

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar air limbah, baik itu air limbah yang berasal dari industri, rumah tangga, maupun pertanian mengandung bahan pencemar nitrogen. Air limbah yang mengandung sejumlah senyawa nitrogen jika dibuang secara tidak tepat dan berlebihan dapat menimbulkan efek merugikan terhadap lingkungan perairan seperti menjadi racun bagi makhluk hidup dan menyebabkan *eutrofikasi* di badan air. *Eutrofikasi* merupakan suatu fenomena dimana tingginya kadar nitrogen dan fosfor akibat limbah domestik maupun pertanian serta sisa pakan ikan yang dapat memicu tingginya pertumbuhan alga di perairan (Irianto & Triweko, 2011).

Amonia merupakan senyawa nitrogen dalam bentuk cairan. Amonia terdapat dalam 2 bentuk yaitu amonia bebas atau tidak terionisasi (NH_3) dan dalam bentuk terionisasi (NH_4^+). Penelitian Andriani et al., (2019) menunjukkan limbah cair yang dihasilkan di salah satu industri karet di Kota Semarang mengandung amonium pada efluen sebesar 38,45 mg/L. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu air Limbah, nilai efluen yang dihasilkan pada industri karet tersebut berada di atas baku mutu yaitu 15 mg/L untuk limbah karet.

Berbagai teknologi fisika, kimia, dan biologi telah diterapkan dalam eliminasi amonium seperti nitrifikasi-denitrifikasi, *air stripping* untuk limbah pupuk, aerasi dll, namun tidak begitu efektif. *Anaerobic Ammonium Oxidation* (anammox) hadir sebagai salah satu bioteknologi untuk menyisahkan senyawa nitrogen yaitu amonium dan nitrit secara bersamaan (Zhang et al., 2008). Proses Anammox adalah proses oksidasi amonium menggunakan nitrit sebagai penerima elektron pada kondisi anaerob. Anammox dianggap sebagai alternatif yang efisien dan hemat biaya untuk proses konvensional penghilangan nitrogen dari air limbah yang tinggi kadar amonia (*highstrength wastewater*) karena membutuhkan sedikit oksigen, tidak memerlukan tambahan karbon eksternal dan menghasilkan lebih sedikit lumpur berlebih, biaya operasional yang rendah (Ali et al., 2013).

Bakteri anammox adalah bakteri yang mengoksidasi amonium menjadi gas nitrogen menggunakan nitrit sebagai penerima elektron dalam kondisi anaerob. Bakteri anammox di lingkungan dapat ditemukan keberadaannya di habitat alami maupun buatan seperti danau, sungai, akuifer air tanah, muara, lahan basah, sawah, tanah dan berpotensi ditemukan pada daerah yang memiliki kadar nitrogen tinggi seperti perairan yang tercemar (Putra et al., 2020). Bakteri anammox yang digunakan pada penelitian ini adalah *Candidatus Brocadia fulgida* yang merupakan hasil kultivasi dari lumpur Telaga Koto Baru, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat, Indonesia.

Proses penumbuhan bakteri anammox memerlukan media lekat yang berfungsi untuk mencegah biomassa (bakteri anammox) mengapung dalam reaktor yang dapat menyebabkan penurunan aktivitas bakteri anammox. Pada penelitian ini media lekat yang digunakan adalah ampas tebu. Tebu merupakan salah satu komoditas utama pertanian di Indonesia dengan luas areal sekitar 419 ribu hektar pada tahun 2020. Luas areal perkebunan tebu Indonesia tahun 2019 mengalami peningkatan 5,4% dari tahun 2018, sedangkan di tahun 2020 luas lahan perkebunan tebu meningkat 6,41% dari tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2021). Hasil perkebunan tebu pada umumnya digunakan sebagai bahan baku industri gula, namun menghasilkan limbah berupa ampas tebu. Ampas tebu memiliki keunggulan tidak mudah larut dalam air, karena ampas tebu mengandung selulosa, pentosa dan lignin (Allita et al., 2018). Adanya sifat ampas tebu yang tidak mudah larut dan jumlah limbah ampas tebu yang meningkat di Indonesia, maka ampas tebu dapat dimanfaatkan menjadi media lekat dalam penyisihan nitrogen dengan proses anammox.

Sistem reaktor adalah komponen yang sangat penting sebagai wadah dari setiap pengembangan bioproses, termasuk proses anammox. Beberapa reaktor, seperti *Sequencing Batch Reactor (SBR)*, *Up-flow Biofilter (UBF)*, *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*, *membrane Bioreactor (MBR)*, dan *Rotating Biological Contactor (RBC)* telah digunakan untuk pengembangan proses anammox. Pada penelitian ini reaktor yang digunakan adalah reaktor UASB. SBR, UASB dan UBF merupakan tiga reaktor yang paling banyak digunakan dan paling efisien untuk

mengembangkan bakteri anammox. Tingkat penyisihan yang lebih tinggi dapat dicapai dalam UASB dibandingkan dengan SBR dan jenis reaktor lainnya. Tingkat penyisihan nitrogen tertinggi hingga $76 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{h}$ dan aktivitas anammox spesifik hingga $5,6 \text{ kg-N/kg VSS/h}$ telah dicapai dalam UASB (Kumar et al., 2016). Reaktor UASB digunakan dalam penelitian ini karena reaktor UASB memiliki kemampuan untuk melakukan penyisihan substrat influen konsentrasi tinggi, HRT cepat, dan cocok untuk bakteri dengan bentuk granular serta masalah flotasi biomassa dapat dihindari menggunakan reaktor UASB (Xing et al., 2014).

Penelitian anammox dengan reaktor UASB dengan media lekat ampas tebu tanpa variasi konfigurasi reaktor UASB telah dilakukan oleh Almi (2019) dengan konsentrasi amonium dan nitrit $70\text{-}150 \text{ mg/L}$ dan HRT 24 jam selama 126 Hari, diperoleh nilai *Ammonium Removal Efficiency* (ACE) 88% dan *Nitrogen Removal Efficiency* (NRE) sebesar 85%. Penelitian tersebut pada hari ke-96 terjadi inhibisi proses anammox yang ditandai dengan terjadinya perubahan biomassa anammox dari warna merah menjadi coklat kehitaman. Terjadinya inhibisi pada penelitian Almi (2019) diduga karena nilai rasio $\text{COD}:\text{NO}_2\text{-N}$ yang melebihi batas inhibisi anammox yaitu sebesar 2,02. Sedangkan pada penelitian Hakim (2021), reaktor UASB divariasikan menjadi 3 yaitu reaktor I (berisi ampas tebu), reaktor II (berisi ampas tebu dan biomassa anammox) dan reaktor III (berisi biomassa anammox). Ketiga reaktor dioperasikan dengan konsentrasi amonium dan nitrit 150 mg/L , HRT 6 jam selama 47 hari. Penyisihan tertinggi diperoleh oleh reaktor II yang berisi ampas tebu dan biomassa bakteri anammox yaitu ACE 53%, NRE 45% dan NRR $0,599 \text{ kg-N/m}^3 \cdot \text{h}$. Penelitian Hakim (2021) masih memiliki potensi penyisihan nitrogen yang lebih besar karena belum mengalami inhibisi dan nilai penyisihan nitrogen yang semakin meningkat. Maka penelitian ini dilakukan untuk melanjutkan operasional reaktor dengan meningkatkan konsentrasi influen amonium dan nitrit dengan konsentrasi 150, 250 dan 350 mg-N/L .

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian tugas akhir ini adalah menguji kinerja penyisihan nitrogen dan efektifitas ampas tebu sebagai media lekat alternatif bakteri anammox dengan peningkatan konsentrasi amonium dan nitrit pada reaktor UASB.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kinerja penyisihan nitrogen dengan parameter *Ammonium Conversion Efficiency* (ACE), *Nitrogen Removal Efficiency* (NRE), dan *Nitrogen Removal Rate* (NRR) pada peningkatan konsentrasi amonium dan nitrit sebesar 150, 250 dan 350 mg-N/L;
2. Menganalisis faktor penghambat proses anammox dengan parameter *Free Amonia* (FA), *Free Nitrous Acid* (FNA), pH, suhu, dan COD;
3. Menganalisis pengaruh penggunaan ampas tebu dalam penyisihan nitrogen pada reaktor *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) dalam jangka waktu yang lama.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menjadi salah satu upaya pengendalian pencemaran air dengan adanya alternatif teknologi dalam menyisihkan nitrogen dalam air limbah.
2. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya agar dapat dikembangkan dan diterapkan pada instalasi pengolahan air limbah domestik maupun limbah industri.
3. Memanfaatkan limbah ampas tebu sebagai salah satu alternatif media lekat dalam penyisihan nitrogen sehingga meningkatkan nilai guna ampas tebu.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Percobaan menggunakan tiga reaktor, reaktor I (berisi ampas tebu) dan reaktor III (berisi bakteri anammox tanpa media lekat) sebagai kontrol serta reaktor II berisi ampas tebu dan bakteri anammox;

2. Percobaan menggunakan biomassa spesies *Candidatus Brocadia Fulgida* sebanyak 15 mL yang merupakan hasil kultivasi bakteri dari Telaga Koto Baru, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat, Indonesia.
3. Percobaan menggunakan ampas tebu sebagai media lekat dalam reaktor *Up-flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) yang dioperasikan secara kontinu;
4. Percobaan menggunakan air limbah artifisial dengan konsentrasi amonium dan nitrit masing-masing 150, 250 dan 350 mg-N/L, HRT yang digunakan 6 jam, dan dioperasikan pada suhu ambien;
5. Parameter yang diamati yaitu suhu, pH, amonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) dan COD;
6. Analisis amonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), dan nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) menggunakan metode nessler, spektrofotometri, metode skrining ultraviolet spektrofotometri sedangkan COD menggunakan metode titrimetri;
7. Kinerja penyisihan nitrogen berdasarkan perhitungan *nitrogen loading rate* (NLR), *nitrogen removal rate* (NRR), *ammonium conversion efficiency* (ACE), dan *nitrogen removal efficiency* (NRE).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan 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 membahas tentang parameter kimia nitrogen, proses anammox, ampas tebu sebagai media, reaktor UASB dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, metode analisis di laboratorium serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai dengan pembahasan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang diuraikan.

