

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempe merupakan makanan tradisional dari Indonesia yang mengandung protein dan gizi yang tinggi serta harga yang terjangkau. Proses produksi tempe umumnya terdiri atas proses perendaman, perebusan, pencucian, dan pengelupasan kulit kedelai. Proses produksi tempe menghasilkan limbah cair dan padat yang dapat mencemari lingkungan. Limbah cair dari produksi tempe mengandung kadar polutan pencemar yang tinggi sehingga apabila dibuang langsung ke perairan dapat menimbulkan bau, penurunan kualitas air, dan membawa penyakit bagi manusia (Puspawati, 2017) . Penelitian yang pernah dilakukan oleh (Pakpahan dkk., 2021) pada industri tempe di Kelurahan Semanan, Jakarta Barat menunjukkan kandungan COD pada air limbah produksi tempe berkisar 26.764,3 mg/L-53.849,33 mg/L dengan volume air limbah mencapai 771,51 liter/hari. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tempe, baku mutu COD yang ditetapkan yaitu 300 mg/L (beban 3 kg/ton), sehingga dibutuhkan pengolahan untuk menyisihkan COD hingga 99% .

Umumnya air limbah industri tempe dapat diolah dengan berbagai metode seperti biofilter aerob dan anaerob, *Sequencing Batch Reactor* (SBR), dan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Metode tersebut umumnya membutuhkan tenaga ahli profesional dan waktu *start up* yang lama. Air limbah industri tempe memiliki rasio BOD/COD $>0,5$ (Joko dkk., 2003) sehingga dapat dilakukan pengolahan secara biologis. Teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah industri tempe secara biokimia serta memiliki keunggulan yaitu tidak memerlukan pengolahan gas serta tidak menghasilkan lumpur dalam proses pengolahannya (Das, 2017), adanya kemudahan dalam transmisi, penggunaan energi substrat yang tinggi dapat dikonversi menjadi energi listrik, dan memiliki peluang untuk dikembangkan menjadi infrastruktur listrik bagi daerah terpencil (Pandey dkk., 2016). MFC adalah reaktor bio-elektrokimia yang didalamnya terjadi reaksi dekomposisi zat

organik dari aktivitas mikroorganisme. Reaksi tersebut merupakan reaksi reduksi pada katoda dengan pembentukan air oleh gabungan proton, elektron, oksigen dan reaksi oksidasi pada anoda yang menghasilkan proton serta elektron yang mengalir dari kompartemen anoda ke katoda. Listrik dapat dihasilkan melalui perpindahan elektron karena adanya perbedaan potensial (Das, 2017).

Reaktor MFC terdiri atas dua kompartemen yaitu anoda dan katoda. kompartemen katoda berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi biokimia secara aerob, sedangkan pada kompartemen anoda yang tidak mengandung oksigen, substrat akan dioksidasi oleh mikroba. Proses ini menghasilkan elektron sebagai sumber listrik dan proton yang ditransfer ke katoda melalui media penukar ion seperti membran atau jembatan garam. Sistem MFC berpotensi digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari dekomposisi limbah organik (Nihayah & Kirom, 2022). Listrik yang dihasilkan dari sistem MFC bergantung pada luas elektroda dan volume limbah. Penelitian (Sarvary Korojdeh dkk., 2024) menghasilkan *power density* sebesar 18.288,1 mW/m² (dapat diaplikasikan pada LED indikator kecil 20 mW) dan menyisihkan 72% kandungan COD awal sebesar 9.740 mg/L, dengan volume reaktor sebesar 675 mL. MFC tidak dapat digunakan sebagai proses pengolahan tunggal karena didahului oleh sedimentasi dan memerlukan pengolahan lanjutan setelahnya, apabila menggunakan air limbah dengan *influen* COD yang rendah maka energi listrik yang dihasilkan juga sedikit. Penelitian (Luthfiah & Artsanti, 2017) menggunakan elektroda dengan luas permukaan 31 cm² menghasilkan *power density* sebesar 6,2 mW/m². Pembaruan dari penelitian yang dilakukan menggunakan elektroda karbon grafit dengan dua ukuran yang berbeda yaitu luas permukaan lebih besar (124 cm² dan 82 cm²) bertujuan untuk mendapatkan energi listrik yang lebih besar dan penambahan lumpur tinja sebagai substrat pada variasi rasio volume yang berbeda (10:1 dan 5:1) untuk meningkatkan kinerja MFC.

Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian tentang pengolahan air limbah industri tempe menggunakan MFC untuk menyisihkan kandungan COD. Percobaan dilakukan untuk melihat kadar COD yang tersisihkan dan menentukan energi listrik yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi

informasi mengenai kinerja MFC serta menjadi alternatif teknologi pengolahan air limbah yang dapat menghasilkan energi listrik.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan MFC dalam menyisihkan kandungan COD pada air limbah industri tempe.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi ukuran elektroda serta rasio air limbah dan lumpur terhadap penyisihan COD pada metode MFC;
2. Menganalisis pengaruh variasi ukuran elektroda serta rasio air limbah dan lumpur terhadap energi listrik yang dihasilkan pada metode MFC.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai alternatif pengolahan air limbah industri tempe yang pada saat bersamaan dapat menghasilkan energi listrik;
2. Sebagai alternatif pengolahan air limbah industri tempe yang dapat menyisihkan kadar pencemar sehingga mengurangi dampak negatif pencemaran air;
3. Sebagai inovasi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pengolahan air limbah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilaksanakan pada Januari-Maret 2025 di Laboratorium Air dan Laboratorium Penelitian Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas;
2. Air limbah yang digunakan sebagai substrat adalah air limbah asli yang berasal dari industri tempe X Kota Padang Jalan Lubuk Gajah, Kecamatan Pauh dan lumpur yang digunakan sebagai sumber mikroorganisme berasal dari IPLT Kota Padang,

3. Variasi yang digunakan yaitu air limbah dengan penambahan lumpur pada rasio 10:1 dan 5:1, serta elektroda yang digunakan adalah elektroda karbon grafit (ukuran 10x10x200 mm dan 10x20x200 mm);
4. Parameter yang diamati adalah COD, BOD, VSS, pH, kuat arus, dan tegangan;
5. Kuat arus dan tegangan diukur menggunakan digital multimeter;
6. Pengambilan air limbah sebanyak 6 liter serta frekuensi pengambilan sebanyak 1 kali dilakukan secara *grab sampling* sesuai dengan SNI 8990:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah dan pengambilan lumpur sebanyak 2 liter serta frekuensi pengambilan sebanyak 1 kali sesuai dengan *sediment sampling guide and methodologies – EPA* yang diaklimatisasi terlebih dahulu sebelum digunakan;
7. Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan reaktor *batch* sistem *double chamber* yang terbuat dari kompartemen berbahan plastik berkapasitas 2.500 mL dengan separator ion berupa jembatan garam KCl dan waktu operasional selama 4 hari;
8. Analisis statistik dilakukan dengan analisis deskriptif, uji-t untuk melihat pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan antara variasi ukuran elektroda dan rasio penambahan lumpur tinja terhadap penyisihan COD serta energi listrik yang dihasilkan, dan analisis korelasi untuk melihat hubungan ukuran elektroda dan rasio penambahan lumpur tinja terhadap penyisihan COD serta energi listrik yang dihasilkan;

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 membahas tentang MFC, air limbah industri tempe, penyisihan COD, dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan percobaan mencakup alat dan bahan, metode analisis laboratorium, lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.

