

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengolahan limbah industri *seafood* diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya. Dimana diperkirakan pada tahun 2050 total limbah industri *seafood* mencapai 9,8 miliar ton (Venugopal 2022). Limbah industri *seafood* mengandung protein, minyak, karotenoid, mineral serta senyawa lainnya yang dapat mengurangi ketersediaan oksigen pada ekosistem. Sehingga memiliki dampak buruk pada lingkungan serta berbagai macam biota (Venugopal dkk. 2021). Limbah industri *seafood* memiliki salinitas sebesar $52,17 \pm 1,85$ g/l dan kadar COD sebesar $1.348 \pm 266,3$ mgO₂/L (Mseddi dkk. 2014); dimana limbah industri *seafood* termasuk ke dalam kondisi *hypersaline* dengan kadar salinitas >35.000 ppm (Miraji 2018) sehingga pada penguraian secara kimiawi membutuhkan kadar oksigen yang tinggi.

Proses pengolahan limbah industri *seafood* dapat menggunakan metode koagulasi-flokulasi yang diikuti beberapa proses dengan menambahkan bahan kimia ke dalam limbah *seafood* sehingga partikel – partikel yang berada di dalam limbah industri *seafood* akan tidak stabil dan membentuk padatan. Padatan yang terbentuk pada saat penambahan bahan kimia ke dalam limbah akan mempermudah terjadinya pemisahan antara air dan limbah industri *seafood* (Ekoputri dkk. 2024). Proses pengolahan limbah dengan metode tersebut memerlukan biaya yang mahal serta penggunaan energi yang besar,

sehingga dibutuhkan alternatif lain dalam pengolahan limbah secara proses biologis (Vijay dkk. 2023).

Salah satu proses pengolahan limbah industri *seafood* yaitu menggunakan *microbial fuel cell* (MFC) yang merupakan teknologi bio-elektrokimia yang menggunakan limbah industri *seafood* sebagai substrat bakteri dengan cara mengubah energi kimia menjadi energi listrik atau disebut konsep *waste to energy* (Rahimnejad dkk. 2015). Kinerja *microbial fuel cell* (MFC) bergantung pada jenis bakteri yang digunakan sebagai penghasil elektron, bakteri yang digunakan akan disesuaikan dengan kondisi lingkungan agar dapat berkembang biak (Yemele dkk. 2025). Limbah industri *seafood* memiliki kadar salinitas yang tinggi, sehingga diperlukan jenis bakteri yang sesuai. Kadar salinitas tinggi juga memberikan keuntungan terhadap tingkat selektivitas bakteri yang tumbuh sehingga akan mengurangi faktor kontaminasi.

Jenis bakteri yang sesuai pada kondisi limbah industri *seafood* yaitu bakteri halofilik yang dapat hidup pada kondisi lingkungan bersalinitas tinggi, bakteri halofilik merupakan bakteri yang menyukai lingkungan berkadar garam tinggi sehingga dapat bertahan hidup pada Tingkat salinitas tinggi (10 – 30 % (b/v)). Bakteri halofilik memiliki mekanisme toleransi garam yang unik (seperti “*salt in*” dan “*salt out*”) atau disebut dengan akumulasi osmolit yang tinggi di dalam selnya. Pembentukan osmolit yang tinggi akan membantu terjadinya transfer elektron sehingga menghasilkan energi listrik pada sistem MFC jika dibandingkan dari jenis bakteri lainnya (Mi dkk. 2025). Proses metabolisme pada bakteri halofilik memiliki sifat aerob, anaerob, kemoheterotrof,

fotoheterotrof, atau fotoautotrof bergantung golongan taksonominya. Spesies *Bacillus* yang digunakan sebagai penghasil elektron yaitu *Bacillus clausii* J1G-0%B, bakteri tersebut memiliki ketahanan terhadap kadar garam yang sangat tinggi (*hypersaline*) dan sangat banyak ditemukan pada tambak garam di Madura (Arum dkk. 2022).

Peningkatan kinerja MFC juga bergantung dari bahan yang akan digunakan pada elektroda seperti penambahan sumber karbon. Sumber karbon dibutuhkan dalam kinerja MFC untuk menghasilkan energi listrik yang besar dan efisien, sumber karbon pada proses metabolisme dengan bakteri akan menghasilkan elektron bebas yang kemudian ditransfer ke anoda melalui jalur transfer elektron (sirkuit eksternal) sehingga menghasilkan arus listrik (Logan dkk. 2006). Beberapa peneliti sebelumnya telah menganalisa berbagai sumber karbon yang akan dimasukkan ke dalam elektroda MFC. (Sakr dkk. 2023) telah meneliti pengaruh kinerja MFC terhadap beberapa molekul gula diantaranya glukosa, sukrosa, dan fruktosa yang telah terbukti memproduksi listrik.

Namun, penelitian ini akan berfokus pada pati sebagai sumber karbon utama. Pati merupakan sumber karbon yang paling mudah untuk ditemukan seperti umbi – umbian dan kacang – kacangan, serta pati tidak membutuhkan pemurnian atau proses lebih lanjut sebelum dapat dimanfaatkan. Pati merupakan karbohidrat kompleks (polisakarida) yang dapat dimanfaatkan secara efisien oleh mikroba. Penelitian sebelumnya menunjukkan potensi pati dalam kinerja MFC menggunakan pati beras (*rice starch*), dimana pati akan difermentasi oleh bakteri *Bacillus clausii* yang kemudian akan menghasilkan

liquid substrat. (Khudzari dkk. 2019). Penambahan sumber karbon eksternal seperti pati kedalam limbah *seafood* bertujuan untuk menyeimbangkan rasio C/N di dalam limbah *seafood*, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri *Bacillus clausii* J1G-0%B yang digunakan pada kinerja MFC (Jayashree dkk. 2016). Bakteri *Bacillus clausii* J1G-0%B akan menghasilkan enzim untuk memecah karbohidrat kompleks seperti amilase untuk memecah pati (Lu dkk. 2009).

Permasalahan yang telah disebutkan sebelumnya mengenai sumber karbon eksternal yang praktis dan efisien menjadi dasar dalam penelitian awal ini. Penelitian ini berfokus pada efektivitas pati dalam menghasilkan listrik dibandingkan dengan sumber karbon yang lebih mudah terdegradasi seperti glukosa dan sukrosa. sehingga dalam penelitian ini menggunakan substrat murni yaitu glukosa (monosakarida), sukrosa (disakarida), dan pati (polisakarida) dengan variasi konsentrasi (10 mg/ml, 30 mg/ml, 50 mg/ml) menggunakan kultur bakteri *Bacillus clausii* J1G-0%B. Pengujian MFC akan dilakukan dengan metode setengah sel dan sel penuh, meliputi analisis *cyclic voltammetry* (CV), analisis kinetika transfer elektron, uji perubahan pH, uji kadar amonia, voltase, rapat daya maksimum, dan biofilm.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Menentukan efek penambahan pati dengan berbagai variasi konsentrasi terhadap karakteristik elektrokimia bakteri halofilik MFC dengan bakteri *Bacillus clausii* J1G-0%B.
2. Menganalisis kinerja elektrokimia halofilik MFC dengan penambahan substrat pati dan membandingkan efektivitasnya dalam menghasilkan daya Listrik terhadap substrat glukosa dan sukrosa.
3. Menentukan konsentrasi pati terbaik berdasarkan hasil karakterisasi elektrokimia dan kinerja *microbial fuel cell* (MFC).