

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempe merupakan makanan pokok tradisional Indonesia yang harganya terjangkau dan mudah diakses oleh masyarakat luas. Makanan ini dihasilkan melalui proses fermentasi, biasanya menggunakan kacang kedelai sebagai bahan utama, meskipun dapat juga dibuat dari jenis kacang-kacangan lain seperti kacang koro atau kacang tolo, dengan bantuan ragi tempe. Kedelai dipilih sebagai bahan baku utama tempe karena kandungan proteinnya yang tinggi dan ketersediaannya yang melimpah. Selain protein, tempe juga mengandung berbagai nutrisi penting lainnya, seperti lemak, karbohidrat, dan mineral, yang dibutuhkan oleh tubuh (Ua dkk., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Pakpahan dkk, (2021) pada industri tempe di Kelurahan Semanan, Jakarta Barat, menunjukkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dalam air limbah industri tempe masing masing berkisar antara 26.764,3 mg/L - 53.849,33 mg/L dan 805,79 mg/L - 2.383,81 mg/L. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Novita dkk, (2019) menunjukkan nilai pH, kekeruhan dan kadar nitrogen pada air limbah industri tempe masing masing yaitu 4,5, 1.410 NTU dan 64,7 mg/l.

Pada saat ini sebagian besar industri tempe masih merupakan industri kecil skala rumah tangga yang tidak dilengkapi dengan alat pengolahan limbah cairnya. Sedangkan industri tempe yang dikelola koperasi beberapa diantaranya telah memiliki unit pengolahan limbah. Unit pengolahan limbah yang ada pada umumnya menggunakan sistem anaerob dengan efisiensi pengolahan 60%-90%. Dengan sistem pengolahan limbah yang ada, maka limbah yang dibuang ke perairan kadar organiknya (BOD) masih terlampaui tinggi yakni sebesar 400 mg/L-1400 mg/L. Untuk itu perlu dilakukan proses lebih lanjut agar kandungan organik limbah cair tempe memenuhi standar buangan ke lingkungan (Syahri dkk., 2019). Dampak pencemaran yang dihasilkan oleh limbah cair dari industri tempe dapat menyebabkan gangguan serius pada ekosistem perairan di sekitar area industri seperti membuat sungai menjadi keruh akibat pembuangan limbah cair pengolahan

tempe selain itu dapat merusak makhluk hidup akuatik yang ada didalamnya. Bau busuk dari limbah cair tempe menjadi salah satu masalah utama yang timbul akibat pembuangan langsung ke sungai (Santoso dkk., 2025). Salah satu pendekatan biokimia yang menjanjikan untuk mengolah limbah ini adalah teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC). Sistem MFC berfungsi melalui perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang difasilitasi oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme tertentu. Sebagai sebuah sistem bioelektrokimia yang khas, MFC terdiri atas area anoda dan area katoda yang dipisahkan oleh membran penukar proton (*Proton Exchange Membrane* atau PEM). Proses produksi listrik pada MFC didasarkan pada reaksi oksidasi biologis dan reduksi oksigen yang terjadi masing-masing di area anoda dan katoda. (Wang dkk., 2022). Energi kimia yang tersimpan dalam bahan organik lumpur tinja atau lumpur aktif dapat diubah secara bio-elektrokimia menjadi energi listrik melalui teknologi *Microbial Fuel Cell* (MFC) (Jadhav dkk., 2020). Lumpur tinja memiliki bakteri *Bacillus Sp.* yang dapat mendegradasi bahan organik yang terdapat pada air limbah yaitu air limbah pabrik tempe sehingga menggunakan bantuan dari lumpur tinja dapat memaksimalkan untuk mendegradasi bahan organik pada pengoperasian MFC (Oktavia dkk., 2022).

Variasi rasio penambahan lumpur tinja dilakukan untuk mengontrol populasi mikroorganisme di dalam reaktor, karena rasio yang terlalu rendah menyebabkan transfer elektron tidak optimal, sedangkan rasio yang terlalu tinggi memicu pembentukan *biofilm* berlebih yang meningkatkan hambatan internal dan menurunkan efisiensi transfer elektron pada anoda (Zhang dkk., 2024). Selain itu, elektroda berbahan karbon seperti *carbon cloth* dan *carbon felt* menjadi pilihan utama karena memiliki konduktivitas tinggi, luas permukaan besar, kestabilan kimia baik, dan struktur berpori yang mendukung pembentukan biofilm mikroba elektrogenik (Hartono, 2020; Jinisha dkk., 2020).

Studi yang dilakukan oleh Syahri, dkk. (2024) menunjukkan bahwa pengolahan air limbah tempe dapat menghasilkan *power density* 244,11 mW/m². Hasil listrik dari MFC dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah luas elektroda, *power density*, dan volume limbah. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ri'ayah, (2025) juga menunjukkan hasil *power density* sebesar 110–219 mW/m² dengan luas elektroda 52–121 cm² dan volume air limbah 1.250 ml. Dengan demikian, air

limbah yang kaya akan bahan organik sangat potensial dimanfaatkan sebagai substrat untuk MFC sekaligus menghasilkan daya listrik dan menurunkan kadar pencemarnya.

Untuk mengatasi masalah air limbah industri tempe, dilakukan studi untuk mengolahnya menggunakan MFC. Penelitian ini dilakukan untuk menyisihkan kandungan COD air limbah industri tempe menggunakan MFC dengan sistem *double chamber* dengan menggunakan elektroda *carbon cloth* dan *carbon felt* dan jumlah lumpur tinja serta mengukur jumlah energi listrik yang dihasilkan. Sebagian besar studi MFC hanya meninjau satu aspek operasional, seperti jenis elektroda atau penggunaan inokulum. Kombinasi variasi jenis elektroda dan variasi rasio penambahan lumpur tinja memungkinkan analisis yang lebih mendalam antara hubungan jenis elektroda dengan lumpur tinja dalam sistem MFC. Hasilnya diharapkan dapat menunjukkan efektivitas MFC dan menawarkan metode pengolahan air limbah yang dapat menghasilkan energi bersih.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menyisihkan COD dan menghasilkan energi listrik dari air limbah industri tempe menggunakan MFC.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan COD dengan MFC pada air limbah tempe.
2. Menganalisis energi listrik yang dihasilkan akibat penyisihan COD dengan MFC.
3. Menganalisis pengaruh variasi jenis elektroda dan perbandingan air limbah/lumpur tinja terhadap kinerja MFC.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai solusi alternatif dalam mengolah air limbah dari industri tempe yang sekaligus mampu menghasilkan energi listrik.
2. Sebagai pilihan metode pengolahan air limbah industri tempe yang efektif dalam menghilangkan kandungan organik sehingga dapat mengurangi dampak buruk pencemaran air.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Air dan Laboratorium Penelitian Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
2. Air limbah yang digunakan sebagai substrat adalah air limbah yang berasal dari industri tempe yang berada di Jalan Kayu Gadang Jaya, Pasar Ambacang, Kecamatan Kuranji, Kota Padang sebanyak 5 liter dengan frekuensi satu kali menggunakan metode *grab sampling* sesuai dengan standar SNI 8990:2021 yang mengatur tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Lumpur yang digunakan sebagai sumber mikroorganisme berasal dari kolam dengan kondisi anaerob Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Padang yaitu kolam fakultatif III sebanyak 10 liter sesuai dengan kebutuhan dengan frekuensi pengambilan sebanyak 1 kali sesuai dengan *sediment sampling guide and methodologies – E.P.A* yang diaklimatisasi terlebih dahulu sebelum digunakan.
3. Elektroda yang digunakan adalah *carbon cloth* dan *carbon felt*.
4. Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan reaktor *batch* sistem *double chamber* yang terbuat dari bahan plastik kapasitas 2,5 L dengan separator ion yang digunakan adalah jembatan garam KCl dengan memvariasikan jenis elektroda serta volume lumpur tinja yang digunakan.
5. pH, COD, BOD, C-Organik, Total Nitrogen, dan Total Fosfat dianalisis pada air limbah industri tempe sebelum operasional.
6. TSS dan VSS dianalisis pada sampel lumpur tinja.
7. COD, BOD, VSS, TSS, serta *power density* yang dianalisis setelah pengoperasian reaktor MFC.
8. Analisis statistik dilakukan dengan analisis deskriptif, uji friedman dan uji lanjutan untuk melihat pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan antara variasi jenis 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 terdiri dari:

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

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai dengan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

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

