

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia memiliki wilayah bentang alam karst yang sangat luas, membentang dari Pulau Sumatera hingga Pulau Papua (Sulistiyowati, 2021). Kawasan karst di Indonesia mencakup luas sekitar 15,4 juta hektar yang mana mencakup hampir 20% dari total luas wilayah di Indonesia. Bentang alam karst terbentuk melalui proses pelarutan alami yang berlangsung terus-menerus oleh air hujan maupun air tanah pada batuan dasar kalsium karbonat seperti batu kapur dan dolomit karst (Verres, 2020). Keunikan morfologi karst terbentuk melalui mekanisme pelarutan dan pelindian batuan karbonat secara berkelanjutan, menjadikannya ekosistem yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan (Ford & Williams, 2007). Ekosistem karst merupakan ekosistem unik dengan adanya endokarst dan eksokarst yang membentuk gua-gua. Proses pembentukan karst berlangsung dalam jangka waktu geologis panjang. Proses ini menghasilkan bentang alam karst yang terdiri dari komponen endokarst dan epikarst berupa gua dan tanah karst. Secara umum, kawasan karst memiliki ciri lingkungan berupa lapisan tanah yang tipis dan kurang subur, pH tanah yang tidak stabil, serta ketersediaan air yang terbatas karena laju infiltrasi yang tinggi menuju lapisan bawah permukaan (Susilowati *et al.*, 2021).

Gua merupakan bagian endokarst yang memiliki kelembapan tinggi, cahaya sangat terbatas, serta kandungan nutrisi yang rendah. Gua merupakan lorong di bawah tanah yang terbentuk dari retakan-retakan sebagai akibat pelarutan batu gamping yang terbentuk dari formasi geologi alami yang dikenal

sebagai ekosistem yang ekstrem dan kondisi abiotik yang keras, sehingga hanya mikroorganisme yang mampu beradaptasi dengan ketersediaan nutrisi yang sangat terbatas yang dapat bertahan hidup (Wu *et al.*, 2015). Tanah karst terbentuk dari proses pelapukan batuan karbonat, terutama batu kapur dan dolomit, yang berlangsung sangat lama melalui interaksi air, CO₂, dan mikroorganisme. Tanah karst berada pada zona epikarst, yaitu zona pelapukan dan retakan di bagian paling atas sistem karst. Epikarst digambarkan sebagai lapisan batuan yang telah mengalami pelapukan kimia oleh air, menghasilkan rongga kecil, pori-pori, dan saluran tipis yang menjadi jalur awal infiltrasi air permukaan sebelum bergerak ke sistem bawah tanah yang lebih dalam. Terletak di bawah permukaan tanah, tepat di atas batuan karst yang lebih masif. Tanah karst ini memiliki kondisi pH cenderung basa, kandungan kalsium tinggi (Zerga, 2024). Tanah yang terbentuk dari hasil pelapukan batu kapur mengandung Ca²⁺ sangat tinggi, K⁺ rendah, Na⁺ sangat rendah, Mg²⁺ tergolong rendah sampai dengan sedang, dan kapasitas tukar kation (KTK) tergolong sedang sampai sangat tinggi (Soputan *et al.*, 2018).

Lingkungan karst yang ekstrem seperti, rendahnya kadar nutrisi, serta tingginya kandungan mineral. Berbagai mikroorganisme mampu bertahan hidup dan berkembang di dalamnya. Mikroorganisme tersebut beradaptasi terhadap kondisi yang ekstrem, sehingga menunjukkan adanya keragaman spesies, bahkan ditemukannya spesies baru yang belum teridentifikasi sebelumnya (Addeso, 2021). Lingkungan yang ekstrem merupakan alternatif yang sesuai untuk melakukan seleksi bakteri yang berpotensi menghasilkan enzim urease. Bakteri ureolitik dapat ditemukan pada stalaktit gua karst, pegunungan berkapur ataupun pada

sedimen tanah. Beberapa bakteri ureolitik yang telah isolasi dari daerah berkapur ditemukan di pegunungan kapur atau gua-gua karst termasuk dalam genus bakteri *Sporosarcina*, *Brevundimonas* (Wei *et al.*, 2015).

Bakteri ureolitik merupakan bakteri yang menghasilkan enzim urease yang berfungsi menghidrolisis urea menjadi amonia dan karbonat. Aktivitas enzim ini menyebabkan peningkatan pH lingkungan serta pembentukan ion karbonat yang kemudian bereaksi dengan ion kalsium membentuk endapan kalsium karbonat (CaCO_3). Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bakteri yang hidup di lingkungan kawasan karst memiliki kemampuan untuk mengendapkan kalsium karbonat (CaCO_3) dan berperan dalam pembentukan ornamen gua melalui aktivitas enzim urease, meskipun kondisi gua memiliki ketersediaan nutrisi yang sangat terbatas. Beberapa mikroba yang terdapat di kawasan karst memiliki kemampuan untuk menghasilkan endapan CaCO_3 pada permukaan selnya, yang berkontribusi dalam pembentukan struktur gua seperti stalaktit, stalagmit, dan bristel (Tomczyk-Zak *et al.*, 2016).

Beragam spesies mikroba diketahui berperan dalam proses pengendapan mineral karbonat di berbagai lingkungan alami (Hammes *et al.*, 2003). Banyak Beragam spesies mikroba diketahui berperan dalam proses pengendapan mineral karbonat di berbagai lingkungan alami (Hammes *et al.*, 2003). Banyak mikroorganisme dari berbagai habitat alami seperti gua, laut, dan tanah diketahui berperan dalam pembentukan kalsit melalui aktivitas metabolisme. Proses terbentuknya endapan kalsium karbonat yang terjadi akibat aktivitas mikroorganisme disebut *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP), yaitu

mekanisme biologis di mana mikroba berperan dalam memicu presipitasi mineral kalsit. Dalam proses *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP), pembentukan mineral kalsium karbonat (CaCO_3) terjadi akibat interaksi antara berbagai produk samping metabolik mikroorganisme dengan ion kalsium yang terdapat di lingkungan mikro. Proses ini merupakan hasil dari aktivitas metabolik mikroorganisme yang menghasilkan kalsium karbonat (CaCO_3) (Zada *et al.*, 2015). Proses ini merupakan hasil dari aktivitas metabolik mikroba yang mampu menghasilkan endapan kalsium karbonat. Beragam jalur biologis, seperti hidrolisis urea, fotosintesis, reduksi nitrat dan sulfat, serta berbagai proses biokimia lainnya, berkontribusi terhadap peningkatan tingkat kejenuhan karbonat yang pada akhirnya memicu presipitasi CaCO_3 (Chuo *et al.*, 2020).

Pada penelitian sebelumnya Febria *et al.* (2015), ditemukan sebanyak 42 isolat bakteri dari Goa Baba. Masing-masing 21 isolat dari stalaktit, 9 isolat dari batu gamping, dan 12 isolat dari flowstone. Aktivitas urease hanya diujikan terhadap isolat dari ornamen flowstone. Dari 12 isolat yang diujikan 10 isolat diantaranya positif memiliki aktivitas enzim urease. Pada penelitian Rohmah (2021), 29 isolat bakteri speleothem gua Baba didapatkan 12 isolat bakteri yang terindikasi menghasilkan enzim urease. Dua belas isolat bakteri ureolitik speleothem gua Baba mampu mempresipitasi kalsium karbonat dengan berat presipitat 3 tertinggi pada isolat BSM 2, BFL 6 dan BGR 3, dan penelitian Ayunda (2025), diperoleh dari 15 total isolat yang diperoleh dari Gua Ngalau Tarang, Agam, Sumatera Barat, hanya tiga isolat (STC 4, STKG 3, dan FLS 4)

yang menunjukkan aktivitas urease positif. Di antara ketiganya, isolat STC 4 menghasilkan presipitat CaCO_3 tertinggi sebesar 0,47 gram.

Sejauh ini penelitian mengenai eksplorasi bakteri ureolitik dari kawasan karst di daerah Sumatera Barat masih terbatas, sehingga dilakukan eksplorasi bakteri ureolitik dari Kawasan Karst *Geosite* Silokek. Penelitian ini memiliki peran penting untuk memahami bakteri yang terdapat pada karst gua yang menghasilkan enzim urease, yang berperan penting dalam proses pengendapan kalsium karbonat (CaCO_3). Bakteri tersebut tidak hanya berkontribusi terhadap pembentukan kawasan karst yang miskin nutrisi, tetapi juga memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam bidang seperti biocementation dan bioremediasi melalui mekanisme *Microbial-Induced Calcium Carbonate Precipitation* (MICP).

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah ditemukan isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim urease dari kawasan Karst *Geosite* Silokek, Sijunjung, Sumatera Barat?
2. Apakah isolat bakteri tersebut mampu membentuk presipitasi kalsium karbonat (CaCO_3)?
3. Apa saja karakteristik isolat bakteri yang ditemukan di Karst *Geosite* Silokek, Sijunjung, Sumatera Barat?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan isolat bakteri dari kawasan Karst Silokek yang terindikasi menghasilkan enzim urease.

2. Menguji kemampuan isolat bakteri yang didapat dalam menghasilkan mempresipitasi kalsium karbonat (CaCO_3).
3. Melakukan karakterisasi isolat bakteri dari kawasan Karst Silokek.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk memberikan pemahaman mengenai bakteri yang terdapat pada karst gua yang menghasilkan enzim urease, yang berperan penting dalam proses pengendapan kalsium karbonat (CaCO_3). Bakteri tersebut tidak hanya berkontribusi terhadap pembentukan kawasan karst dan memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam bidang bioteknologi.

