

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Krisis energi saat ini menjadi masalah serius di seluruh dunia karena kebutuhan energi terus meningkat, sementara ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis (Singh dkk., 2024). Kondisi ini mendorong untuk mencari sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (Chaturvedi dan Verma, 2016). Bioenergi adalah salah satu solusi yang memanfaatkan biomassa dan limbah organik sebagai sumber energi terbarukan (Zhou dkk., 2013). Di antara berbagai teknologi bioenergi, *Microbial Fuel Cell* (MFC) menjadi pilihan menarik karena kemampuannya mengubah limbah organik secara langsung menjadi listrik tanpa proses pembakaran (Ömeroğlu dan Sanin, 2016). Selain berfungsi sebagai sumber energi, MFC juga memiliki peran penting dalam pengolahan limbah cair untuk menjadi salah satu solusi permasalahan yang terjadi (Watanabe, 2008).

Microbial Fuel Cell merupakan sebuah sistem bioelektrokimia yang menggunakan mikroorganisme untuk mengubah senyawa organik menjadi energi listrik (Du dkk., 2007). Pada bagian anoda, mikroorganisme akan mengoksidasi substrat organik dan melepaskan elektron yang kemudian dialirkan ke katoda (Zhou dkk., 2014). Proses transfer elektron di anoda ini merupakan tahap utama yang menentukan seberapa besar listrik yang dapat dihasilkan oleh MFC (Raghavulu dkk., 2011a). Oleh karena itu, keberhasilan dan efektivitas MFC sangat bergantung

pada kemampuan mikroorganisme dalam mentransfer elektron serta kecocokan mikroorganisme dengan jenis substrat yang digunakan (Pandya dkk., 2024)

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroorganisme eukariotik yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi bioteknologi karena ketahanan fisiologisnya dan kemampuannya untuk melakukan metabolisme aerobik dan anaerobik atau bahkan semi anerobik dengan memanfaatkan glukosa sebagai substrat utama (Sheikh dkk., 2016). Sifat non patogen *Saccharomyces cerevisiae* sangat berperan dalam keunggulannya sebagai mikroorganisme yang aman digunakan (Nightingale dkk., 2019). Studi juga menunjukkan bahwa sel ragi dapat membentuk biofilm yang stabil sehingga menghasilkan elektron lebih tinggi (Rossi dkk., 2015).

Saccharomyces cerevisiae telah banyak diteliti sebagai biokatalis dalam sistem MFC karena kemampuannya menghasilkan listrik melalui aktivitas metabolik. Dalam penelitian oleh Rahimnejad dkk. (2012), penambahan mediator elektron *thionine* meningkatkan kecepatan transfer elektron MFC berbasis *Saccharomyces cerevisiae* (Rahimnejad dkk., 2012). Tanpa mediator eksternal *Saccharomyces cerevisiae* tetap mampu mentransfer elektron melalui mediator internal alami seperti NADH dan FADH₂ (Raghavulu dkk., 2011). Faktor desain reaktor juga berperan penting, Shirpay (2021) menunjukkan bahwa penggunaan elektroda berukuran kecil dapat mengurangi hambatan aktivasi dan meningkatkan daya serta arus listrik yang dihasilkan (Shirpay, 2021). Christwardana dkk. (2023) menggabungkan *Saccharomyces cerevisiae* dengan enzim glukosa oksidase

sebagai *ko-biocatalyst* mampu meningkatkan daya dibandingkan penggunaan yeast tunggal (Christwardana dkk., 2023).

Optimalisasi performa *Saccharomyces cerevisiae* dalam sistem MFC sangat bergantung pada ketersediaan nutrisinya. Salah satu sumber nutrisinya adalah nitrogen berfungsi sebagai elemen esensial dalam biosintesis protein, pembentukan enzim glikolitik seperti hexokinase, serta enzim dehidrogenase yang penting dalam jalur transfer elektron (Masucci dkk., 2014). Penambahan nitrogen yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan sel dan proses metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* (Bisson dkk., 2016). Ketersediaan nitrogen juga membantu pembentukan biofilm yang lebih padat dan aktif secara elektrokimia di permukaan elektroda, yang berdampak langsung pada peningkatan efisiensi sistem MFC (Xiao dan Zhao, 2017).

Sejalan dengan pentingnya peran nitrogen tersebut, jenis dan konsentrasi sumber nitrogen yang digunakan dalam medium kultur *Saccharomyces cerevisiae* memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan sel serta produksi listrik pada sistem MFC (Moneton dkk., 1986). Pepton sebagai campuran asam amino dan peptida berbentuk struktur primer menyediakan sumber nitrogen yang cepat diserap oleh mikroorganisme (Cabrera dkk., 2000). Trypton merupakan produk hidrolisis kasein dengan kandungan nitrogen spesifik berbentuk struktur primer dan mampu mendukung proses fermentasi lebih cepat (Nofa dkk., 2014). Bovine Serum Albumin (BSA) merupakan protein murni dengan bentuk protein globular besar dan kandungan nitrogen tinggi (Cabrera dkk., 2000). Penelitian terhadap ketiga jenis ini penting untuk menentukan sumber dan dosis nitrogen terbaik dalam meningkatkan

output elektrokimia *Saccharomyces cerevisiae* dalam sistem MFC (Kamel dkk., 2004).

Mempertimbangkan pentingnya sumber nutrisi dan substrat yang mendukung aktivitas metabolik *Saccharomyces cerevisiae* dalam sistem MFC, limbah dari industri menjadi alternatif substrat yang sangat potensial. Limbah dari industri gula dan makanan manis dapat digunakan sebagai substrat dalam MFC (Pandya dkk., 2024). Limbah ini mengandung berbagai macam substrat termasuk glukosa dan protein yang sangat cocok untuk metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* (Baptista dkk., 2021). Proses pengolahan limbah dapat berlangsung bersamaan dengan produksi listrik dan meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan (Peng dkk., 2023). Dengan meningkatnya permintaan akan teknologi ramah lingkungan, pemanfaatan limbah dalam MFC memberikan solusi strategis yang mendukung pengelolaan limbah dan energi berkelanjutan (Watanabe, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak penambahan sumber nitrogen berupa substrat pada inkubasi *Saccharomyces cerevisiae* dengan melakukan tiga jenis substrat dengan tiga variasi konsentrasi berbeda pada tiap masing-masing substrat. Variasi jenis substrat terdiri dari pepton, tripton, dan *Bovine Serum Albumine* (BSA) dengan konsentrasi yaitu 1 mg/mL; 2,5 mg/mL; dan 5 mg/mL pada tiap sumber nitrogen. Variasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada efek yang signifikan dari penambahan sumber nitrogen terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode sel setengah dan sel penuh, dengan tujuan menjawab tujuan penelitian

yang ada. Metode sel setengah hanya melibatkan satu elektroda yang mendukung reaksi oksidasi atau reduksi pada *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan elektron. Metode ini digunakan untuk memahami reaksi biokimia yang terlibat serta potensial elektrokimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Analisis yang dilakukan meliputi uji voltametri siklik, laju penentu, konstanta laju transfer elektron (K_s), perubahan pH dan kadar alkohol. Sementara metode sel penuh merupakan sel lengkap yang menggunakan dua elektroda (anoda dan katoda) bersama dengan membran nafion untuk mengukur potensial sel secara menyeluruh. Metode ini lebih berfokus pada penghasilan energi listrik oleh *Saccharomyces cerevisiae* melalui metabolisme dan interaksi elektroda. Analisis yang dilakukan adalah analisis voltase, rapat daya maksimum, dan bobot biofilm yang terbentuk pada anoda.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh karakteristik elektrokimia dari *Saccharomyces cerevisiae* MFC pada variasi sumber nitrogen dan variasi konsentrasi pada pepton, tripton, dan BSA.
2. Memperoleh data kinerja MFC yang menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai biokatalis pada variasi sumber nitrogen dan variasi konsentrasi pada pepton, tripton, dan BSA.
3. Mendapatkan jenis sumber nitrogen terbaik pada MFC yang menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai biokatalis pada variasi sumber nitrogen dan variasi konsentrasi pada pepton, tripton, dan BSA.