

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Limbah dari industri pengolahan *seafood* diperkirakan terus meningkat setiap tahunnya, dimana pada tahun 2030 jumlahnya akan mencapai sekitar 204 juta ton (Venugopal, 2021). Peningkatan jumlah limbah dari industri pengolahan *seafood* yang mengandung protein, minyak, karotenoid, mineral dan senyawa lainnya dapat mengurangi persediaan oksigen pada ekosistem, sehingga berbahaya bagi lingkungan dan biota yang ada (Venugopal & Sasidharan, 2021). Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan, diperlukan proses pengolahan limbah *seafood*. Limbah *seafood* berdasarkan tingkat salinitasnya di klasifikasikan menjadi 4, yaitu *slightly saline* sebesar 1.000-3.000 ppm, *moderately saline* sebesar 3.000-10.000 ppm, *highly saline* 10.000-35.000 ppm dan *hyper saline* >35.000 ppm (Miraji, 2018). Limbah industri seafood memiliki salinitas sebesar $52,17 \pm 1,85$ g/l dan COD sebesar $1.348 \pm 266,3$ mgO₂/L (Mseddi dkk., 2014); dimana itu termasuk dalam kondisi *hypersaline* dan pada penguraian secara kimiawi bahan organik dan anorganik yang terdapat didalamnya membutuhkan oksigen yang tinggi.

Proses pengolahan limbah industri *seafood* dapat dilakukan secara fisiokimia seperti koagulasi-flokulasi, dimana limbah akan ditambahkan bahan kimia sehingga partikel-partikel di dalamnya akan tidak stabil yang kemudian berkumpul membentuk padatan yang lebih besar sehingga nanti bisa dengan mudah dipisahkan dari air limbah (Iwuozor, 2019). Proses pengolahan limbah secara

fisiokimia juga dapat dilakukan dengan metode evaporasi dengan memanaskan limbah yang berbentuk cair yang kemudian menguap menyisakan partikel-partikel yang sulit dipisahkan dalam keadaan cair (Wang dkk., 2007). Kedua proses pengolahan limbah secara fisiokimia yang telah disebutkan sebelumnya, dalam prosesnya memerlukan biaya yang mahal dan juga memerlukan penggunaan energi yang besar, sehingga untuk kedepannya digunakan alternatif lain dalam pengolahan limbah, yaitu dengan menggunakan proses biologis (Vijay & Mukherji, 2023).

Salah satu proses pengolahan limbah *seafood* secara biologis dapat dilakukan dengan menggunakan *microbial fuel cell* (MFC), dimana nantinya senyawa organik yang ada pada limbah *seafood* digunakan sebagai substrat bakteri untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan konsep *waste to energy* (Vijay dkk., 2023). MFC dalam menghasilkan energi listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya jenis bakteri sebagai penghasil elektron yang bergantung pada kondisi lingkungannya untuk dapat tumbuh berkembang (Shanmuganathan dkk., 2018). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kinerja MFC dalam mengolah limbah *seafood* dengan salinitas tinggi diperlukan jenis bakteri yang sesuai. Kondisi salinitas tinggi juga memberikan keuntungan terkait selektivitas bakteri yang dapat tumbuh di dalamnya dan mengurangi faktor kontaminasi.

Jenis bakteri yang sesuai untuk mengolah limbah *seafood* dengan salinitas tinggi pada sistem MFC adalah bakteri halofilik, sebagaimana telah dijelaskan Gunjal (2021) bakteri halofilik merupakan bakteri yang menyukai lingkungan dengan kadar garam tinggi dan dapat bertahan hidup pada tingkat salinitas yang sangat tinggi (10-30% NaCl (b/v)). Kemampuan bakteri halofilik yang dapat

bertahan pada kondisi salinitas tinggi disebabkan karena adanya akumulasi osmolit yang tinggi di dalam sel. Pembentukan osmolit yang tinggi juga membantu transfer elektron yang efisien dalam sel bakteri, sehingga bakteri halofilik mempunyai kelebihan dalam menghasilkan energi listrik pada sistem MFC dibanding jenis bakteri lain (Harding dkk., 2016). Pada proses metabolismenya bakteri halofilik dapat bersifat aerob, anaerob, kemoheterotrof, fotoheterotrof, atau fotoautotrof tergantung golongan taksonominya (Gunjal, 2021). Salah satu golongan bakteri halofilik yang sering dimanfaatkan adalah spesies *Bacillus* yang memiliki kemampuan untuk membentuk endospora yang tahan terhadap kondisi ekstrim (Bahaddad dkk., 2023). Contoh spesies *Bacillus* yang dapat digunakan sebagai penghasil elektron adalah *Bacillus clausii* J1G-0%B, bakteri ini dipilih selain dapat bertahan dalam kondisi kadar garam sangat tinggi/*hypersaline*, karena juga banyak tersedia di Indonesia dan mudah di dapat khususnya dari tambak garam di Madura, serta bakteri halofilik *Bacillus clausii* J1G-0%B termasuk probiotik yang aman bagi tubuh (Arum dkk., 2022).

Beberapa peneliti telah meneliti MFC dengan jenis mikroba halofil penghasil elektron yang bermacam-macam. Jamal dkk. (2020) telah meneliti aplikasi halofil dalam reaktor ACMFC (Air Cathode Microbial Fuel Cell) menggunakan konsorsium bakteri halofilik dari sampel air garam pabrik desalinasi untuk pengolahan air limbah industri makanan laut dengan salinitas tinggi dan produksi energi. Pugazhendi dkk. (2022) telah meneliti bioaugmentasi halofil elektrogenik menggunakan konsorsium bakteri halofilik dari sampel air garam pabrik desalinasi untuk pengolahan air limbah industri farmasi dan produksi energi

dalam MFC di bawah kondisi *saline*. Vijay dkk. (2023) telah meneliti pembangkit energi oleh bakteri halofilik dan evaluasi pengaruh salinitas terhadap kinerja denitrifikasi MFC menggunakan konsorsium campuran bakteri halofilik laut Arab untuk mengolah air limbah berkadar garam tinggi. Ketiga peneliti yang telah melakukan penelitian sebelumnya, mereka semua menggunakan kultur bakteri campuran, sehingga aspek-aspek terkait metabolisme bakteri pada sisi biokimia sulit untuk dipelajari karena tidak diketahui secara spesifik bakteri mana yang berperan aktif dalam menghasilkan energi listrik.

Proses metabolisme bakteri yang ditinjau dari sisi biokimia diperlukan untuk mengetahui reaksi-reaksi yang terlibat selama metabolisme dan berperan penting dalam menghasilkan listrik, selain itu dapat digunakan sebagai dasar dalam memilih jalur metabolisme untuk meningkatkan efisiensi MFC (Luo dkk., 2023). Peran biokimia juga menjadi sangat penting dalam menjelaskan keterkaitan data yang didapat pada uji elektrokimia dan kinerja MFC (Boas dkk., 2022), sehingga data yang diperoleh dapat diterima dan dipertanggungjawabkan.

Permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya menjadi dasar di dalam penelitian awal ini, sehingga kami menggunakan kultur bakteri *Bacillus clausii* J1G-0%B sebagai penghasil elektron dari *hypersaline* MFC dengan membatasi penelitian menggunakan *nutrient* (media halofilik) buatan yang divariasikan kadar garamnya pada konsentrasi antara 0 sampai 200.000 ppm atau setara konsentrasi NaCl 0 sampai 20 % (b/v), dan diharapkan nantinya akan dianalisis juga menggunakan limbah seafood sebagai bahan *nutrient*. Karakterisasi elektrokimia MFC menggunakan dua metode yaitu setengah sel dan sel penuh. Karakterisasi

elektrokimia pada setengah sel meliputi analisis *cyclic voltammetry* (CV), analisis kinetika transfer elektron, uji perubahan pH, uji kadar amonia dan pada sel penuh meliputi analisis voltase serta analisis rapat daya maksimum dilakukan sebelum dan sesudah inkubasi selama 72 jam.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan karakteristik elektrokimia MFC dengan bakteri halofilik *Bacillus clausii* J1G-0%B tambak garam madura sebagai penghasil elektron pada kondisi hypersaline yang kadar garamnya bervariasi.
2. Mendapatkan kinerja MFC dengan bakteri halofilik *Bacillus clausii* J1G-0%B tambak garam madura sebagai penghasil elektron pada kondisi hypersaline yang kadar garamnya bervariasi.