

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tempe merupakan jenis usaha yang dibentuk untuk mengolah dan mengembangkan produk makanan berbahan dasar kedelai. Konsumsi tempe dalam rumah tangga di Indonesia pada tahun 2023 yaitu sebesar 7,47 kg/kapita/tahun dan diprediksikan akan meningkat 0,67% pada tahun 2026 menurut BPS (Badan Pusat Statistika) (Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, 2024). Proses produksi tempe memerlukan jumlah air yang banyak, mulai dari tahap perebusan, perendaman, pencucian, hingga fermentasi. Tingginya kebutuhan air dalam proses produksi berbanding lurus dengan banyaknya limbah cair yang dihasilkan (Perdana & Widiawati, 2021).

Sebagian besar industri tempe berada di area pemukiman dan masih banyak industri tempe skala rumah tangga yang belum memiliki sistem pengolahan limbah yang memadai sehingga pada umumnya limbah tersebut dibuang begitu saja ke badan air yang berpotensi menimbulkan pencemaran. Dari permasalahan tersebut, salah satu alternatif yang dapat diberikan adalah dengan teknologi pengolahan air limbah menggunakan sistem anaerobik dan aerobik. Sistem tersebut merupakan pengolahan biologis yang menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik. Keunggulan dari teknologi tersebut menurut beberapa penelitian adalah biaya pengoperasiannya yang rendah, pemeliharaan yang mudah, minimnya penggunaan lahan, dan efisiensi penyisihan bahan organik yang tinggi (Assidiqy, 2017; Muliadita, 2024; Rifaini & Noerhayati, 2024).

Limbah cair industri tempe umumnya mengandung bahan organik yang tinggi dan mengandung unsur-unsur yang sama dengan komposisi tempe itu sendiri, persentase bahan organik tersebut diantaranya 40% - 60% protein, 25% - 50% karbohidrat, dan 10% minyak dan lemak (Huda et al., 2017). Tingginya kandungan bahan organik dalam limbah cair industri tempe menyebabkan meningkatnya nilai TSS, BOD, dan COD (Manora et al., 2024). Hal tersebut memiliki potensi untuk menghasilkan listrik dari air limbah yang dapat memainkan peran penting dalam produksi energi terbarukan dalam sistem Microbial Fuel Cells (MFCs). MFCs ialah

sistem yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses oksidasi bahan karbon atau limbah organik (Slate et al., 2019). Prinsip kerja MFCs adalah mengubah senyawa dari biomassa menjadi listrik melalui aktivitas metabolik mikroorganisme yang dapat mendegradasi limbah dan menghasilkan listrik secara bersamaan dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik dengan bantuan mikroorganisme melalui reaksi katalitik (Lembon et al., 2025) Teknologi MFCs yang dikembangkan sejauh ini memanfaatkan air limbah sebagai sumber bahan bakar yang bekerja berdasarkan sistem konversi energi melalui biodegradasi yang dilakukan mikroorganisme pada limbah yang banyak mengandung bahan organik (Slate et al., 2019).

Melihat potensi tersebut maka dipilihlah sistem bertahap ABR-MFCs dan aerasi sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri tempe yang bermanfaat untuk menyisihkan bahan organik dan menghasilkan energi listrik. Sistem ini memanfaatkan mikroorganisme anaerobik (tanpa oksigen) di dalam bioreaktor yang terbagi ke dalam beberapa kompartemen. Adanya sekat-sekat (baffle) pada ABR menyebabkan aliran limbah cair bergerak secara up-flow dan down-flow dari inlet menuju outlet, sehingga memungkinkan terjadinya kontak antara limbah cair dan biomassa aktif (Aqaneghad et al., 2017). Selanjutnya dilakukan proses aerasi yang bertujuan untuk menurunkan kandungan bahan pencemar di dalam air sehingga konsentrasi pencemar dapat berkurang. Mikroba pada ABR yang sekaligus berfungsi sebagai ruang anoda akan melakukan metabolisme secara anaerob untuk menguraikan substrat menjadi energi listrik berupa proton, elektron ( $e^-$ ), dan karbondioksida ( $CO_2$ ) (Parkash, 2016).

Kinerja sistem anaerobik dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti beban organik, waktu tinggal hidrolis (HRT) pada tangki pengendap, waktu tinggal hidrolis (HRT) pada reaktor bersekat, serta kecepatan aliran ke atas (upflow) (Sasse, 1998). Waktu tinggal adalah faktor yang merepresentasikan keterkaitan antara penyisihan kadar parameter pada tangki pengendap dengan durasi waktu tinggal air di dalam reaktor (Sakinah & Purwanti, 2018). Sementara pada MFCs, faktor yang mempengaruhi kinerjanya adalah jembatan garam dan elektroda. Jembatan garam berfungsi mentransfer proton secara selektif dari anoda ke katoda serta mencegah

transfer oksigen dari katoda ke anoda dan mencegah transfer substrat dari anoda ke katoda (Majeed et al., 2025). Elektroda berfungsi mentransfer elektron dari anoda ke katoda yang bersifat konduktif, tidak beracun bagi mikroorganisme, dan stabil secara kimia (Zulfikar et al., 2021). Pada penelitian ini, faktor waktu tinggal reaktor anaerobik-aerobik dan variasi jenis larutan garam pada jembatan garam MFC menjadi permasalahan yang akan diteliti.

Penelitian yang dilakukan oleh Tama et al (2024) membahas mengenai kombinasi ABR dan MFCs sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah cair dan penghasil bioenergi listrik terbaru dengan menggunakan variasi jenis anoda dan waktu tinggal reaktor. Penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi kombinasi anoda dan katoda paling optimal yang dapat menghasilkan densitas daya maksimum yaitu anoda karbon dan katoda tembaga, namun masih memiliki keterbatasan pada efisiensi penyisihan COD yaitu sebesar 60,42% pada waktu tinggal ke-96 jam. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menambahkan aerasi pada tahap terakhir sistem ABR-MFCs, memvariasikan larutan garam, serta memvariasikan katoda sehingga diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penyisihan COD dan TSS dari limbah cair industri tempe mengoptimalkan produksi listrik yang dihasilkan.

Pada penelitian terdahulu, MFC yang menggunakan limbah domestik dengan variasi larutan garam NaCl dan KCl, KCl menunjukkan output tegangan yang lebih tinggi hingga hari ketujuh, tetapi setelah hari ketujuh NaCl memiliki output yang lebih tinggi daripada KCl. Tegangan maksimum yang dihasilkan untuk NaCl dan KCl adalah 319 mV dan 312 mV (Singh & Dharmendra, 2020). Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis larutan garam pada jembatan garam dan jenis katoda terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan dan penyisihan COD dan TSS yang terkandung dalam limbah cair industri tempe pada reaktor sistem bertahap ABR-MFCs dan aerasi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Berapa efisiensi penyisihan parameter COD dan TSS air limbah tempe pada reaktor ABR-MFCs dan aerasi?

2. Berapa densitas daya yang dihasilkan dari pengolahan air limbah tempe berdasarkan jenis larutan jembatan garam pada sistem MFCs?
3. Bagaimana perbandingan katoda tembaga (Cu) dan aluminium (Al) terhadap produksi energi listrik yang dihasilkan pada sistem MFCs?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan parameter COD dan TSS air limbah tempe pada reaktor ABR-MFCs dan aerasi.
2. Menganalisis densitas daya yang dihasilkan dari pengolahan air limbah tempe berdasarkan jenis larutan jembatan garam pada sistem MFCs.
3. Menganalisis perbandingan katoda tembaga (Cu) dan aluminium (Al) terhadap produksi daya listrik yang dihasilkan pada sistem MFCs.

### **1.4 Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Menyediakan alternatif dalam proses pengolahan dan pemanfaatan limbah industri tempe menggunakan sistem bertahap ABR-MFCs dan aerasi.
2. Memberikan informasi tentang jenis larutan garam pada jembatan garam dan jenis katoda terhadap densitas daya.
3. Sumber referensi bagi peneliti selanjutnya terutama di bidang teknik lingkungan.

### **1.5 Lingkup Penelitian**

Pada pelaksanaan penelitian ini, beberapa hal yang akan dibahas meliputi sebagai berikut:

1. Sampel air limbah yang digunakan adalah limbah dari industri tempe di Kecamatan Tenggilis, Kota Surabaya.
2. Parameter yang akan diteliti yaitu densitas daya, COD, TSS, pH dan Suhu.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem bertahap ABR-MFCs dan aerasi.
4. Jenis larutan garam pada jembatan garam yang digunakan yaitu NaCl (Natrium Klorida), Kalium Klorida (KCl), dan Kalium Nitrat (KNO<sub>3</sub>).

5. Elektroda sebagai penghantar arus listrik yang digunakan adalah Carbon Graphite (C) sebagai anoda dan memvariasikan tembaga (Cu) dan aluminium (Al) sebagai katoda.
6. Waktu sampling pada ABR ialah 120 jam dan pada aerasi ialah 3 jam.
7. Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium.