2023; Monte *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2025). Pigmen karotenoid yang terkandung pada *D. salina* merupakan kelompok karotenoid esensial, di antaranya alfa- dan beta-karoten, kriptoxantin, zeaxanthin, dan lutein (Çelebi *et al.*, 2021). Kandungan beta-karoten mikroalga ini berpotensi besar untuk dijadikan antioksidan. Senyawa yang terkandung pada *Dunaliella salina* sudah dimanfaatkan dalam industri makanan dan kesehatan, khususnya sebagai suplemen kesehatan (Hyršlova *et al.*, 2022). Produksi kadar beta karoten pada *Dunaliella salina* akan meningkat seiring kondisi lingkungan kualitas air salah satunya pada salinitas yang tinggi (Kusumaningrum & Zainuri, 2013). Kadar salinitas tinggi di Indonesia umumnya ditemui pada kolam produksi garam (Fauziah *et al.*, 2025).

Produksi garam merupakan salah satu sektor penting dalam pemanfaatan sumber daya pesisir yang terus mengalami perkembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil panen. Salah satu inovasi yang kini banyak diterapkan adalah metode tunnel dengan alas geomembran, yaitu sistem produksi garam dengan memanfaatkan terowongan tertutup berbahan plastik ultraviolet yang berfungsi seperti rumah kaca (Pramudia *et al.*, 2023). Metode tunnel dinilai lebih unggul dibandingkan metode Maduris dan Portugis karena

mampu mempercepat proses penguapan air laut hingga tiga kali lipat (Effendy *et al.*, 2014). Menurut Kurniawan *et al.*, (2019) metode tunnel dapat menghasilkan kristal garam dengan kadar kemurnian tinggi (lebih dari 98% NaCl), serta mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca dan kontaminasi dari debu, sehingga hasil yang diperoleh lebih putih, bersih, dan bernilai jual tinggi di pasaran. Dengan demikian analisis kelimpahan *Dunaliella salina* pada tambak garam metode tunnel dapat memberikan referensi dalam mengetahui kelimpahan *Dunaliella salina* dari kolam produksi garam yang meliputi kolam air laut, kolam bozem, kolam peminihan (brine), kolam kristalisasi, dan limbah bittern. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui jumlah kelimpahan, nilai signifikan, dan pengaruh kualitas air serta kandungan beta karoten melalui kolam produksi garam dengan jumlah kepadatan sel *Dunaliella salina*. Pentingnya analisis kelimpahan sel *Dunaliella salina* pada teknik produksi garam metode tunnel sebagai informasi awal tentang potensi pemanfaatan *Dunaliella salina* halofilik dengan kondisi lingkungan perairan yang ekstrem inilah yang melatarbelakangi kegiatan penelitian ini dilaksanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah karakteristik warna dan kepadatan sel mikroalga halofilik *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
2. Berapakah nilai kualitas air meliputi kekentalan (°Bé), suhu (°C), DO, pH dan intensitas cahaya (lux) pada habitat mikroalga ekstrim halofilik *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
3. Adakah pengaruh secara parsial tiap parameter kualitas perairan terhadap kepadatan mikroalga halofilik ekstrim *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
4. Adakah pengaruh secara simultan pada parameter kualitas perairan terhadap kepadatan mikroalga halofilik ekstrim *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
5. Berapakah kandungan beta karoten *Dunaliella salina* pada perlakuan kadar salinitas berbeda.

1.3 Batasan Masalah

Batasan sampel mikroalga *Dunaliella salina* halofilik yang diamati berasal dari 5 kolam yaitu kolam air laut, kolam bozem, kolam peminihan (brine), kolam

kristalisasi, dan limbah bittern pada metode tunnel yang ada di Kedai Reka Cipta, Kabupaten Pamekasan. Penelitian ini hanya ingin mengetahui karakteristik visual warna *Dunaliella salina*, kelimpahan *Dunaliella salina* dan faktor kualitas air meliputi kekentalan, suhu, DO dan intensitas cahaya yang mempengaruhinya. Penelitian ini hanya ingin melihat kadar kekentalan °Bé pada kolam produksi garam dan tidak sampai melakukan perhitungan konversi antar kadar garam seperti kadar Molar NaCl, persentase konsentrasi garam, salinitas ppt dan psu.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakter visual warna dan kepadatan sel mikroalga halofilik *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
2. Mengetahui nilai kualitas air meliputi kekentalan (°Bé), suhu (°C), DO, pH dan intensitas cahaya (lux) pada habitat mikroalga ekstrim halofilik *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
3. Menganalisis pengaruh tiap parameter kualitas perairan secara parsial meliputi kekentalan (°Bé), suhu (°C), DO, pH dan intensitas cahaya (lux) terhadap kepadatan mikroalga ekstrim halofilik *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
4. Menganalisis pengaruh parameter kualitas perairan secara simultan (bersama) meliputi kekentalan (°Bé), suhu (°C), DO, pH dan intensitas cahaya (lux) terhadap kepadatan mikroalga ekstrim halofilik *Dunaliella salina* pada masing masing kolam produksi garam metode tunnel.
5. Menganalisis kandungan beta karoten *Dunaliella salina* pada perlakuan kadar salinitas berbeda.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Akademisi

Penelitian ini memperkaya literatur ilmiah tentang ekologi mikroalga halofilik ekstrem dan faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhannya. Hasil penelitian menjadi referensi pengembangan metode kultivasi mikroalga yang efisien dan berkelanjutan di lingkungan hipersalin. Data pengaruh parameter kualitas air dengan kelimpahan *Dunaliella salina* dapat digunakan untuk mengembangkan model prediksi produktivitas mikroalga. Penelitian membuka peluang studi lanjutan tentang aplikasi bioteknologi mikroalga

halofilik dalam industri pangan, farmasi, dan biofuel.

2. Masyarakat

Penelitian memberikan informasi ilmiah kepada petani garam untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen melalui pengelolaan tambak yang optimal berbasis pemberian kultur mikroalga. *Dunaliella salina* dapat dimanfaatkan sebagai sumber beta-karoten alami untuk industri pangan dan suplemen kesehatan, menciptakan nilai tambah ekonomi bagi masyarakat lokal. Penerapan hasil penelitian dapat mengurangi ketergantungan impor garam industri dan menciptakan lapangan kerja baru di sektor bioteknologi mikroalga.

3. Stakeholder

Industri dapat menggunakan data penelitian untuk pengembangan teknologi produksi beta-karoten dan biomolekul bernilai tinggi secara komersial. Industri akuakultur dapat mengembangkan pakan ikan berbasis mikroalga yang berkualitas dan ramah lingkungan. Pemerintah dapat menggunakan temuan sebagai dasar kebijakan pengembangan industri garam nasional dan bioteknologi mikroalga. Investor dapat mengidentifikasi peluang bisnis di sektor bioteknologi mikroalga.