

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah lindi menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang tidak bisa diabaikan. Limbah lindi yang bersumber dari sampah kota, sampah industri, dan TPA (Tempat Pembuangan Akhir) sampah padat menjadi tantangan berdasarkan komposisi dan konsentrasi yang berbeda-beda (Arliyani et al., 2024). Limbah lindi TPA atau tempat pembuangan sampah mengandung polutan organik dan anorganik serta sejumlah logam berat akibat dari pembuangan sampah yang mengandung logam ke TPA atau pembuangan sampah (Erabee & Ethaib, 2018). Karakteristik air lindi secara umum dapat diketahui melalui sejumlah parameter konvensional, seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Organic Carbon* (TOC), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), pH, padatan tersuspensi, amonia ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), serta kandungan logam berat. Rasio BOD₅ terhadap COD dan rasio COD terhadap TOC sering digunakan sebagai indikator penting untuk menilai tingkat biodegradabilitas senyawa organik, serta sejauh mana senyawa karbon dalam air limbah telah teroksidasi (Teng et al., 2021). Berbagai teknologi pengolahan telah digunakan dalam pengolahan limbah lindi TPA, salah satunya yaitu *constructed wetland* atau lahan basah buatan. *Constructed Wetland* (CW) yang dikombinasikan dengan teknologi lain dapat menambah keefektifan dalam penghilangan polutan dalam limbah lindi, salah satunya yaitu dengan *Microbial Fuel Cell* (MFC).

CW dan MFC memiliki kesamaan dalam proses didalamnya dimana terdapat proses biologi dalam pengolahannya. Zona aerobik di permukaan air dan udara, serta zona anaerobik di bagian dalam atau bawah menjadi sebuah kesamaan kondisi yang diperlukan dari CW dan MFC. Adanya elektroda yang ditanamkan pada masing-masing zona, maka terbentuklah teknologi gabungan yang dapat disebut dengan *Constructed Wetland – Microbial Fuel Cell* (CW-MFC) (Srivastava et al., 2018). CW-MFC merupakan kombinasi dari *Microbial Fuel Cell* (MFC) yang diintegrasikan ke dalam sistem *Constructed Wetland* (CW). Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja sistem CW-MFC yaitu keberadaan oksigen dalam sistem tersebut. Aerasi dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem, terutama karena

mampu memperbaiki proses nitrifikasi dan penguraian bahan organik. Salah satu metode yang dinilai cukup efektif dan terjangkau untuk pengolahan limbah domestik di lokasi adalah aerasi semprot, karena mampu memberikan hasil pengolahan yang baik dengan biaya operasional yang relatif rendah (Karungamye, 2022). Selain itu, menurut Thorvat et al., (2017) proses nitrifikasi pada konsentrasi amonia yang tinggi dapat berlangsung lebih optimal jika didukung oleh aerasi dalam durasi yang lebih lama serta pada suhu yang lebih tinggi.

CW-MFC dapat menghasilkan listrik yang dihasilkan dari anoda dan katoda. Elektron yang dihasilkan berasal dari degradasi bahan organik yang dilakukan oleh mikroba, khususnya mikroba yang aktif secara elektrokimia (Cahyani et al., 2020). Menurut Timmers et al., (2013) dalam Wetser, (2016), akar tanaman pada area anoda, dimana terdapat *rhizodeposits* (senyawa organik yang dilepaskan oleh akar) berperan sebagai substrat yang dimanfaatkan oleh bakteri elektrokimia melalui proses oksidasi untuk menghasilkan energi listrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Liu et al., 2019), tegangan yang dihasilkan berkisar 598 hingga 713 mV dengan faktor-faktor tertentu yang mempengaruhi kondisi dalam sistem. Adanya mikroorganisme elektroaktif, kondisi lingkungan yang sesuai serta kapasitas elektroda yang mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan dari sistem CW-MFC. Selain faktor biologis, pemilihan jenis elektroda juga menjadi komponen kunci dalam efisiensi sistem. Pemilihan material elektroda dalam sistem CW-MFC merupakan faktor penting yang menentukan kinerja sistem secara keseluruhan. Material elektroda yang tepat akan mendukung konduktivitas listrik, kestabilan kimia, serta efisiensi transfer elektron selama proses pengolahan air limbah dan konversi energi berlangsung. Dengan demikian, penggunaan elektroda yang sesuai tidak hanya berperan dalam menurunkan konsentrasi polutan, tetapi juga berpotensi meningkatkan produksi energi listrik dalam sistem CW-MFC (Doherty et al., 2015).

Meskipun CW-MFC memiliki potensi yang baik untuk mengolah air lindi sekaligus menghasilkan listrik, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada jenis tanaman dan material elektroda secara umum. Penelitian yang membahas secara khusus perbandingan antara elektroda seng dan grafit dalam

sistem CW-MFC, terutama untuk pengolahan air lindi, masih sangat terbatas. Selain itu, pengaruh penambahan aerasi sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja sistem, baik dari segi pengolahan limbah maupun produksi energi listrik, juga belum banyak diteliti secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh jenis elektroda seng dan grafit serta penambahan aerasi terhadap efektivitas sistem CW-MFC dalam mengolah air lindi dan menghasilkan energi listrik secara bersamaan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan sistem CW-MFC dalam menurunkan kandungan polutan pada air lindi, khususnya parameter COD dan Total Nitrogen.
2. Bagaimana potensi energi listrik yang dihasilkan oleh sistem CW-MFC dengan jenis elektroda seng dan grafit dalam proses pengolahan air lindi?
3. Bagaimana potensi energi listrik yang dihasilkan sistem CW-MFC melalui pengujian dengan lampu LED?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kemampuan sistem CW-MFC dalam mengurangi kandungan polutan pada air lindi, terutama parameter COD dan Total Nitrogen.
2. Menganalisis potensi energi listrik yang dihasilkan oleh sistem CW-MFC dengan jenis elektroda seng dan grafit dalam proses pengolahan air lindi.
3. Mengidentifikasi potensi energi listrik yang dihasilkan sistem CW-MFC melalui pengujian dengan lampu LED.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah referensi ilmiah tentang penerapan teknologi CW-MFC dalam pengolahan air lindi.

2. Memberikan informasi terkait desain sistem CW-MFC dengan optimalisasi jenis elektroda dan perlakuan dengan aerasi untuk aplikasi skala laboratorium.
3. Memberikan pemahaman mengenai peran elektroda dan tanaman dalam meningkatkan efisiensi sistem CW-MFC.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Air UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan air lindi TPA yang diambil dari TPA Jabon, Sidoarjo.
3. Pengujian yang dilakukan yaitu parameter COD dan Total Nitrogen.