

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Selulosa merupakan salah satu jenis biopolimer paling berlimpah di alam (Acharya et al., 2021). Secara struktur selulosa sebagai polimer memiliki ikatan hidrogen yang kuat sehingga memberikan sifat kokoh dan tidak mudah larut di dalam air maupun senyawa kimia lain (Suohoka & Jolantje, 2018). Selulosa menjadi salah satu bahan yang banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang kosmetik, biomedis, tekstil, kertas, dan farmasi (Boby et al., 2021; Seddiqi et al., 2021). Hal tersebut dikarenakan selulosa memiliki sifat seperti dapat terbarukan, mudah terdegradasi, tahan panas, tidak beracun, dan memiliki sifat biokompatibilitas yang baik (Long et al., 2018). Sumber selulosa di alam dapat berasal dari tumbuhan, hewan (tunikata), alga, fungi (Oomycetes), dan beberapa jenis bakteri (Zanchetta et al., 2021). Menurut McNamara et al. (2015) produksi selulosa dengan skala besar berasal dari tumbuhan. Namun, selulosa yang dihasilkan oleh tumbuhan masih mengandung lignin, pektin, dan hemiselulosa (Pradana et al., 2017). Sehingga diperlukan alternatif untuk mendapatkan sumber selulosa dengan produksi besar, mudah, murah, cepat dan ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan selulosa dari bakteri (Maryam et al., 2019).

Selulosa bakteri (*bacterial cellulose*) merupakan polisakarida ekstraseluler (eksopolisakarida) yang dihasilkan dari proses fermentasi bakteri (Chasanah et al., 2022; Santoso et al., 2022). Selulosa bakteri memiliki struktur seperti gel, tebal, transparan, bertekstur kenyal, dan berwarna putih hingga kekuningan (Iqbal et al., 2022; Rohmah et al., 2022). Secara struktur kimia selulosa bakteri serupa dengan tumbuhan (Amr & Hassan, 2022). Namun, terdapat beberapa perbedaan baik dari sifat fisik maupun sifat kimianya. Selulosa bakteri memiliki keunggulan dibandingkan selulosa tumbuhan diantaranya kemurnian tinggi (tidak mengandung linin, pektin, dan hemiselulosa), kristalinitas tinggi (84–89%), kelenturan tinggi (50%), porositas tinggi (85–94%), dan daya serap air tinggi (190%) (Naomi et al., 2020; Chausse et al., 2024; Carvalho et al., 2025). Keunggulan tersebut menjadikan selulosa bakteri banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti produk pangan, pembalut luka, masker, membran filter, dan kemasan ramah lingkungan

(Absharina et al., 2025). Jenis bakteri yang telah dilaporkan dapat memproduksi selulosa diantaranya *Acetobacter hensenii*, *Acetobacter pasteurianum*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Bulkholderia* spp., *Dickeya dadantii*, *Erwinia chrysanthemi*, *Novacetimonas hansenii*, *Rhizobium leguminosarum*, *Pseudomonas putida*, *Komagataeibacter europaeus*, *Komagataeibacter intermedius*, *Komagataeibacter rhaeticus*, *Komagataeibacter medellinensis*, *Komagataeibacter oboediens*, dan *Komagataeibacter xylinus* (Römling & Michael, 2015; Wang, 2019; Ryngajllo et al., 2019; Potocnik et al., 2023).

Komagataeibacter xylinus sebelumnya disebut *Acetobacter xylinum* atau *Gluconacetobacter xylinus* merupakan salah satu jenis bakteri yang umum digunakan untuk memproduksi selulosa di berbagai jenis sumber nutrisi (Hur et al., 2020). Bakteri *K. xylinus* termasuk dalam jenis bakteri gram-negatif aerobik yang dapat menghasilkan asam asetat dan juga selulosa ekstraseluler (Lavasani et al., 2017). *K. xylinus* dapat menghasilkan selulosa pada pH optimal sekitar 3,5-4,5 dan suhu optimal berkisar 28-30°C (Volova et al., 2018). Menurut Napitupulu et al. (2022) dan Al-Deresawi et al. (2023) bakteri *K. xylinus* memiliki kemampuan untuk mensintesis selulosa dari berbagai substrat yang mengandung sumber nitrogen dan sumber karbon seperti galaktosa, glukosa, fruktosa, xilosa, sukrosa, laktosa, maltosa, mannitol, dan gliserol.

Penggunaan berbagai substrat telah banyak dikaji untuk meningkatkan produksi selulosa oleh bakteri. Salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai substrat alami untuk produksi selulosa bakteri yaitu rumput laut. *Gracilaria* sp. merupakan salah satu jenis rumput laut merah yang banyak dibudidayakan di Indonesia (Abidin et al., 2022). Namun, hingga saat ini rumput laut *Gracilaria* sp. hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku agar komersil. Menurut Kawaroe et al. (2016), *Gracilaria* sp. diketahui memiliki kandungan nutrisi seperti nitrogen dan karbohidrat yang cukup tinggi. Salah satu sumber karbohidrat yang terdapat di dalam *Gracilaria* sp. yaitu agar (Park & Jeong, 2021). Selain agar, rumput laut *Gracilaria* sp. juga mengandung beberapa jenis gula sederhana seperti galaktosa, glukosa, xilosa, arabinosa, manosa, dan fukosa (Chirapart et al., 2014; Zakaria et al., 2020). Adanya kandungan nitrogen dan

karbohidrat pada rumput laut *Gracilaria* sp. dapat berpotensi sebagai substrat untuk memproduksi selulosa oleh bakteri.

Penelitian terkait rumput laut sebagai substrat untuk produksi selulosa bakteri sebelumnya telah diteliti diantaranya oleh Purwaningsih et al. (2007) yang mengkaji pemanfaatan *Gracilaria* sp. sebagai substrat untuk produksi selulosa oleh bakteri *K. xylinus* pada berbagai variasi konsentrasi sukrosa dan ammonium sulfat. Selain itu, Bancin (2021) juga melakukan penelitian terkait kombinasi *Gracilaria* sp. dengan berbagai variasi perlakuan volume air kelapa sebagai substrat untuk produksi selulosa oleh bakteri *K. xylinus*. Penelitian lainnya oleh Rohmah et al. (2022), yang mengkaji pengaruh variasi konsentrasi *Gracilaria* sp. dengan penambahan gula aren dan ammonium sulfat untuk memproduksi selulosa oleh bakteri *K. xylinus*.

Selain dipengaruhi oleh sumber nutrisi, produksi selulosa juga sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi substrat dan waktu fermentasi. Menurut Utami et al. (2021), konsentrasi substrat dan waktu fermentasi yang optimal dapat meningkatkan produksi selulosa oleh bakteri. Hal ini dikarenakan, waktu fermentasi yang tepat memungkinkan bakteri dapat memproduksi selulosa dengan maksimal (Putri et al., 2021), sedangkan konsentrasi substrat yang optimal dapat menyediakan sumber karbon dan nitrogen yang cukup sebagai sumber energi untuk pertumbuhan sel bakteri dan pembentukan selulosa (Hardianti et al., 2019; Santosa et al., 2021). Penelitian mengenai pengaruh konsentrasi *Gracilaria* sp. untuk produksi selulosa bakteri sebelumnya telah dilakukan oleh Rohmah et al. (2022), dimana pada penelitiannya menggunakan variasi konsentrasi *Gracilaria* sp. 2%, 3%, dan 4% dengan penambahan gula aren 12.5 %, amonium sulfat 1%, dan starter *A. xylinum* 10%. Namun penelitian sebelumnya, rentang konsentrasi *Gracilaria* sp. sebagai substrat masih sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu dilakukan eksplorasi konsentrasi *Gracilaria* sp. yang lebih luas untuk mengetahui batas minimal dan maksimal efektifnya *Gracilaria* sp. untuk memproduksi selulosa bakteri. Selain itu, penelitian terkait optimasi waktu fermentasi terhadap produksi selulosa bakteri menggunakan *Gracilaria* sp. sebagai substratnya hingga saat ini masih belum dilakukan. Optimasi waktu fermentasi sangat penting dilakukan untuk memperoleh selulosa bakteri

dengan kualitas terbaik dalam jangka waktu yang relatif singkat. Selulosa bakteri terbaik yang diperoleh dari hasil optimasi konsentrasi *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi juga perlu dikarakterisasi lebih lanjut untuk mengetahui struktur gugus fungsi, morfologi, diameter fibril, dan kandungan senyawa kimianya.

Jenis bakteri yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 yang diperoleh dari *Indonesian Culture Collection* (InaCC), Badan Riset dan Inovasi nasional (BRIN), Bogor, Indonesia. Bakteri *K. xylinus* InaCC B417 diisolasi dari buah manggis telah dilaporkan dapat menghasilkan selulosa bakteri pada substrat nira siwalan dan molase (Hapsari *et al.*, 2024). Kemampuan bakteri *K. xylinus* InaCC B417 tersebut dapat berpotensi sebagai isolat bakteri untuk memproduksi selulosa dari rumput laut *Gracilaria* sp. sebagai sumber substratnya. Penelitian mengenai produksi selulosa oleh bakteri *K. xylinus* InaCC B417 dengan menggunakan *Gracilaria* sp. sebagai substrat hingga saat ini belum pernah dilaporkan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan melakukan optimasi produksi selulosa bakteri *K. xylinus* InaCC B417 dengan berbagai variasi konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi. Selain itu, penelitian ini juga akan mengkarakterisasi selulosa bakteri optimal meliputi ketebalan, berat basah, berat kering, gugus fungsi, morfologi permukaan, diameter mikrofibril, diameter pori, dan kandungan senyawa kimia.

B. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapakah konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. yang optimal bagi bakteri *K. xylinus* InaCC B417 untuk memproduksi selulosa dikaji dari sifat fisik (ketebalan, berat basah, dan berat kering)?
2. Berapakah waktu fermentasi optimal bagi bakteri *K. xylinus* InaCC B417 untuk memproduksi selulosa pada konsentrasi rumput laut *Gracilaria* sp. yang optimal dikaji dari sifat fisik (ketebalan, berat basah, dan berat kering)?
3. Bagaimana karakteristik fisikokimia (ketebalan, berat basah, berat kering, gugus fungsi, morfologi permukaan, diameter mikrofibril, diameter pori dan kandungan senyawa kimia) dari selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *K. xylinus* InaCC B417 pada perlakuan konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi yang optimal?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. yang optimal bagi bakteri *K. xylinus* InaCC B417 untuk memproduksi selulosa
2. Mendapatkan waktu fermentasi yang optimal bagi bakteri *K. xylinus* InaCC B417 untuk memproduksi selulosa pada konsentrasi rumput laut *Gracilaria* sp. yang optimal
3. Mengetahui karakteristik fisikokimia (ketebalan, berat basah, berat kering, gugus fungsi, morfologi permukaan, diameter mikrofibril, diameter pori, dan kandungan senyawa kimia) dari selulosa bakteri yang dihasilkan oleh bakteri *K. xylinus* InaCC B417 pada perlakuan variasi konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi optimal

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu memperoleh kondisi optimal bagi bakteri *K. xylinus* InaCC B417 untuk menghasilkan selulosa terbaik dengan penggunaan substrat rumput laut *Gracilaria* sp. yang efisien dan waktu fermentasi yang relatif singkat. Selain itu, diperoleh juga informasi tentang karakteristik selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *K. xylinus* InaCC B417 dari perlakuan konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi optimal meliputi ketebalan, berat basah, berat kering, morfologi permukaan, diameter mikrofibril, diameter pori, gugus fungsi dan kandungan senyawa kimia. Informasi bakteri *K. xylinus* InaCC B417 sebagai penghasil selulosa diharapkan dapat dikembangkan untuk aplikasi selulosa bakteri pada berbagai bidang seperti biomedis, kosmetik, dan tekstil.