

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja pengolahan limbah

Sistem reaktor UASB-MFC-DHS menunjukkan kinerja sangat baik dalam menurunkan beban organik air limbah RPH. Konsentrasi COD total dan terlarut masing-masing mencapai 62,28 mg/L dan 56,34 mg/L, sedangkan TSS dan VSS sebesar 30 mg/L dan 15 mg/L. Efisiensi penyisihan COD total dan terlarut mencapai 95,20% dan 93,28%, serta TSS dan VSS mencapai 95,27% dan 97,06%. Kinerja tinggi ini didukung oleh sinergi antarunit, dengan UASB sebagai reaktor degradasi anaerob utama, MFC melanjutkan oksidasi bioelektrokimia, dan DHS sebagai unit pascapengolahan aerobik. TN dapat mencapai konsentrasi 94,40 mg/L dengan efisiensi penyisihan TN masih relatif rendah (rata-rata 15,48%), meskipun pada kondisi tertentu dapat mencapai 66,41%.

2. *Material balance* dan *nitrogen balance*

Hasil analisis *material balance* COD dan *nitrogen balance* menunjukkan bahwa proses biologis dalam sistem berlangsung secara berurutan dan saling melengkapi. Pada UASB, terjadi fermentasi dan metanogenesis yang menghasilkan biogas dan senyawa organik sederhana. Tahap MFC berperan dalam oksidasi lanjutan melalui aktivitas mikroba elektrogenik, sedangkan DHS menyelesaikan proses melalui oksidasi aerobik dan nitrifikasi-denitrifikasi. Peningkatan aktivitas mikroorganisme dari hari ke-30 hingga hari ke-60 membuktikan bahwa sistem ini stabil dan adaptif terhadap peningkatan beban organik.

3. Mekanisme proses pada reaktor UASB-MFC-DHS

Kinerja penyisihan COD, TSS, VSS, dan TN pada sistem UASB-MFC-DHS merupakan hasil sinergi proses biologis dan elektrokimia yang berlangsung pada setiap unit. UASB berperan dalam degradasi anaerobik senyawa organik kompleks melalui tahapan hidrolisis hingga metanogenesis yang didukung oleh

dominasi Proteobacteria dan Firmicutes. MFC melanjutkan oksidasi senyawa organik terlarut melalui aktivitas mikroorganisme elektrogenik, terutama Proteobacteria, yang memfasilitasi transfer elektron dan produksi energi listrik. Selanjutnya, DHS berfungsi sebagai unit pascapengolahan dengan penahanan biomassa, degradasi aerobik lanjutan, serta konversi nitrogen melalui biofilm yang didominasi oleh Proteobacteria dan Actinobacteriota. Integrasi ketiga unit ini menghasilkan peningkatan kualitas efluen secara bertahap melalui mekanisme yang saling melengkapi.

#### 4. Potensi energi

Sistem UASB-MFC-DHS tidak hanya efektif dalam menurunkan beban pencemar, tetapi juga berpotensi menghasilkan energi terbarukan. Proses fermentasi pada UASB menghasilkan biogas sebesar 0,0176 L/hari, sedangkan MFC mampu menghasilkan tegangan listrik sebesar 0,087 V. Meskipun nilainya masih kecil karena skala laboratorium, hasil ini menunjukkan potensi sistem untuk dikembangkan sebagai teknologi yang berkelanjutan dan efisien dalam pengolahan air limbah RPH.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa saran, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk dilakukan dalam jangka waktu lebih panjang untuk memastikan kestabilan operasional, konsistensi penyisihan beban organik, dan dinamika komunitas mikrob secara berkelanjutan, serta pemantauan rutin terhadap pH, COD, dan nitrogen juga disarankan guna memastikan kinerja sistem tetap optimal serta mencegah gangguan proses akibat perubahan operasional di RPH.
2. Melakukan identifikasi komunitas mikrob sejak fase awal operasi sebagai pembandingan terhadap hasil identifikasi pada hari ke-30 dan ke-60, sehingga dinamika perubahan dan peningkatan mikroorganisme selama masa operasi dapat dianalisis secara lebih komprehensif.
3. Apabila sistem UASB-MFC-DHS diterapkan tanpa resirkulasi, pengendalian pH perlu menjadi perhatian utama karena tidak adanya efek penyangga dari aliran balik. Oleh karena itu, disarankan penggunaan media atau bahan penyangga alkalinitas, seperti penambahan bikarbonat atau material bermuatan

alkali, untuk menjaga pH tetap berada pada kondisi optimum bagi mikroorganismenya.

4. Untuk memastikan potensi penerapan sistem secara praktis, perlu dilakukan uji coba pada skala pilot dengan debit air limbah yang lebih besar dan kondisi operasi kontinu. Pengujian ini penting untuk menilai stabilitas jangka panjang, serta potensi pemulihan energi sehingga sistem UASB-MFC-DHS dapat dikembangkan sebagai teknologi pengolahan limbah RPH yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

