

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Industri kosmetik mengalami perkembangan pesat seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan dan perawatan kulit. Produk kosmetik diformulasikan untuk meningkatkan kesehatan kulit secara keseluruhan. Formulasi kosmetik memerlukan berbagai bahan tambahan yang mampu menjaga stabilitas dan efektivitas produk, salah satunya adalah surfaktan. Surfaktan yang digunakan dalam industri kosmetik dapat berasal dari sumber sintesis maupun alami. Saat ini, penggunaan surfaktan alami semakin diminati dibandingkan surfaktan sintesis (Adu dkk., 2020a). Salah satu surfaktan alami yang banyak digunakan dalam formulasi kosmetik adalah lesitin yang berasal dari kedelai. Meskipun efektif sebagai agen pengemulsi dan penstabil emulsi, proses isolasi dan pemurnian lesitin dari sumber tumbuhan memerlukan biaya yang relatif tinggi dan waktu produksi yang panjang (Estiasih dkk., 2013). Oleh karena itu, diperlukan senyawa yang diproduksi secara lebih efisien, berkelanjutan, dan ekonomis.

Salah satu alternatif yang berpotensi menggantikan surfaktan alami konvensional adalah biosurfaktan (Nasser dkk., 2024). Biosurfaktan merupakan senyawa amfifilik yang diproduksi oleh mikroorganisme dan memiliki gugus hidrofilik serta hidrofobik dalam satu molekul sehingga mampu menurunkan tegangan permukaan dan membentuk emulsi yang stabil (Puyol dkk., 2024). Berdasarkan struktur kimianya, biosurfaktan dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan, antara lain glikolipid, lipopeptida, lipoprotein, fosfolipid, dan asam lemak. Selain itu, berdasarkan berat molekulnya, biosurfaktan dibedakan menjadi biosurfaktan berat molekul rendah, seperti glikolipid dan lipopeptida, serta biosurfaktan berat molekul tinggi, seperti polisakarida, protein amfipatik, lipoprotein, dan lipopolisakarida (Ashita & Mathew, 2020). Biosurfaktan memiliki berbagai keunggulan, antara lain bersifat biodegradable, memiliki toksisitas rendah, biokompatibel terhadap kulit manusia,

stabil pada kondisi lingkungan yang ekstrem, serta dapat diproduksi dari sumber daya yang terbarukan (Adu dkk., 2020a). Karakteristik tersebut menjadikan biosurfaktan sebagai kandidat surfaktan alami yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi, termasuk industri kosmetik.

Selain berfungsi sebagai surfaktan, biosurfaktan juga diketahui memiliki berbagai aktivitas biologis yang dapat memberikan nilai tambah pada formulasi kosmetik. Beberapa biosurfaktan dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang berperan dalam menangkal radikal bebas penyebab kerusakan kulit. Essghaier dkk (2023) melaporkan bahwa biosurfaktan yang diproduksi oleh *Pantoea alhagi* mampu meredam radikal bebas DPPH. Aktivitas antibakteri juga telah dilaporkan pada biosurfaktan yang dihasilkan oleh *Burkholderia* sp. WYAT7 terhadap *Escherichia coli* dan *Salmonella paratyphi* (Ashita & Mathew, 2020). Selain itu, (Gupta dkk., 2017) melaporkan bahwa biosurfaktan yang diproduksi oleh *Bacillus licheniformis* SV1 menunjukkan aktivitas antiinflamasi yang ditandai dengan sitokompatibilitas yang baik serta peningkatan proliferasi sel fibroblas. Aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi tersebut merupakan sifat yang sangat dibutuhkan dalam aplikasi kosmetik.

Berbagai jenis mikroorganisme telah dilaporkan mampu menghasilkan biosurfaktan, salah satunya adalah mikroorganisme endofit. Endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan efek merugikan bagi tanaman inangnya (Marchut dkk., 2018). Munakata dkk (2022) melaporkan bahwa bakteri endofit yang diisolasi dari akar wangi memproduksi biosurfaktan golongan lipopeptida. Chopra dkk (2020) mengidentifikasi rhamnolipid sebagai biosurfaktan utama yang dihasilkan oleh *Pseudomonas aeruginosa* RTE4 yang diisolasi dari tanaman teh. Sementara itu, Ashita & Mathew (2020) melaporkan keberadaan biosurfaktan golongan glikolipid pada *Burkholderia* sp. WYAT7. Temuan tersebut menunjukkan bahwa bakteri endofit merupakan sumber potensial penghasil biosurfaktan.

Potensi bakteri endofit sebagai penghasil biosurfaktan diperkirakan semakin besar apabila berasal dari tanaman yang tumbuh pada lingkungan ekstrem. Salah satu lingkungan ekstrem yang berpotensi menjadi sumber mikroorganisme penghasil metabolit bioaktif adalah lingkungan geotermal. Lingkungan geotermal memiliki karakteristik fisikokimia yang khas, meliputi suhu tinggi, pH yang bervariasi, serta kandungan mineral yang beragam (Pacwa dkk., 2011). Kondisi tersebut mendorong mikroorganisme untuk beradaptasi sehingga berpotensi menghasilkan senyawa bioaktif dengan karakteristik yang unik dan bernilai tinggi. Oleh karena itu, lingkungan geotermal merupakan sumber yang potensial untuk dieksplorasi dalam pencarian mikroorganisme penghasil biosurfaktan (Deravian & Mulligan, 2025).

Tim Riset Biotransformasi Departemen Kimia Universitas Diponegoro telah melakukan eksplorasi bakteri endofit dari tanaman paku yang tumbuh di kawasan sumber air panas Gedong Songo, Semarang. Penelitian Intan (2024) berhasil mengisolasi 16 bakteri endofit dari tanaman tersebut. Selanjutnya, hasil skrining aktivitas penyebaran minyak yang dilakukan oleh Keshia (2025) menunjukkan bahwa seluruh isolat memiliki kemampuan menghasilkan biosurfaktan, namun hanya tiga isolat yang menunjukkan kapasitas tinggi, salah satunya adalah isolat D9. Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat D9 berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber biosurfaktan.

Meskipun kemampuan produksi biosurfaktan oleh bakteri endofit telah banyak dilaporkan, karakteristik biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri endofit daun paku geotermal isolat D9 hingga saat ini belum pernah dikaji. Selain itu, potensi bioaktivitas biosurfaktan tersebut, meliputi aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi, juga belum pernah dievaluasi. Kesenjangan pengetahuan tersebut menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengungkap karakteristik dan potensi biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya informasi ilmiah mengenai biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri endofit daun paku geotermal serta menjadi dasar bagi pengembangan biosurfaktan sebagai bahan aktif alami yang berpotensi diaplikasikan dalam formulasi kosmetik.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fenotipik dan identitas genotipik bakteri endofit isolat D9?
2. Bagaimana kemampuan biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9 dalam menurunkan tegangan antarmuka melalui aktivitas penyebaran dan emulsifikasi minyak?
3. Bagaimana karakteristik kimia biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9 berdasarkan sifat anionik, keberadaan gugus peptida, dan profil struktur kimianya?
4. Bagaimana aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9?

I.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengeksplorasi potensi biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri endofit isolat D9 yang diisolasi dari daun paku geotermal melalui identifikasi bakteri, karakterisasi biosurfaktan, serta evaluasi bioaktivitasnya sebagai kandidat bahan aktif alami untuk aplikasi kosmetik.

Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan karakteristik fenotipik dan identitas genotipik bakteri endofit isolat D9.
2. Mengevaluasi kemampuan biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9 dalam aktivitas penyebaran dan emulsifikasi minyak.
3. Mengkarakterisasi sifat kimia biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9 berdasarkan sifat anionik, keberadaan gugus peptida, dan profil struktur kimianya menggunakan metode metilen biru, biuret, FTIR, dan GC-MS.
4. Mengevaluasi aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi biosurfaktan yang dihasilkan oleh isolat D9 melalui metode DPPH, ABTS, FRAP, pengujian antibakteri, penghambatan denaturasi protein, dan penghambatan aktivitas enzim protease

I.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri endofit dari lingkungan geotermal, khususnya yang berkaitan dengan karakteristik, struktur kimia, dan bioaktivitasnya. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan biosurfaktan sebagai bahan aktif alami yang berpotensi diaplikasikan dalam berbagai bidang, termasuk industri kosmetik. Secara khusus, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai keanekaragaman bakteri endofit yang hidup pada lingkungan geotermal serta potensinya sebagai penghasil biosurfaktan dan senyawa bioaktif alami.
2. Menambah informasi ilmiah mengenai potensi biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit sebagai alternatif surfaktan alami yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan berpotensi menggantikan penggunaan surfaktan sintetis.
3. Memperkaya pengetahuan mengenai karakteristik kimia biosurfaktan, termasuk sifat anionik, keberadaan gugus peptida, dan profil struktur penyusunnya, sehingga dapat mendukung pemahaman hubungan antara struktur molekul dan fungsi biosurfaktan.
4. Memberikan informasi mengenai potensi bioaktivitas biosurfaktan isolat D9, meliputi aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi, yang dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dan pengembangan pemanfaatan biosurfaktan dalam berbagai aplikasi.