

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahu merupakan salah satu makanan yang umum dan paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Tingginya permintaan terhadap konsumsi tahu seiring dengan banyak dijumpainya industri pengolahan tahu di Indonesia. Indonesia memiliki 84.000 industri tahu dengan 5-8 orang pekerja untuk industri skala kecil atau rumah tangga dan lebih dari 100 orang pekerja untuk industri skala besar (Faisal et al., 2016). Akan tetapi, industri pengolahan tahu di Indonesia secara umum didominasi oleh industri berskala kecil yang menghasilkan limbah dengan skala besar (Jaya et al., 2018).

Industri pengolahan tahu menghasilkan limbah padat (ampas tahu) dan limbah cair. Air limbah tahu memiliki kandungan bahan C-organik yang memengaruhi keberadaan konsentrasi *biological oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) (Pagoray et al., 2021). Air limbah tahu mempunyai kadar BOD sekitar 5000-10.000 mg/L dan COD sekitar 7.000-12.000 mg/L. Selain itu, limbah tahu juga mengandung 590 mg/L total nitrogen (TN), 78 mg/L ammonia nitrogen, 260 mg/L nitrat, dan ion-ion besi lainnya (Li et al., 2021).

Keberadaan sisa kontaminan hasil pengolahan industri tahu membutuhkan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air. Akan tetapi selama ini, limbah padat (ampas tahu) biasanya dijual sebagai bahan pakan ternak sedangkan limbah cair langsung dibuang ke badan air (Setiawan et al., 2019). Pengolahan yang biasa digunakan untuk air limbah tahu adalah dengan menggunakan pengolahan anaerobik (Faisal et al., 2016).

Pengolahan dengan sistem anaerobik telah diterapkan oleh sentra pabrik tahu yang berada di Desa Giriharja, Kabupaten Sumedang dengan menggunakan *anaerobic digester* (AD). Instalasi pengolahan tersebut merupakan instalasi yang didirikan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada tahun 2017. Pengolahan tersebut memiliki keunggulan dalam segi biaya yang lebih hemat dan segi operasional yang lebih efisien. Secara operasional, pengolahan dengan AD menghasilkan lumpur yang

lebih sedikit, tahan terhadap fluktuasi beban limbah yang besar, hemat energi karena tidak membutuhkan aerasi oksigen, dan dapat menghasilkan biogas berupa gas metan sebagai sumber energi terbarukan (Sintawardani, 2018). Selain itu, AD dapat mendegradasi kandungan organik yang tinggi (COD 10.440 ± 1936 mg/L) hingga $95 \pm 0,27\%$.

Di samping keunggulan tersebut, ternyata masih terdapat beberapa permasalahan yang terjadi mengenai kandungan efluen hasil pengolahan AD di sentra pabrik tahu Desa Giriharja. Efluen AD masih mengandung konsentrasi COD, nitrogen, dan fosfor yang tinggi, yaitu bernilai ± 585 mg COD/L, 178 ± 21 mg NH_4^+ -N/L dan 79 ± 13 mg P/L. Konsentrasi tersebut melebihi ambang batas baku mutu air limbah industri yaitu 300 mg/L untuk COD, 10 mg/L untuk amonium dan untuk fosfor baku mutunya diatur dalam bentuk senyawa fosfat (PO_4^{3-}) dengan nilai 0,2 mg/L untuk kategori air kelas 1 dan 1 mg/L untuk air kelas 3. Kandungan nitrogen dan fosfor yang tinggi ini jika dibuang langsung ke perairan berpotensi menyebabkan masalah pertumbuhan fitoplankton yang berlebihan (*blooming*) atau eutrofikasi (Kosugi et al., 2019). Akibat dari eutrofikasi ini kualitas air akan menurun, kandungan oksigen terlarut menjadi rendah, timbul bau tidak sedap dan air menjadi beracun sehingga membahayakan ekosistem perairan dan manusia (Garno, 2012). Oleh karena itu, efluen dari unit AD yang masih mengandung amonium tersebut membutuhkan pengolahan lebih lanjut dengan sistem yang ekonomis sebelum langsung dibuang ke perairan.

Penggunaan bakteri *anaerobic amonium oxidation* (anammox) merupakan pilihan teknologi yang dapat digunakan dalam penyisihan nitrogen. Anammox merupakan proses transformasi amonium secara biologis menjadi gas nitrogen (N_2) dengan ion nitrit sebagai akseptor elektron. Proses ini dilakukan oleh bakteri autotrof seperti halnya proses nitrifikasi, sehingga dalam prosesnya hanya diperlukan sedikit sumber karbon (Eka & Putra, 2009). Penggunaan bakteri anammox dapat dimodifikasi menjadi sistem *partial nitrification anammox* (PN/A). Berbeda dengan pengolahan anammox yang hanya menggunakan bakteri anammox saja, proses PN/A menyertakan bakteri *amonium oxidizing bacteria* (AOB) untuk mengubah setengah dari amonium di dalam

air menjadi nitrit lalu diikuti dengan keberadaan amonium dan nitrit yang diubah menjadi nitrogen (N_2) oleh bakteri anammox (Miao et al., 2017). Proses pengolahan amonium dengan PN/A dapat dirangkai juga dengan proses presipitasi *struvite*. Presipitasi *struvite* digunakan juga untuk menyisahkan amonium pada air limbah dengan cara pembentukan endapan *struvite*. *Struvite* (*Magnesium Amonium Phosphate*) mengandung unsur magnesium, amonium, dan fosfat dalam bentuk fisik menyerupai kristal putih. Rumus molekul dari *struvite* yaitu $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$. *Struvite* terbentuk dengan mereaksikan senyawa Mg^{2+} (magnesium), NH_4^+ (amonium), dan PO_4^{3-} (fosfat). Reaksi pembentukan kristal *struvite* terjadi apabila konsentrasi reaktan pembentuk *struvite* dalam larutan melebihi kelarutan produk yang dihasilkan (K_{sp}) (Edahwati et al., 2021).

Penelitian ini dilakukan dengan mengombinasikan proses *partial nitrification anammox* (PN/A) dan presipitasi *struvite* dalam menyisahkan amonium untuk *monitoring* rasio COD/N terhadap efisiensi penyisihan amonium dan membandingkannya dengan penelitian terdahulu. Menurut Nadifa (2022), COD merupakan salah satu faktor pengganggu dalam proses anammox yang dapat menurunkan efisiensi penyisihan amonium pada proses anammox dengan rasio COD/N yang bervariasi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengamati pada rasio COD/N tertentu di dalam sistem apakah proses penyisihan amonium tetap terjadi atau tidak.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1.2.1 Maksud

Maksud dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk *monitoring* rasio *chemical oxygen demand/N-Amonium* (COD/N) untuk melihat pengaruhnya terhadap penyisihan amonium pada air limbah artifisial menggunakan bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* dan *amonium oxidizing bacteria* (AOB) dengan rangkaian *fixed bed reactor* (FBR) dan reaktor kolom dalam sistem *partial nitrification anammox* (PN/A) dan presipitasi *struvite*.

1.2.2 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisis konsentrasi COD dan amonium pada air limbah artifisial dalam sistem *partial nitrification anammox* (PN/A) dan presipitasi *struvite* untuk melihat efisiensi penyisihan amonium yang terjadi;
2. Menganalisis rasio COD/N-Amonium (COD/N) terhadap penyisihan amonium dan membandingkannya dengan rasio penelitian terdahulu sebagai penentu inhibisi pada air limbah artifisial dalam sistem *partial nitrification anammox* (PN/A) dan presipitasi *struvite*;
3. Menganalisis faktor penghambat proses *partial nitrification anammox* (PN/A) dan presipitasi *struvite*.

1.3 Manfaat

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

1. Menjadi salah satu upaya pengendalian pencemaran air limbah untuk menyisihkan amonium yang merupakan kontaminan sisa pada proses pengolahan *anaerobic digester* (AD) industri tahu;
2. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya agar dapat dikembangkan dan diterapkan pada instalasi pengolahan air limbah tahu;

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus sesuai dengan penelitian yang ingin dicapai, maka penulis menetapkan batasan permasalahannya mengenai:

1. Percobaan dilakukan menggunakan *Fixed Bed Reactor* (FBR) dan reaktor kolom dalam sistem *partial nitrification anammox* (PN/A) dan presipitasi *struvite* dengan HRT masing-masing reaktor 15,09 jam dan 15,56 jam pada suhu ambien;
2. Percobaan menggunakan air limbah artifisial dengan acuan kandungan efluen pengolahan *anaerobic digester*, unit pengolahan air limbah sentra pabrik tahu yang berada di Desa Giriharja, Kabupaten Sumedang dengan konsentrasi influen COD 0 mg/L, amonium 180 mg/L, dan fosfat 80 mg/L;

3. Percobaan menggunakan bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* yang sudah dikultivasi di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan dan *amonium oxidizing bacteria* (AOB) yang berasal dari lumpur Muaro Panjalinan;
4. Pompa peristaltik yang digunakan dengan *flowrate* 0,70 mL/menit pada FBR dan 0,75 mL/menit pada reaktor kolom;
5. Pada reaktor kolom disuplai reagen $MgCl_2$ untuk proses pembentukan endapan *struvite*;
6. Parameter yang diamati adalah konsentrasi pH, DO, salinitas, COD, nitrit, dan amonium;
7. Analisis COD, nitrit (NO_2^- -N), dan amonium (NH_4^+ -N) berturut-turut menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri, spektrofotometri, dan *nessler*.
8. Parameter yang dihitung adalah konsentrasi COD, nitrit, dan *Amonium Conversion Efficiency* (ACE).

1.5 Sistematikan Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang menjadi permasalahan utama yang menjadi landasan perlunya penelitian ini untuk dilakukan seperti permasalahan efluen unit pengolahan AD yang didirikan LIPI yang masih belum memenuhi nilai baku mutu, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang air limbah tahu, karakteristik air limbah tahu, pencemaran air limbah tahu, baku mutu yang berlaku, air limbah artifisial, COD, nitrogen, fosfor, proses anammox, proses PN/A, proses presipitasi *struvite*, hubungan COD/N pada proses anammox, FBR, dan penelitian terdahulu yang relevan serta teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, tahapan penelitian yang dilakukan seperti persiapan bakteri, substrat, pemasangan instalasi penelitian, percobaan dan pengoperasian reaktor serta metode analisis di laboratorium.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasan mengenai keberadaan konsentrasi COD pada sistem dan perbandingan konsentrasi COD terhadap amonium untuk melihat inhibisi yang terjadi pada penyisihan amonium.

BAB V PENUTUP

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

