

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan karst merupakan ekosistem daratan yang memiliki kondisi hidrologi yang sangat khas karena tersusun atas batuan yang mudah mengalami pelarutan oleh air. Secara umum, tanah yang berkembang di daerah karst membentuk lapisan yang tipis dengan tingkat kesuburan yang berfluktuasi dari rendah hingga sedang (Chen *et al.*, 2025). Kondisi lingkungan pada kawasan ini sangat rentan mengalami kerusakan akibat eksploitasi dan penggalian batuan secara berlebihan untuk memenuhi permintaan batu kapur yang semakin meningkat (Prihatanto *et al.*, 2022). Selain itu, tanah kapur (*calcareous*) pada ekosistem ini dicirikan oleh dominasi kalsium karbonat yang memicu masalah fiksasi unsur hara secara signifikan (Jayadi *et al.*, 2023). Fenomena fiksasi tersebut menyebabkan unsur penting seperti fosfor terikat kuat oleh mineral tanah sehingga membatasi ketersediaannya untuk dapat diserap oleh akar tanaman. Pemupukan kimia yang diberikan secara terus-menerus dengan dosis berlebihan pada lahan ini justru sering kali menyebabkan pencemaran lingkungan dan ketidakseimbangan hara. Berbagai permasalahan berupa kekeringan tahunan serta minimnya unsur hara ini menjadi hambatan krusial dalam mengelola dan mengembangkan produktivitas pertanian di kawasan karst (Prihatanto *et al.*, 2022).

Untuk menanggulangi masalah degradasi lahan dan keterbatasan unsur hara tersebut, pemanfaatan agen biologis dari kelompok mikroalga atau *Cyanobacteria* menawarkan solusi pemupukan yang berkelanjutan. Pemanfaatan mikroalga

sebagai pupuk hayati diakui sebagai cara yang ramah lingkungan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan memacu pertumbuhan tanaman secara optimal (Gonçalves *et al.*, 2023). Aplikasi mikroalga dan *Cyanobacteria* sangat berharga karena biomassa organisme ini berperan sebagai sumber nutrisi dan karbon organik yang dapat langsung diaplikasikan ke dalam tanah. Penambahan asupan karbon dan nitrogen biologis ini menjadi kunci penting untuk mengatasi permasalahan pada lahan pertanian yang terdegradasi. Penggunaan pupuk hayati berbasis mikroalga ini juga terbukti efektif dalam menyuplai ketersediaan makronutrien serta mikronutrien yang krusial bagi ekosistem tanah (Sun *et al.*, 2026). Langkah ini sangat sejalan dengan upaya global untuk menggantikan ketergantungan yang tinggi terhadap pupuk kimia sintetis yang penggunaannya secara masif dapat merusak kesehatan lingkungan. Dengan demikian, integrasi sianobakteria ke dalam praktik pertanian mampu menyediakan alternatif pemupukan nutrisi yang lebih aman sekaligus mempertahankan produktivitas ekosistem daratan.

Salah satu spesies *Cyanobacteria* berfilamen yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai agen pupuk hayati adalah *Spirulina maxima* atau yang secara taksonomi juga disebut *Arthrospira maxima*. Mikroorganisme fotosintetik ini dikenal luas mampu tumbuh dengan cepat dalam medium akuatik dan mengakumulasi senyawa biologis bernilai tinggi di dalam selnya. Biomassa *Spirulina maxima* memiliki kekayaan nutrisi yang sangat melimpah, terutama karena kandungan protein utamanya yang dapat mencapai 60% hingga 70% dari total berat keringnya. Selain kaya akan protein, spesies ini juga mampu menyintesis dan mengakumulasi karbohidrat, polifenol, vitamin esensial, serta beragam jenis

asam amino (dos Santos *et al.*, 2024). Produk biomassa *Spirulina* juga menyimpan cadangan elemen makro dan mikro seperti fosfor, kalium, kalsium, besi, dan magnesium yang sangat dibutuhkan dalam proses metabolisme biologi. Kandungan nutrisi yang kompleks tersebut menjadikan ekstrak atau biomassa *Spirulina maxima* sangat efektif ketika diaplikasikan sebagai biostimulan untuk menunjang laju pertumbuhan bibit dan fisiologis tanaman (Gonçalves *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengayaan tanah menggunakan biomassa mikroalga ini diyakini mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara secara langsung tanpa harus meninggalkan residu toksik di lingkungan.

Melihat tingginya tingkat kepekaan serta parahnya degradasi lingkungan yang terjadi pada ekosistem karst, upaya pemulihan lahan secara biologis menjadi sangat krusial untuk segera diimplementasikan. Besarnya kemampuan *Spirulina maxima* dalam memperkaya ketersediaan hara, asam amino, serta nutrisi organik tanah menjadikan biomassa ini sebagai sebuah alternatif rehabilitasi yang sangat menjanjikan. Pemanfaatan biomassa sianobakteria ini tidak hanya berperan sebagai penyedia nutrisi tanaman, melainkan juga menekan dampak negatif dari penggunaan bahan kimia pertanian yang berlebihan. Keberhasilan dalam memproduksi dan mengaplikasikan agen biologis ini secara terukur diharapkan mampu menjadi solusi jangka panjang untuk memulihkan lahan kapur yang marginal (Gonçalves *et al.*, 2023). Proses kultivasi spesies ini juga dapat dioptimalkan secara ekonomis menggunakan limbah nutrisi organik sehingga aplikasinya dalam skala luas akan sangat menguntungkan bagi banyak pihak. Informasi komprehensif mengenai interaksi antara biomassa sianobakteria dengan

karakteristik kesuburan lahan kapur masih sangat terbatas, sehingga kajian empiris di bidang ini sangat mendesak untuk dilakukan. Berdasarkan seluruh pemaparan tersebut, maka penelitian mengenai kultivasi dan pemanfaatan biomassa sianobakteria berfilamen sebagai agen biologis ini sangat penting dan relevan untuk dilaksanakan.

1.2 Permasalahan

1. Bagaimana pertumbuhan *Spirulina maxima* pada media Zarrouk?
2. Bagaimana karakter fisiologi biomassa *Spirulina maxima* yang dihasilkan (kandungan protein, karbohidrat, lipid, serta pigmen)?
3. Bagaimana pengaruh aplikasi biomassa *Spirulina maxima* terhadap karakteristik tanah karst?

1.3 Tujuan

1. Menganalisis pertumbuhan *Spirulina maxima* pada media Zarrouk.
2. Melakukan karakterisasi biomassa *Spirulina maxima* yang dihasilkan, meliputi kandungan protein, karbohidrat, lipid, serta pigmen (klorofil a dan karotenoid).
3. Menguji pengaruh aplikasi biomassa *Spirulina maxima* terhadap kandungan bahan organik tanah (N dan P) serta aktivitas mikroorganisme tanah.

1.4 Manfaat

1. Menyediakan alternatif ramah lingkungan untuk perbaikan kualitas tanah yang terdegradasi di wilayah tropis.
2. Mendukung penerapan teknologi biologi dalam bidang pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*).

3. Menjadi dasar untuk penelitian lanjutan skala lebih besar dalam pemanfaatan biomassa *cyanobacteria* untuk peningkatan produktivitas tanaman pangan.