

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses anammox atau *anaerobic ammonium oxidation* terjadi dengan ditandai adanya kemampuan oksidasi amonium yang menggunakan nitrit sebagai akseptor elektron untuk membentuk gas nitrogen dalam kondisi anaerobik. Bagi lingkungan yang kekurangan oksigen, proses anammox sangat bisa menjadi alternatif yang efektif dalam menyisihkan nitrogen. Penemuan proses anammox yang pertama (Mulder dkk., 1995) menunjukkan adanya kemampuan katalis oksidasi amonium oleh bakteri anammox di reaktor pengolahan air limbah (Van de Graaf dkk., 1995). Terdapat berbagai faktor yang memengaruhi distribusi dan komposisi komunitas anammox di lingkungan, seperti suhu, salinitas, kandungan amonium, dan rasio karbon/nitrogen organik (C/N) (Kartal dkk., 2008).

Penelitian bakteri anammox telah dilakukan di Indonesia dengan sampel biakan dari air permukaan dan sedimen sebuah sungai di Kota Semarang menggunakan metode pengayaan *plating* konvensional (Wijanarka dkk., 2017). Penelitian tersebut menunjukkan kurva pertumbuhan bakteri negatif sebagai parameter bakteri anammox namun tidak ada data penyisihan nitrogen dalam penelitian tersebut. Menurut Guillén dkk., (2015) proses anammox dapat berlangsung pada suhu 20°C – 30 °C, adapun penelitian yang dilakukan oleh Viancelli dkk., (2011) menyatakan bahwa pada iklim tropis proses anammox dapat terjadi dan mendapatkan bakteri genus *Candidatus Brasilis* yang ditemukan saat dikultivasi menggunakan reaktor *upflow bioreactor*. Bakteri yang ditemukan pada iklim tropis seperti *Candidatus Brocadia caroliniensis*, *Candidatus Brocadia fulgida*, *Candidatus Brocadia sinica*, dan *Candidatus Anammoxoglobus propionicus* yang dikultivasi menggunakan *filter bioreactor* (FtBR). Penemuan bakteri tersebut dapat menjadi bukti bahwa Indonesia yang memiliki iklim tropis dapat mendukung proses anammox terjadi dan berpotensi besar menjadi lokasi penemuan bakteri anammox (Putra dkk., 2020).

Penemuan bakteri anammox awalnya di lingkungan alami seperti di sedimen laut yang kaya amonium dan sedikit oksigen. Namun, setelah penemuan tersebut,

reaktor mulai dikembangkan untuk memanfaatkan bakteri anammox dalam pengolahan limbah. *Membrane bioreactor* (MBR) merupakan reaktor yang juga sering digunakan dalam proses anammox (Lotti dkk., 2014). Lotti dkk., (2014) menggunakan MBR dengan konsentrasi amonium dan nitrit 60 mg-N/L pada HRT 40 jam, adapun nilai NRR yang diperoleh sebesar 0,02 kg-N/m<sup>3</sup>·h. Awata dkk., (2021) yang menggunakan MBR dengan konsentrasi amonium sebesar 50 mg-N/L pada HRT 1,7 jam, adapun nilai NRR yang didapatkan sebesar 0,66 kg-N/m<sup>3</sup>·h. Penelitian lainnya oleh Amanda (2022) yang menggunakan MBR dengan inokulum bakteri Talago Koto Baru dengan spesies bakteri *Candidatus Brocadia fulgida* pada HRT 24 jam dan dengan konsentrasi amonium dan nitrit yang digunakan sebesar 70-250 mg-N/L, mendapatkan nilai NRR sebesar 0,515 kg-N/m<sup>3</sup>·h. Adapun penelitian yang lainnya oleh Akbar (2022) yang menggunakan reaktor dan inokulum yang sama dengan Amanda (2022) namun menggunakan HRT yang berbeda yaitu 12 jam, mendapatkan nilai NRR sebesar 0,627 kg-N/m<sup>3</sup>·h. Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, diperoleh informasi bahwa pada HRT yang rendah, laju penyisihan nitrogen (NRR) akan tinggi.

Lindi atau *leachate* merupakan cairan yang merembes melalui tumpukan sampah dengan membawa materi terlarut atau tersuspensi terutama hasil proses dekomposisi materi sampah (Damanhuri, 2010). Lindi *landfill* mengandung banyak senyawa organik serta mengandung amonium dan nitrit yang tinggi. Pengolahan lindi dapat menggunakan proses anammox. Salah satu pengolahan lumpur lindi *landfill* di Taiwan melakukan pengolahan lindi menggunakan proses anammox. Kandungan amonium pada lumpur lindi *landfill* tersebut mencapai konsentrasi 500 mg/L. Pengolahan dilakukan dengan cara lumpur lindi *landfill* dimasukkan ke dalam reaktor yang di dalamnya terdapat 900 mL air limbah artifisial. Pengolahan tersebut mampu menyisihkan nitrogen dengan nilai efisiensi sebesar 95%. Bakteri yang teridentifikasi pada lumpur lindi *landfill* tersebut adalah spesies *Candidatus Anammoxoglobus propionicus*. Pada pengolahan tersebut juga dihasilkan gas nitrogen konsentrasi tinggi di tangki gas anaerobik, hal tersebut menandakan bahwa penyisihan nitrogen pada lumpur lindi *landfill* dapat dilakukan menggunakan proses anammox (Hsu dkk., 2014).

Pengolahan lindi *landfill* yang tidak tepat dapat berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan lindi di Indonesia umumnya memakai pengolahan kolam seperti kolam anaerobik, kolam fakultatif, kolam maturasi, dan kolam *wetland* (Rahmawati, 2019). Namun beberapa kasus menunjukkan bahwa kandungan senyawa organik yang dihasilkan meskipun telah diolah pada IPL tetap tinggi. Penelitian yang dilakukan Putri (2019) menyebutkan bahwa pengolahan lindi di TPA Air Dingin Kota Padang masih mengandung amonium sebanyak 15,8 mg/L. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hasibuan (2019) juga menunjukkan bahwa di TPA Gampong Jawa, Banda Aceh kandungan amonium pada lindi yang telah diolah sebesar 142,2 mg/L. Berdasarkan SNI 06-6989.30-2005 tentang Air dan Limbah, kadar amonium yang diperbolehkan dibuang ke badan air maksimal 5 mg/L. Hal tersebut menandakan bahwa pengolahan lanjutan perlu dilakukan agar kandungan senyawa organik ataupun amonium pada hasil pengolahan telah aman jika dibuang ke badan air (Azizah, 2015).

Penyisihan nitrogen dapat dilakukan secara biologis yang memanfaatkan bakteri anammox dan dapat dijadikan sebagai alternatif penyisihan nitrogen yang efisien. Proses anammox memiliki kelebihan dibandingkan proses nitrifikasi-denitrifikasi dikarenakan tidak membutuhkan penambahan karbon organik sehingga membuat pengolahan ini lebih efisien dan ekonomis, menghemat aerasi (kebutuhan oksigen), dan produksi lumpur sedikit. Proses anammox memiliki efisiensi penyisihan yang tinggi dan biaya yang efektif sehingga proses anammox menjadi alternatif pilihan yang dilirik dan skala kebutuhan reaktor anammox meningkat setiap tahunnya (Tang dkk., 2010). Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian Aribah pada tahun 2022 yang melakukan analisis kinerja penyisihan nitrogen menggunakan lumpur lindi *landfill* TPA Air Dingin Kota Padang sebagai inokulum pada FtBR dengan HRT yang digunakan 24 dan 12 jam. Lumpur yang telah dikultivasi oleh Aribah (2022) menghasilkan biomassa yang mengandung beberapa jenis bakteri anammox yaitu *Candidatus Brocadia sapporoensis* (13,82%), *Candidatus Brocadia fulgida* (6,52%), *Candidatus Brocadia* (0,77%), dan *Candidatus Jettenia sapporoensis* (0,68%). Aribah (2022) menyatakan bahwa penyisihan nitrogen dengan proses anammox menggunakan lumpur lindi *landfill* dari TPA Air Dingin Kota Padang sebagai inokulum dapat terjadi dengan nilai laju penyisihan nitrogen

atau *nitrogen removal rate* sebesar  $0,76 \text{ kg-N/m}^3\cdot\text{h}$  pada saat HRT yang digunakan 12 jam. Pada penelitian kali ini, reaktor yang digunakan adalah *membrane bioreactor* (MBR). Penggunaan MBR pada penelitian ini dikarenakan MBR yang menggunakan membran dengan ukuran pori yang lebih kecil, mampu menyaring partikel dan zat terlarut yang lebih halus dibandingkan dengan FtBR sehingga kualitas efluen yang dihasilkan lebih baik. Biomassa bakteri anammox yang telah dikultivasi oleh Aribah (2022) dipindahkan ke MBR untuk di analisis kinerja penyisihan nitrogen pada HRT 12 jam.

### 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan analisis kinerja penyisihan nitrogen dengan proses anammox pada *membrane bioreactor* (MBR) menggunakan biomassa bakteri anammox yang bersumber dari lindi *landfill* TPA Air Dingin Kota Padang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja penyisihan nitrogen dengan proses anammox pada MBR menggunakan biomassa bakteri anammox yang bersumber dari lindi *landfill* TPA Air Dingin Kota Padang pada HRT 12 jam dengan parameter *ammonium conversion efficiency* (ACE), *nitrogen removal efficiency* (NRE), *nitrogen loading rate* (NLR), dan *nitrogen removal rate* (NRR) dengan variasi konsentrasi amonium dan nitrit masing-masing sebesar 150, 200, dan 250 mg-N/L.

### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan:

1. Penelitian ini berkontribusi pada inovasi pengolahan lindi *landfill* dan dapat meminimalkan dampak negatifnya pada lingkungan;
2. Penelitian ini menggunakan MBR yang dapat membantu mempertahankan atau mengontrol konsentrasi biomassa dalam reaktor sehingga dapat melakukan pengolahan secara efektif dan kualitas keluaran limbah yang lebih tinggi.

#### 1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan biomassa bakteri anammox yang bersumber dari lumpur lindi *landfill* TPA Air Dingin Kota Padang yang sebelumnya sudah dikultivasi oleh Aribah (2022) pada *filter bioreactor* (FtBR);
2. Penelitian dilakukan menggunakan *membrane bioreactor* (MBR);
3. Jenis reaktor yang digunakan adalah MBR terendam menggunakan *Ultrafiltration* (UF) *hollow membrane*;
4. Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi amonium dan nitrit masing-masing sebesar 150, 200, dan 250 mg-N/L;
5. Periode penelitian berdasarkan dari konsentrasi amonium dan konsentrasi nitrit yang digunakan, periode I saat konsentrasi amonium dan nitrit masing-masing sebesar 150 mg-N/L, periode II saat konsentrasi amonium dan nitrit masing-masing sebesar 200 mg-N/L, dan periode III saat konsentrasi amonium dan nitrit masing-masing sebesar 250 mg-N/L;
6. Penelitian dilakukan secara kontinu pada suhu ambien (26 °C – 28 °C) dengan HRT 12 jam;
7. Parameter yang diamati pada reaktor yaitu suhu, konsentrasi amonium, konsentrasi nitrat, konsentrasi nitrit, dan pH;
8. Analisis sampel menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk penentuan konsentrasi amonium ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) berdasarkan SNI 06-2479-1991, SNI 06-6989.9-2004, dan APHA 2017 metode 4500- $\text{NO}_3^-$  ;
9. Menghitung kinerja penyisihan nitrogen pada reaktor dengan parameter *ammonium conversion efficiency* (ACE), *nitrogen removal efficiency* (NRE), *nitrogen loading rate* (NLR), dan *nitrogen removal rate* (NRR).

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika pada penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

##### **BAB I      PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan ini memuat latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang siklus nitrogen, dampak nitrogen terhadap lingkungan dan manusia, membahas tentang penyisihan nitrogen pada instalasi pengolahan air limbah, nitrifikasi, denitrifikasi, proses anammox, penelitian terdahulu tentang proses anammox, serta parameter kinerja proses anammox.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian yang terdiri studi literatur, persiapan peralatan yang digunakan, inokulum, pembuatan air limbah artifisial, konfigurasi reaktor MBR dan operasionalnya, perhitungan stoikiometri dan perhitungan nilai konsentrasi FA dan FNA, serta metode analisis dan perhitungan kinerja penyisihan nitrogen.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini memuat hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis stoikiometri anammox, konsentrasi nitrogen selama operasional yaitu amonium, nitrit, dan nitrat, analisis kinerja penyisihan nitrogen seperti NRR, NLR, ACE, NRE, faktor penghambat proses anammox yang terdiri dari FA dan FNA, analisis pH dan temperatur, deteksi visual biomassa, dan perbandingan dengan penelitian terdahulu terkait proses anammox.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan mengenai penelitian yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan serta berisikan saran untuk penelitian kedepannya.