

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem MFC tipe *double chamber* dengan separator jembatan garam mampu menyisihkan COD limbah POME dengan efisiensi berkisar 69,17–75,19%. Penyisihan COD tertinggi diperoleh pada reaktor C.0,75 sebesar 75,19% dengan konsentrasi akhir 5.500,00 mg/L, diikuti reaktor C.1 sebesar 74,45%, F.1 sebesar 73,76%, dan F.0,75 sebesar 69,17%.
2. Energi listrik kumulatif yang dihasilkan selama 144 jam operasional berkisar antara 1,2–2,4 mWh. Reaktor C.0,75 menghasilkan energi tertinggi sebesar 2,4 mWh dengan *power density* maksimum 915,06 mW/m², sedangkan reaktor F.0,75 menghasilkan energi terendah sebesar 1,2 mWh dengan *power density* maksimum 589,20 mW/m².
3. Variasi jenis elektroda dan rasio F/M berpengaruh terhadap kinerja sistem MFC. Elektroda *carbon cloth* menghasilkan *power density* dan energi listrik lebih tinggi dibandingkan *carbon felt* pada rasio F/M yang sama, disebabkan oleh konduktivitas listrik dan luas permukaan efektif yang lebih besar sehingga mendukung transfer elektron yang lebih efisien. Pengaruh rasio F/M menunjukkan pola yang berbeda pada masing-masing elektroda, di mana pada *carbon felt* rasio F/M 1 menghasilkan performa lebih baik, sedangkan pada *carbon cloth* rasio F/M 0,75 justru lebih optimal, menunjukkan bahwa keseimbangan antara substrat organik dan biomassa mikroorganisme berinteraksi dengan karakteristik material elektroda dalam menentukan efisiensi sistem MFC.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pengalaman selama penelitian, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem MFC berpotensi digunakan sebagai teknologi pengolahan awal limbah cair kelapa sawit karena mampu menurunkan konsentrasi COD dan memanfaatkan bahan organik untuk menghasilkan energi listrik. Akan tetapi, apabila kualitas efluen yang dihasilkan masih belum memenuhi baku mutu, maka diperlukan kombinasi MFC dengan unit pengolahan lanjutan (*post-treatment*) agar konsentrasi pencemar dapat diturunkan hingga memenuhi persyaratan pembuangan ke lingkungan.
2. Penggunaan sensor pemantauan listrik secara *real-time* berbasis IoT perlu diterapkan pada penelitian MFC selanjutnya. Hal ini penting karena aktivitas mikroorganisme elektrogenik memiliki waktu puncak yang tidak selalu dapat diprediksi, sehingga pemantauan manual berkala berisiko melewati titik optimal produksi listrik. Sistem sensor dapat merekam fluktuasi tegangan dan arus secara kontinu sehingga pola naik-turun listrik dapat dipetakan dengan lebih akurat.
3. Modifikasi permukaan elektroda perlu dikaji lebih lanjut, misalnya dengan melapisi elektroda *carbon cloth* maupun *carbon felt* menggunakan material konduktif seperti polianilina atau oksida logam, guna meningkatkan konduktivitas elektroda sekaligus mengurangi akumulasi *biofilm* berlebih yang dapat menghambat transfer elektron dan menurunkan performa sistem MFC dalam jangka panjang.
4. Pengulangan pengujian sampel pada setiap interval waktu pengambilan data perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya guna meningkatkan keandalan dan akurasi data yang diperoleh, sehingga variabilitas hasil yang disebabkan oleh ketidakseragaman kondisi sampel dapat diminimalkan dan kesimpulan yang dihasilkan lebih representatif.