

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai aktivitas manusia menyebabkan masuknya sejumlah besar nitrogen antropogenik yang menyebabkan perubahan signifikan pada jumlah nitrogen di alam (Galloway *et al.* 2008). Nitrogen antropogenik yang masuk ke lingkungan dapat berupa senyawa amonium ataupun nitrat (Hanke *et al.* 2010). Penggunaan pupuk secara berlebihan pada pertanian menyebabkan peningkatan konsentrasi nitrat yang tinggi pada air permukaan (Mulholland *et al.* 2008). Selain itu sumber pencemar nitrogen juga berasal dari limbah industri terutama agro industri dan industri makanan, yang menyebabkan sejumlah besar konsentrasi amonium lepas ke lingkungan (Strous *et al.* 1997). Diperkirakan pada tahun 2030, jumlah nitrogen akan melebihi kemampuan proses mikroba dalam mempertahankan keseimbangan siklus nitrogen global (Vitousek *et al.* 1997). Oleh karena itu, pengetahuan tentang mikroba yang terlibat dalam transformasi nitrogen perlu diketahui dan dipahami untuk dapat menemukan solusi yang tepat dalam mengatasi pencemaran nitrogen terutama pencemaran di air. Salah satu mekanisme yang sudah dikenal dalam penyisihan nitrogen (amonium dan nitrit) adalah oksidasi amonium secara anaerobik (*anaerobic amonium oxidation/anammox*).

Anammox merupakan proses konversi amonium menjadi gas nitrogen dengan nitrit sebagai penerima elektron pada keadaan anoksik oleh bakteri anammox yang merupakan golongan filum *Planctomycetes* (Jetten *et al.* 2005). Sejak penemuannya pada tahun 1995, banyak peneliti yang mengeksplorasi baik genus/spesies bakteri anammox yang berasal dari berbagai inokulum di lingkungan, dengan variasi suhu operasi ketika kultivasi, metode *start-up* dan pemakaian berbagai macam reaktor. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak hal-hal yang masih belum diketahui terkait proses anammox, terutama mikroorganisme anammox dari lingkungan yang belum sepenuhnya tereksplorasi. Keberadaan bakteri anammox di lingkungan dapat

ditemukan pada habitat alami maupun habitat buatan seperti, sungai, danau, muara, akuifer air tanah, lahan basah, sawah, *everglades*, tanah, kolam air limbah dan kolam pengolahan air lindi (Qian *et al.* 2018). Beberapa faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi dan komposisi komunitas anammox, adalah kandungan amonium, salinitas, suhu, dan rasio karbon/nitrogen organik (C/N). Saat ini, terdapat 7 genus anammox yang telah diketahui, yaitu *Candidatus Brocadia* (Kartal *et al.* 2008), *Candidatus Kuenenia* (Schmid *et al.* 2000), *Candidatus Scalindua* (Van De Vossenberg *et al.* 2008), *Candidatus Anammoxoglobus* (Kartal *et al.* 2007), *Candidatus Jettenia* (Quan *et al.* 2008), *Candidatus Brasilis* (Viancelli *et al.* 2011), dan *Candidatus Anammoximicrobium* (Khramenkov *et al.* 2013) dengan jumlah total 22 spesies dari semua genus (Miao *et al.* 2019).

Indonesia sebagai negara tropis yang terkenal dengan keanekaragaman hayati dan mikroba serta plasma nutfah memiliki potensi ditemukannya bakteri anammox. Merujuk kepada yang telah dilakukan Sánchez Guillén *et al.* (2015) bahwa proses anammox dapat dilakukan pada suhu moderat (20°C – 30°C), maka Indonesia yang memiliki rentang suhu rata-rata 26.6-27.3°C (BMKG, 2020) termasuk dalam rentang suhu berlangsungnya proses anammox. Hal ini ditunjang oleh penemuan genus *Candidatus Brasilis* (Viancelli *et al.* 2011) di negara Brasil yang juga memiliki iklim tropis seperti Indonesia, sehingga potensi besar untuk ditemukannya bakteri anammox.

Penelitian terdahulu tentang bakteri anammox di lingkungan Indonesia sudah pernah dilakukan menggunakan sampel biakan dari sedimen dan air permukaan dari sungai di Kota Semarang dengan metode pengayaan secara *plating* konvensional (Pratama, 2017). Penelitian tersebut menghasilkan kurva pertumbuhan bakteri gram negatif yang dianggap sebagai bakteri anammox. Akan tetapi hasil penelitian tersebut tidak disertai dengan data penyisihan nitrogen maupun tumbuhnya biomassa yang merupakan indikator penting dari terjadinya proses anammox (Zhang *et al.* 2015). Oleh karena itu, perlu adanya

penelitian untuk membuktikan keberadaan serta mengidentifikasi bakteri yang terlibat pada proses anammox pada lingkungan tropis khususnya Indonesia.

Sebagai tahap awal untuk membuktikan dan mengidentifikasi spesies bakteri anammox yang berada di lingkungan Indonesia, dilakukan *start-up* proses anammox dengan inokulum lumpur Telaga Koto Baru yang mengalami eutrofikasi dengan pertumbuhan enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan kiambang (*Pistia stratiotes*) yang tidak terkendali dan menutupi hampir 80% permukaan air. Hal inilah yang dijadikan dugaan potensial, lingkungan yang sesuai untuk menemukan keberadaan bakteri anammox. Selanjutnya, inokulum tersebut di inkubasi ke dalam reaktor yang disebut *filter bioreactor* (FtBR). Penggunaan *filter bioreactor* (FtBR) merupakan inovasi baru yang belum pernah dilakukan sebelumnya, sedangkan *string wound filter* digunakan oleh Zulkarnaini et al. (2018) sebagai media lekat bakteri anammox pada reaktor biofilm dengan dua aliran (*two-inflow*). mengacu kepada penelitian oleh Zhang (2015) menyatakan bahwa reaktor anammox biofilm sebagai reaktor *start-up* yang *powerful* bagi sampel yang berupa *activated sludge*. Selain itu, proses anammox dengan hasil kultur bakteri *non-granular* lebih cocok digunakan untuk investigasi lebih dalam terhadap mikroorganisme (Tikilili, 2016). Maka dalam penelitian ini, dilakukan modifikasi aliran inlet dan outlet menjadi *single flow* dan membuat kondisi anaerob yang berbeda dari konfigurasi reaktor anammox biofilm Zulkarnaini (2016) untuk *start-up* proses anammox yang disebut sebagai *filter bioreactor* (FtBR). Diharapkan penelitian ini salah satu langkah dalam mengeksplorasi bakteri anammox dan mengaplikasikan proses anammox untuk penyisihan nitrogen pada air limbah di Indonesia.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki potensi dari keberadaan bakteri anammox dari habitat alami di Indonesia yaitu Telaga Koto Baru Provinsi Sumatera Barat melalui proses kultivasi menggunakan *filter bioreactor* (FtBR). Untuk

mencapai maksud tersebut maka beberapa tujuan dalam penelitian yang ingin dicapai adalah :

- 1) Kultivasi lumpur Telaga Koto Baru, Tanah Datar, Sumatera Barat, Indonesia menggunakan *filter bioreactor* (FtBR).
- 2) Menganalisis pengaruh perbedaan suhu inkubasi terhadap proses kultivasi bakteri anammox (suhu ruang dan 35°C)
- 3) Menganalisis kinerja penyisihan nitrogen selama proses *start-up* dengan variasi suhu inkubasi yang berbeda (suhu ruang dan 35°C).
- 4) Mengidentifikasi komunitas mikroba dengan metode *Next Generation Sequencing* (NGS) menggunakan *Illumina Miseq sequencing*.
- 5) Menganalisis pengaruh perbedaan suhu terhadap kelimpahan dan variasi spesies bakteri anammox.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menambah ilmu pengetahuan dan dapat menjadi langkah awal bagi penelitian selanjutnya. Manfaat penelitian yang diharapkan antara lain:

- 1) Menjadi langkah awal bagi penelitian eksplorasi bakteri anammox yang berasal dari lingkungan Indonesia.
- 2) Mendapatkan bakteri jenis anammox dari lingkungan tropis di Indonesia sehingga dapat diaplikasikan untuk penyisihan nitrogen pada air limbah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

- 1) Percobaan menggunakan inokulum dari lumpur Telaga Koto Baru Kabupaten Tanah Datar;
- 2) Percobaan menggunakan *string wound filter cartridge* 0,5 μm sebagai media lekat dalam *filter bioreactor* (FtBR) yang dialirkan substrat secara kontinu;
- 3) Percobaan menggunakan substrat dengan konsentrasi amonium dan nitrit 70-150 mg-N/L;

- 4) Percobaan dilakukan dengan dua reaktor yang memiliki perbedaan suhu inkubasi yakni : pada suhu ruangan dan suhu 35°C;
- 5) Parameter yang diamati pada masing-masing reaktor yaitu suhu dan kelembaban proses *start-up*, konsentrasi $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, *Ammonium Conversion Efficiency* (ACE), *Nitrogen Removal Efficiency* (NRE), *Nitrogen Loading Rate* (NLR), dan *Nitrogen Removal Rate* (NRR);
- 6) Metode analisis $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ secara Spektrofotometri berdasarkan SNI dan APHA, serta suhu dan kelembaban selama proses *start-up* dengan *hygrometer*;
- 7) Identifikasi mikrobiologi dilakukan pada biomassa yang dihasilkan oleh masing-masing reaktor menggunakan metode *next generation sequencing* (NGS) dengan alat *Illumina Miseq sequencing* di *Kanazawa University*, Jepang.

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 siklus biologi nitrogen, dampak lingkungan terhadap pencemaran nitrogen, penyisihan nitrogen pada instalasi pengolahan air limbah, nitrifikasi/denitrifikasi konvensional, teknologi inovatif dan keberlanjutan pada penyisihan nitrogen secara biologis, proses anammox, deteksi dan identifikasi bakteri anammox, eutrofikasi, reaktor kultivasi anammox, parameter kinerja dalam proses anammox, penelitian terdahulu tentang *start-up* proses anammox,

aplikasi proses anammox, dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, tahapan penelitian yang dilakukan seperti pengambilan sampel inokulum, *set-up* reaktor, pembuatan substrat, pengoperasian reaktor, identifikasi bakteri anammox, metode analisis dan perhitungan kinerja penyisihan nitrogen, serta stoikiometri proses anammox.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai dengan pembahasan seperti tahapan *start-up*, stoikiometri anammox, deteksi visual biomassa, identifikasi mikrobiologi, dan lain-lain.

BAB V PENUTUP

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

