

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring bertambahnya populasi penduduk, demikian pula permintaan terhadap energi, yang pada akhirnya akan mengurangi jumlah energi yang tersedia. Jumlah listrik tahunan yang digunakan di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Berdasarkan data PT PLN (Persero) (2021), laju pertumbuhan rata-rata daya listrik tersambung per tahunnya mencapai 6,77% hingga tahun 2021, yang digunakan pada berbagai sektor kehidupan seperti rumah tangga, industri, bisnis dan lain-lainnya. Menyikapi meningkatnya kebutuhan listrik, saat ini sedang dikembangkan berbagai metode yang sederhana dan hemat biaya untuk menghasilkan energi listrik. Perhatian masyarakat terhadap lingkungan, khususnya isu pemanasan global, telah mendorong perkembangan teknologi yang tidak hanya dapat menghasilkan energi listrik tetapi juga meningkatkan efisiensi konversi energi dan mengurangi emisi CO₂. Salah satu metode yang telah mengalami perkembangan signifikan dan mendapat banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir adalah teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC) (Lovley, 2006; Moseley, 2001).

Menurut Albarracin-Arias et al. (2021), MFC adalah sistem yang menggunakan metabolisme biologis bakteri elektrogenik untuk mengubah energi kimia dalam senyawa organik menjadi energi listrik. Sebuah konduktor dan *Proton Exchange Membrane* (PEM) memisahkan ruang katoda dan anoda dalam reaktor MFC. Dalam ruang anoda, elektron dan proton dihasilkan sebagai hasil pemecahan anaerobik mikroorganisme dari bahan organik. PEM digunakan untuk memindahkan proton, sedangkan konduktor digunakan untuk memindahkan elektron ke katoda. Kemudian, aliran dari elektron dan proton menuju katoda menciptakan arus listrik (Das, 2017).

Air limbah yang kaya bahan organik cocok untuk memberi makan bakteri pada MFC dan sekaligus menghasilkan daya listrik. Salah satu limbah yang cocok dalam memanfaatkan teknologi *fuel cell* ini adalah dengan limbah pabrik kelapa sawit

yang dapat digunakan sebagai substrat pada MFC (Albarracin-Arias et al., 2021). Saat ini Indonesia merupakan produsen minyak sawit mentah terbesar di dunia. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia diperkirakan sekitar 15,1 juta hektar pada tahun 2021 dan menghasilkan 49,7 juta ton minyak sawit mentah (CPO) setiap tahunnya (Ditjenbun, 2021). Di sisi lain, banyaknya produksi minyak kelapa sawit di Pulau Sumatra juga memengaruhi timbulan limbah dari pengolahan kelapa sawit. Efluen dari pengolahan kelapa sawit yang juga dikenal sebagai *Palm Oil Mill Effluent* (POME), dapat mencemari air karena mengandung antara 20.000 sampai 30.000 mg/L *biological oxygen demand* (BOD). Saat ini pengolahan menggunakan sistem anaerobik dan teknologi *Covered Lagoon*, untuk mengolah limbah POME dapat mengurangi jumlah BOD dalam limbah dan mengurangi dampak negatif limbah pabrik kelapa sawit terhadap ekosistem perairan (MCA-Indonesia, 2014).

Sejumlah penelitian telah meneliti penggunaan limbah organik sebagai bahan baku MFC, Cheng et al., (2010) membuktikan bahwa POME dapat digunakan sebagai donor elektron untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan sistem terintegrasi dua MFC dan *immobilized biological aerated filter*. Nor et al., (2015) mempelajari kinerja ruang ganda, MFC yang diinokulasi dengan kultur murni *Pseudomonas aeruginosa* ZH1 cenderung menghasilkan daya lima kali lebih besar ($2,91 \times 10^{-3}$ W/m³) daripada MFC yang diinokulasi dengan lumpur anaerobik dari POME ($0,55 \times 10^{-3}$ W/m³). Hasil serupa dilaporkan oleh Baranitharan et al., (2015) yang mengevaluasi inokulum terkontrol (*Controlled Inoculum*) yang terbentuk dari empat mikroorganisme yang diisolasi dari *Anaerobic Sludge* (AS). Output daya dua kali lebih tinggi pada MFC yang diinokulasi dengan *Controlled Inoculum* (CI), bakteri yang ditemukan adalah bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, bakteri *Azospira oryzae*, bakteri *Acetobacter peroxydans*, dan bakteri *Solimonas variicoloris*, daripada daya yang diperoleh dalam MFC yang diinokulasi dengan AS. Selain itu, efisiensi coulomb sebesar 74% untuk CI-MFC dan 24% untuk AS-MFC, yang menunjukkan kemampuan untuk mengubah energi kimia menjadi arus listrik.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan lumpur dari pabrik kelapa sawit PT. AMP Plantation, Kabupaten Agam sebagai sumber mikroorganisme yang cocok untuk pengolahan POME. Kolam aerob dipilih sebagai lokasi pengambilan lumpur

pada penelitian ini dikarenakan berdasarkan penelitian Albarracin-Arias et al., (2021) lumpur dari kolam terakhir pengolahan limbah POME dapat menghasilkan arus listrik yang lebih tinggi dibandingkan kolam-kolam pengolahan sebelumnya. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis rapat arus dan rapat daya listrik yang dihasilkan menggunakan limbah POME melalui sistem MFC *dual chamber* dan mengidentifikasi bakteri yang terdapat pada anoda MFC.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian dari tugas akhir ini adalah untuk menganalisis kerapatan arus dan kerapatan daya listrik yang dihasilkan pada *Microbial Fuel Cell* (MFC) menggunakan air limbah dan lumpur POME PT. AMP Plantation.

Adapun tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Menganalisis karakteristik limbah POME sebagai inokulum dan substrat pada *Microbial Fuel Cell* (MFC);
2. Menghitung kerapatan arus dan kerapatan daya listrik yang dihasilkan melalui MFC dengan menggunakan limbah POME;
3. Menganalisis bakteri yang terdapat pada anoda MFC.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk membantu mengembangkan sistem MFC sebagai alternatif sumber energi listrik yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dengan memberikan informasi tentang potensi energi listrik yang dihasilkan melalui limbah POME, data bakteri pada limbah yang berpotensi menghasilkan listrik, dan manfaat lainnya.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di kolam pengolahan limbah kelapa sawit PT. AMP Plantation, Kabupaten Agam;
2. Titik *sampling* dilakukan pada dua titik yaitu pada saluran inlet kolam aerobik PT. AMP Plantation dan saluran outlet pipa pembuangan POME;

3. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* berdasarkan pedoman dan metodologi *sampling* lumpur (*Sediment Sampling Guide and Methodologies*) dari U.S EPA (*Environmental Protection Agency*);
4. Penelitian dilakukan di Laboratorium Buangan Padat Departemen Teknik Lingkungan, Laboratorium Air Departemen Teknik Lingkungan, Laboratorium Mikrobiologi Departemen Teknik Lingkungan serta Balai Veteriner Bukittinggi;
5. Analisis yang dilakukan pada sampel meliputi karakterisasi limbah POME, kerapatan arus dan kerapatan daya listrik yang dihasilkan melalui MFC, isolasi dan identifikasi bakteri pada anoda MFC;
6. Sistem MFC yang digunakan yaitu MFC *double chamber* dengan mediator *Proton Exchange Membrane* (PEM);
7. Elektroda yang digunakan yaitu batang grafit;
8. Suhu yang digunakan dalam pengukuran beda potensial pada media MFC yaitu suhu ruangan;
9. Isolasi bakteri dilakukan dengan metode cawan tuang dan cawan gores;
10. Identifikasi bakteri dilakukan berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* dan buku *Manual for The Identification of Medical Bacteria* tahun 2004.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan literatur tentang air limbah *Palm Oil Mill Effluent*, *Microbial Fuel Cell*, peranan mikroba dalam MFC, bakteri elektroaktif, isolasi bakteri, serta teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan penelitian yang dilakukan, metode pengumpulan data, metode analisis pengolahan data, serta lokasi dan waktu penelitian MFC dengan limbah POME.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian disertai dengan pembahasan tentang analisis karakteristik limbah POME, analisis produksi kerapatan arus dan kerapatan daya listrik yang dihasilkan melalui sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) serta analisis isolasi dan identifikasi bakteri yang terdapat pada anoda MFC.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

