

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Meningkatnya populasi mendorong permintaan daging yang berpengaruh pada meningkatnya volume air limbah dari Rumah Potong Hewan (RPH). Air limbah RPH yang dihasilkan dari proses pemotongan dan pembersihan umumnya mengandung polutan organik berkonsentrasi tinggi, seperti total padatan tersuspensi (TSS), minyak dan lemak, total karbon (TC), total nitrogen (TN), total fosfor (TP), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Bustillo-Lecompte, 2017). Kandungan tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan apabila tidak diolah dengan baik.

Di Indonesia, pengelolaan air limbah RPH masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan fasilitas pengolahan dan penerapan metode konvensional yang kurang efektif. Akibatnya, sebagian air limbah RPH masih dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang memadai (Ranti & Amelia, 2021). Sejumlah penelitian di berbagai wilayah Indonesia menunjukkan bahwa air limbah RPH umumnya belum memenuhi baku mutu lingkungan nasional, terutama akibat tingginya konsentrasi senyawa organik (Purnaweni dkk., 2024). Kondisi ini menunjukkan perlunya pengembangan teknologi pengolahan air limbah RPH yang efektif, efisien, dan terjangkau (Putra, 2025).

Upaya pengolahan air limbah RPH menggunakan reaktor UASB-DHS telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Khanh (2022) dan Amelia (2022) menerapkan reaktor UASB-DHS pada periode *start-up* untuk mengolah air limbah RPH Kota Padang Panjang, yang masih menggunakan sistem konvensional berupa bak penampung sebagai pengendap. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan COD total sebesar 54,88%, COD terlarut 63,09% (Amelia, 2022), serta TSS sebesar 80,60% (Khanh, 2022). Namun, efluen yang dihasilkan belum memenuhi baku mutu air limbah RPH berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Aufa (2023) dan Asta (2023) menggunakan reaktor UASB-DHS untuk mengolah air limbah RPH Aia Pacah Kota Padang. Meskipun RPH tersebut telah memiliki IPAL, berbagai kendala operasional masih terjadi, seperti ketidaksesuaian kapasitas dengan air limbah yang dihasilkan, kebocoran unit, penggunaan biobakteri yang tidak sesuai dan perlu adanya penambahan secara berkala, serta keterbatasan pemahaman operator. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan tertinggi COD total sebesar  $61,33 \pm 14,63\%$  dan COD terlarut  $52,08 \pm 8,62\%$  (Aufa, 2023), serta efisiensi TSS mencapai  $98,14 \pm 0,97\%$  (Asta, 2023). Parameter TSS telah memenuhi baku mutu, namun COD masih belum memenuhi persyaratan.

Tingginya kadar COD, khususnya COD terlarut, diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa humat dalam air limbah RPH (Putra, 2025). Senyawa humat bersifat hidrofilik (Anielak & Kłeczek, 2022), berwarna gelap, dan resisten terhadap degradasi biologis (Zhu dkk., 2023), sehingga cenderung bertahan sebagai COD terlarut. Keberadaan senyawa ini juga ditandai dengan warna kuning gelap pada efluen hasil pengolahan (Putra, 2025), yang menunjukkan perlunya unit pengolahan lanjutan untuk meningkatkan kualitas efluen.

Pengelolaan air limbah RPH yang berkelanjutan memerlukan teknologi pengolahan yang mampu menangani beban organik tinggi sekaligus menyisihkan senyawa humat secara efektif. Salah satu pendekatan yang berpotensi dikembangkan adalah kombinasi reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), *Microbial Fuel Cell* (MFC), dan *Downflow Hanging Sponge* (DHS). Reaktor UASB efektif dalam penyisihan bahan organik secara anaerobik, toleran terhadap *shock load*, dan memiliki biaya operasional yang relatif rendah (Mahmoud dkk., 2003). Integrasi MFC berpotensi meningkatkan penyisihan senyawa organik terlarut sekaligus menghasilkan energi listrik tanpa memerlukan input energi eksternal (Ashoka & Bhat, 2012; Vidales dkk., 2019). Selanjutnya, DHS berfungsi sebagai unit pascapengolahan aerobik yang mampu menyisihkan sisa bahan organik dan mendukung proses oksidasi serta penyisihan nitrogen melalui aerasi alami (Nurmiyanto & Ohashi, 2019).

Penempatan MFC di antara UASB dan DHS didasarkan pada kesesuaian kondisi operasi dan karakteristik efluen UASB yang masih kaya bahan organik terlarut dalam kondisi anaerobik, termasuk senyawa humat. Kondisi ini mendukung aktivitas mikroorganisme elektrogenik pada anoda MFC untuk mengoksidasi bahan organik dan menghasilkan listrik (Feng dkk., 2024; Roy dkk., 2023). Selain berperan sebagai unit transisi penurun beban organik sebelum tahap aerobik DHS, MFC juga memungkinkan pemanfaatan senyawa humat sebagai perantara transfer elektron, sehingga meningkatkan kinerja degradasi COD terlarut dan pembangkitan listrik. Posisi ini sekaligus menjaga stabilitas mikroorganisme elektrogenik dari paparan oksigen berlebih dan meningkatkan efisiensi total sistem (Jia dkk., 2016; Kubota dkk., 2014; Tandukar dkk., 2007).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan potensi tinggi sistem terintegrasi. Doma dkk. (2016) melaporkan efisiensi penyisihan parameter COD total dan terlarut sebesar 90-93% serta TSS 96-98% menggunakan reaktor UASB-DHS dalam mengolah air limbah RPH. Asano dkk. (2022) juga melaporkan efisiensi COD mencapai lebih dari 90% pada pengolahan air limbah tahu menggunakan UASB-DHS. Sementara itu, Nakhate dkk. (2019) menunjukkan bahwa integrasi UASB-MFC mampu menyisihkan COD hingga 71,73% pada air limbah tekstil sintesis.

Berdasarkan kondisi tersebut, integrasi reaktor UASB-MFC-DHS yang kajiannya masih terbatas, khususnya untuk air limbah RPH, memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Sistem ini diharapkan tidak hanya efektif dalam menyisihkan polutan organik dan nitrogen, tetapi juga berkelanjutan serta hemat energi melalui pemanfaatan energi listrik dari aktivitas mikroorganisme. Analisis biokimia berupa *organic balance* dan *nitrogen balance* dilakukan untuk memahami dinamika proses biologis dalam sistem. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi untuk dikembangkan sebagai solusi inovatif dan ramah lingkungan dalam pengelolaan air limbah RPH di Indonesia.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja reaktor UASB-MFC-DHS dalam mengolah air limbah RPH serta menganalisis mekanisme penyisihan senyawa organik dan nitrogen yang terjadi di dalam sistem.

Tujuan penelitian ini antara lain adalah:

1. Menganalisis kinerja reaktor UASB-MFC-DHS dalam menurunkan kadar COD, TSS, VSS, dan komponen nitrogen pada air limbah RPH.
2. Menganalisis proses pengolahan bahan organik (COD) dan komponen nitrogen yang terolah dari air limbah RPH melalui reaktor UASB-MFC-DHS.
3. Mengidentifikasi komunitas mikroba yang dominan dalam proses pengolahan air limbah RPH pada reaktor UASB-MFC-DHS.
4. Menganalisis potensi energi yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah RPH menggunakan reaktor UASB-MFC-DHS.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat berupa:

1. Pengembangan pengetahuan mengenai kinerja sistem reaktor UASB-MFC-DHS dalam mengolah air limbah RPH.
2. Rekomendasi untuk perbaikan sistem pengolahan air limbah RPH di Indonesia dengan adanya studi lanjutan untuk penerapan di lapangan.
3. Referensi bagi pengembangan alternatif teknologi pengolahan air limbah yang berkelanjutan.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium secara kontinu selama 60 hari;
2. Penelitian dilakukan menggunakan air limbah RPH Aia Pacah Kota Padang;
3. Penelitian menggunakan reaktor UASB-MFC-DHS dengan reaktor UASB yang memiliki tinggi 100 cm, berdiameter 4 inci dan volume 8L. Reaktor MFC yang memiliki tinggi 100 cm, berdiameter 4 inci dan volume 8L. Reaktor DHS menggunakan spons poliuretan 30 ppi berukuran 3,5 cm × 3,5 cm × 1,6 cm dan memiliki volume 2L;

4. Sampel yang akan dianalisis berasal dari influen, efluen UASB, efluen MFC, dan efluen DHS;
5. Parameter utama yang dianalisis adalah COD, TSS, VSS, dan TN;
6. Analisis konsentrasi COD dianalisis dengan metode spektrofotometri pada gelombang 600 nm mengacu pada SNI 6989.2:2009;
7. Analisis TSS dan VSS dengan metode gravimetri yang mengacu pada SNI 06-2413-2002 tentang Metode Pengujian Kadar Padatan dalam Air;
8. Analisis TN menggunakan spektrofotometri pada panjang gelombang 220 nm berdasarkan *standard methods*;
9. Analisis kadar nitrogen lainnya dilakukan menggunakan spektrofotometri, untuk amonium sesuai dengan SNI 06-2479-1991, untuk nitrat sesuai dengan APPA, dan untuk nitrit sesuai dengan SNI 06-6989-2004.
10. Analisis mikrobial dengan metode *DNA sequencing* dengan MiSeq Reagent Kit v2 dan MiSeq System (Illumina Inc; USA).

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tesis ini adalah:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang penelitian, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang air limbah RPH; baku mutu limbah RPH; parameter COD, TSS, VSS, dan TN; prinsip kerja UASB, MFC, DHS, dan kombinasi UASB-MFC-DHS; penelitian terdahulu tentang UASB, MFC, dan DHS; serta 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, serta metode analisis hasil percobaan.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasannya berupa kinerja reaktor UASB-MFC-DHS dalam menyisihkan COD, TSS, VSS, dan TN, serta pembahasan lain yang berkaitan.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

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

