

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

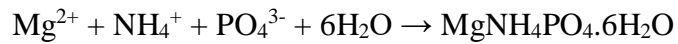
Pengolahan limbah secara anaerobik telah banyak diterapkan di dunia untuk mengolah limbah agro industri makanan. Dibandingkan dengan pengolahan limbah konvensional secara aerob, pengolahan limbah secara anaerobik terbukti memiliki keunggulan operasional yang dapat menghemat biaya investasi, diantaranya lumpur yang dihasilkan sedikit, tahan terhadap fluktuasi beban limbah yang besar, hemat energi karena tidak memerlukan aerasi oksigen, dan dapat menghasilkan gas metana sebagai sumber energi terbarukan (Rustadi, 2009). Namun diketahui pula bahwa pengolahan secara anaerobik memiliki kelemahan yaitu efluen yang dihasilkan masih mengandung padatan dan nutrient (N dan P) yang tinggi dan konsentrasinya tidak memenuhi baku mutu air limbah. Pada pengolahan limbah secara anaerobik akan terjadi proses hidrolisis dimana bahan organik, amonia, fosfat, kalium, magnesium, kalsium, dan belerang sebagian besar akan menjadi zat terlarut. Sebagian besar bahan organik tadi akan dikonversi menjadi gas metan sementara amonia dan fosfat tidak akan lenyap selama proses (Rustadi, 2009).

Masalah efluen yang mengandung nitrogen dan fosfor tinggi juga terjadi pada unit pengolahan air limbah agro industri makanan yaitu air limbah industri tahu yang didirikan oleh LIPI sejak 2017 di salah satu sentra pabrik tahu Desa Giriharja, Kabupaten Sumedang. Sebelum didirikan unit pengolahan di daerah tersebut, air limbah tahu dibuang begitu saja ke sungai di selatan dusun tanpa diolah, sehingga menimbulkan pencemaran air. Namun permasalahan yang terjadi saat ini yaitu kandungan nitrogen dan fosfor dari efluen unit pengolahan limbah anaerobik tersebut masih tinggi yaitu 178 ± 21 mg NH_4^+ -N/L dan 79 ± 13 mg P/L berturut-turut (BRIN, 2022). Konsentrasi nitrogen dan fosfor tersebut melebihi ambang batas baku mutu limbah industri yaitu 10 mg/L untuk amonium. Sedangkan untuk fosfor baku mutunya dalam bentuk senyawa fosfat (PO_4^{3-}) untuk air kelas 1 sebesar 0,2 mg/L dan kelas 3 sebesar 1 mg/L. Kandungan nitrogen dan fosfor yang tinggi pada efluen jika dibuang langsung ke perairan berpotensi menyebabkan masalah pertumbuhan fitoplankton yang berlebih (*blooming*) di perairan atau eutrofikasi (Osborne et al.,

2001). Konsekuensi dari eutrofikasi dapat mengakibatkan pertumbuhan alga yang dapat menimbulkan risiko berbahaya bagi manusia dan ekosistem lingkungan (Dodds et al., 2009). Akibat lainnya dari eutrofikasi adalah sulitnya sinar matahari memasuki sistem perairan sehingga terjadinya penurunan oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) yang berdampak pada matinya hewan dan tumbuhan air (Rustadi, 2009). Oleh karena itu, efluen dari unit pengolahan air limbah tahu secara anaerobik yang masih mengandung nitrogen dan fosfor ini sebaiknya diolah lebih lanjut dengan sistem yang ekonomis sebelum dibuang langsung ke perairan.

Pada penelitian ini dipilih sistem penyisihan awal dengan menggunakan *Anaerobic Ammonium Oxidation* (Anammox). Ammonia dapat diubah menjadi gas nitrogen (N_2) dalam kondisi anaerobik melalui proses biologis yang dikenal sebagai sistem anammox, yang menggunakan nitrit sebagai akseptor elektron (Kartal et al., 2007). Dibandingkan dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi, sistem anammox menghilangkan nitrogen lebih efektif dan ekonomis karena tidak memerlukan penambahan karbon organik, mengurangi jumlah oksigen yang diperlukan untuk aerasi hingga 60%, dan menghasilkan 90% lebih sedikit lumpur, yang menurunkan biaya pengolahan lumpur dan menghasilkan lebih sedikit N_2O , salah satu gas yang berkontribusi terhadap pemanasan global (Ali et al., 2015). Hal mendasar dari pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan kapasitas mikroorganisme untuk menguraikan dan menghancurkan bahan organik suatu limbah. Salah satu jenis reaktor pengolahan limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah *Fixed Bed Reactor* (FBR). Proses biologis yang terjadi didalamnya adalah terurainya bahan organik limbah oleh mikroorganisme anaerobik yang tumbuh dengan melekat pada suatu media (Padmono et al., 2007).

Pada penyisihan fosfor, dalam penelitian ini akan digunakan proses penyisihan fosfor dengan *struvite* presipitasi. *Struvite* atau MAP (*magnesium ammonium phosphate*, $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) adalah mineral fosfat yang juga mengandung ammonium dan magnesium, dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. *Struvite* dapat terbentuk melalui proses pengendapan (presipitasi) atau kristalisasi dari air limbah yang mengandung ammonia dan fosfat, dengan menambahkan garam magnesium sehingga berlangsung reaksi berikut:



Proses pembentukan *struvite* dipengaruhi antara lain oleh pH, waktu reaksi, jenis garam magnesium, dan rasio Mg:N:P (Çelen & Türker, 2001). Salah satu jenis reaktor yang digunakan untuk pembentukan kristal *struvite* adalah Reaktor Kolom. Prinsip dari reaktor ini dengan adanya proses resirkulasi yang bertujuan untuk mempercepat mencapai keadaan homogen dan juga semakin cepat proses pembentukan kristal *struvite* dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air) maka dapat menyebabkan terjadinya homogenitas pada sebuah larutan. Presipitasi *struvite* dapat dikontrol dengan peningkatan pH dan suhu (Adiman et al., 2020).

Pada penelitian ini, penggabungan sistem anammox dan presipitasi *struvite* secara terpadu untuk mengolah efluen dari unit pengolahan anaerobik air limbah industri tahu dan optimasi kinerja akan dilakukan. Dengan sistem ini, keunggulan yang didapat yaitu selain dapat menyisihkan polutan limbah juga dapat memberi nilai tambah dari suatu limbah dengan memanfaatkan kembali zat polutan (P) pada limbah untuk digunakan sebagai pupuk. Dengan demikian, diharapkan kombinasi sistem *partial* nitrifikasi-anammox dan presipitasi *struvite* dapat berkontribusi langsung mengatasi masalah pencemaran yang dihadapi di lapangan terutama dalam penerapan pengolahan air limbah tahu secara anaerobik agar efluen yang dihasilkan aman untuk dibuang langsung ke lingkungan.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui penyisihan amonium dan fosfor dengan menggunakan reaktor *Fixed Bed Reactor* (FBR) dan Reaktor Kolom.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Menganalisis kinerja penyisihan amonium dan fosfor dari efluen yang dihasilkan menggunakan proses *partial* nitrifikasi-anammox dan presipitasi *struvite*;
2. Menganalisis faktor penghambat proses *partial* nitrifikasi-anammox dengan parameter konsentrasi nitrit, DO (*Dissolved Oxygen*), pH, dan suhu;

3. Menganalisis faktor yang memengaruhi proses presipitasi *struvite* dalam pembentukan kristal *struvite*.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak, yaitu:

1. Diperoleh kinerja penyisihan amonium dan fosfor oleh inokulum campuran berupa bakteri anammox dan *ammonium oxidation bacteria* (AOB) menggunakan *Fixed Bed Reactor* (FBR), serta proses presipitasi *struvite* menggunakan Reaktor Kolom;
2. Menjadi salah satu alternatif teknologi dalam upaya penyisihan amonium dan fosfor pada limbah cair sehingga dapat mengatasi permasalahan pencemaran air;
3. Diperoleh nilai tambah yang dihasilkan berupa kristal *struvite* atau MAP (*magnesium ammonium phosphate*) yang perlu pengolahan lebih lanjut dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk;

1.4 Batasan Masalah

Penulis menetapkan batasan masalah yang berkaitan agar penelitian ini lebih fokus dan terarah sesuai dengan apa yang ingin dicapai penelitian ini, yaitu:

1. Percobaan menggunakan bakteri Anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* yang sudah dikultivasi di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan dan bakteri *ammonium oxidation bacteria* (AOB) berasal dari lumpur yang diambil dari Muara Panjalinan Kota Padang yang dikultivasi pada suhu 35°C selama 2 minggu;
2. Percobaan menggunakan air limbah artifisial berdasarkan karakteristik efluen *anaerobic digester* dengan konsentrasi awal amonium dan fosfor berturut-turut adalah 180 mg/L dan 80 mg/L;
3. Percobaan dilakukan menggunakan dua buah reaktor, yaitu *Fixed Bed Reactor* (FBR) dan Reaktor Kolom dengan kombinasi proses *partial* nitrifikasi-anammox (PN/A) dan presipitasi *struvite* dengan HRT 12 jam;
4. Media lekat yang digunakan adalah sedotan plastik/pipet;
5. Percobaan dilakukan dengan suhu ambien;

6. Rasio molar Mg:N:P yang digunakan adalah 1,2:1:1,2;
7. Parameter yang diamati adalah amonium, fosfor, pH dan DO (*Dissolved Oxygen*);
8. Parameter yang dihitung adalah *ammonium conversion efficiency* (ACE) dan efisiensi penyisihan fosfor;
9. Uji kadar amonium dengan alat spektrofotometer secara nessler (SNI 06-2479.1991) dan uji spektrofotometri menggunakan pereaksi asam askorbat untuk penentuan parameter uji Fosfat (SNI 06-6989.31-2005).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan uraian garis besar tugas akhir ini adalah:

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 berisi tentang landasan teori yang semua referensi, literatur yang berhubungan dengan penelitian dan kerangka konseptual.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, metode analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis hasil pengolahan data dan analisis sensitivitas.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan simpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.