

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah dari aktifitas industri, pertanian, dan rumah tangga merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran pada badan air. Aktifitas tersebut dapat meningkatkan sejumlah pencemar nitrogen antropogenik berupa senyawa amonium maupun nitrat yang ada di alam (Galloway *et al.*, 2008). Eutrofikasi merupakan dampak nyata dari meningkatnya kandungan nitrogen yang tinggi di badan air penerima (Herlambang & Marsidi, 2003). Kondisi tersebut dapat ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton serta meningkatnya jumlah tumbuhan air (*blooming algae*) (Simbohon, 2012). Jika tidak dikendalikan, eutrofikasi dapat memberikan efek negatif seperti terganggunya biota air, hal ini terjadi karena lumut atau ganggang yang mengkonsumsi oksigen sehingga ketersediaan oksigen berkurang (Stearman & B George, 2011).

Pada tahun 2030 diperkirakan jumlah nitrogen yang ada di lingkungan akan melebihi kemampuan proses mikrob dalam mempertahankan keseimbangan siklus nitrogen global (Vitousek *et al.*, 1997). Oleh sebab itu, perlunya pengetahuan dan pemahaman tentang mikrob yang terlibat dalam transformasi nitrogen guna mendapatkan solusi yang tepat dalam mengatasi pencemaran nitrogen pada air. Pengolahan pencemar nitrogen secara biologis salah satu teknologi yang digunakan yaitu *anaerobic ammonium oxidation* (anammox) (Jin *et al.*, 2012).

Anammox adalah proses perubahan amonium menjadi gas nitrogen dengan menggunakan nitrit sebagai akseptor pada keadaan anoksik dilakukan oleh bakteri anammox yang merupakan golongan dari filum *Planctomycetes* (Jetten *et al.*, 2005). Penerapan proses anammox pada pengolahan air limbah untuk menyingkahkan amonium dalam kondisi anaerobik membutuhkan lebih sedikit oksigen, menghasilkan sedikit lumpur, tidak membutuhkan karbon organik (Lotti *et al.*, 2014). Anammox merupakan sebuah alternatif penyisihan nitrogen di lingkungan yang berkelanjutan karena lebih efisien, hemat biaya dan ramah

lingkungan. Di lingkungan, bakteri anammox dapat ditemukan di habitat alami dan buatan seperti, sungai, muara, danau, akuifer air tanah, sawah, dan lahan basah (Qian et al., 2018).

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki keanekaragaman hayati, dan plasma nutfah juga tentu memiliki keragaman mikrob. Perkembangan penelitian anammox masih sangat minim dilakukan di Indonesia jika dibandingkan dengan banyaknya penelitian anammox di dunia. Seperti di Eropa, China dan berbagai negara sudah mengoperasikan reaktor anammox skala besar untuk penyisihan kadar nitrogen pada air limbah, seperti air limbah industri, air lindi, air limbah farmasi serta jenis limbah lainnya. (Zulkarnaini, 2020).

Beberapa tipe reaktor dalam pengembangan anammox seperti *Sequencing Batch Reactor* (SBR) (Zeng et al., 2009), *Fluidized Bed Reactor* (FBR) (Rungkitwatananukul et al., 2016), *Upflow Biofilter* (UBF) (Jin et al., 2008), *Upflow Anaerobic Sludge Bed reactor* (UASB) (Jin et al., 2012), *Membrane Bioreactor* (MBR) (Narita et al., 2017), *Filter Bioreactor* (FtBR) (Liu et al., 2017; Putra et al., 2020) telah digunakan untuk kultivasi bakteri. MBR merupakan tipe reaktor yang banyak dipakai untuk pengembangan bakteri anammox sel tunggal (*single cell*) (Van Der Star et al., 2008).

Proses anammox telah berhasil dilakukan melalui berbagai konfigurasi reaktor, dan memperoleh nilai efisiensi penyisihan nitrogen yang bervariasi namun mengalami inhibisi dan pemulihan di dalam prosesnya. *upflow anaerobic sludge bed reactors* (UASB) pada HRT 12 jam dengan efisiensi 76% mengalami inhibisi pada suhu 20°C (Namre, 2021). *upflow anaerobic sludge bed reactors* (UASB) dengan efisiensi 93,75 % terjadi inhibisi ketika konsentrasi substrat ± 350 mg-N/L (Nadifa, 2022). Kultivasi bakteri anammox menggunakan inokulum dari lumpur Telaga Kotobaru pada *Filter Bioreactor* (FtBR) dengan kondisi proses inkubasinya dilakukan pada suhu ambien dan suhu 34° dengan HRT 24 jam setelah berhasil menyisihkan nitrogen tinggi di kedua reaktor tersebut yaitu 97 % (Putra et al., 2020). Penelitian tersebut telah berhasil mengidentifikasi 4 spesies bakteri anammox yaitu *Candidatus Brocadia fulgida*, *Candidatus Brocadia*

caroliensis, *Candidatus Brocadia sinica* dan *Candidatus Anammoxoglobus propioncus* (Zulkarnaini, 2020).

Pada proses anammox, banyak tantangan dalam mempertahankan kondisi operasional untuk mencapai tingkat penyisihan nitrogen yang tinggi dan stabil. Periode *start-up*, membutuhkan waktu penggantian yang lama yaitu 10 -14 hari (Goa *et al.*, 2012). Selain itu, inhibisi (penghambat) oleh senyawa eksogen, seperti sulfida, fenol, alkohol, antibiotik, atau logam beracun dalam media substrat, merupakan faktor yang penting untuk dikontrol (Petrie *et al.*, 2014). Amonium dan Nitrit merupakan komposisi senyawa yang ada dalam substrat pada reaksi anammox. Jika konsentrasi lebih tinggi dari 100 mg/L, nitrit dapat menjadi inhibitor bagi pertumbuhan bakteri anammox (Strous *et al.*, 1999).

Strous (1999) juga menyatakan pada beberapa konsentrasi amonium yang digunakan, proses anammox dapat berlangsung dengan baik tanpa adanya hambatan. Apabila menggunakan konsentrasi tinggi hingga mencapai 1 kg-N/L baru terjadi penghambatan pada proses anammox. Pengaruh parameter lingkungan di setiap bioreaktor seperti suhu, konsentrasi oksigen, kandungan karbon organik, konsentrasi nitrogen, dan pH merupakan faktor penting yang dikontrol pada proses anammox untuk mencegah terjadinya inhibisi (Reino *et al.*, 2018). Proses anammox dapat berlangsung pada rentang suhu 20-43°C. Suhu optimal proses anammox tergantung pada spesies, seperti *Candidatus Brocadia sinica* pada suhu 37°C (Strous *et al.*, 1999). Nilai pH optimum untuk mencegah terjadinya penghambatan pada proses anammox berada di kisaran 7,0-8,5 (Strous *et al.*, 1997)

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi faktor yang mengakibatkan inhibisi pada penyisihan nitrogen menggunakan *membrane bioreactor* (MBR) yang dioperasikan pada suhu ambien. Dalam penelitian ini juga melakukan identifikasi mikrobiologi terhadap komunitas mikrob yang tumbuh pada reaktor MBR menggunakan *Illumina Miseq Sequencing*. Inokulum yang digunakan berasal dari FtBR yang dioperasikan pada suhu ambien dengan spesies *Candidatus Brocadia fulgida*. Penelitian ini diharapkan akan menjadi acuan untuk mencegah dan mengetahui faktor yang mempengaruhi terjadinya inhibisi pada proses anammox.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengevaluasi faktor-faktor yang mengakibatkan inhibisi proses anammox pada penyisihan nitrogen menggunakan *membrane bioreactor* (MBR).

Sementara tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi faktor inhibisi (penghambat) pada proses menggunakan reaktor MBR.
2. Menganalisis kinerja penyisihan nitrogen limbah artifisial dengan parameter *Ammonium Conversion Efficiency* (ACE), *Nitrogen Removal Efficiency* (NRE), *Nitrogen Loading Rate* (NLR), *Nitrogen Removal Rate* (NRR).
3. Mengidentifikasi komunitas mikrob yang didapatkan pada reaktor MBR.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai acuan bagi penelitian bakteri anammox yang berasal dari lingkungan di Indonesia dan aplikasi pada pengolahan air limbah nantinya.

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 menggunakan bakteri Anammox dari Talago Kotobaru Kecamatan Koto X Kabupaten Tanah Datar spesies *Candidatus Brocadia fulgida* dengan menggunakan reaktor MBR.
2. Konsentrasi amonium dan nitrit pada awal oprasional MBR masing - masing 70, 150, 200, 250 mg-N/L ditingkatkan secara bertahap.
3. MBR dioperasikan pada *Hydraulic Retention Time* (HRT) 18, 9 dan 4,5 jam.
4. Analisis sampel menggunakan metode berdasarkan standar: Amonium (NH_4^+) (SNI 06-6989.30-2005), Nitrit (NO_2^-) (SNI 06-6989.9-2004), dan Nitrat (NO_3^-) (APHA 2017).

5. Penentuan proses anammox, parameter yang diamati yakni *Ammonium Conversion Efficiency (ACE)*, *Nitrogen Removal Efficiency (NRE)*, *Nitrogen Loading Rate (NLR)* dan *Nitrogen Removal Rate (NRR)*.
6. Parameter indikator penghambat pada proses anammox *Free Ammonia (FA)* dan *Free Nitrous Acid (FNA)*.
7. Parameter lingkungan yang diamati pada reaktor yaitu suhu, pH, konsentrasi amonium, nitrit dan nitrat.
8. Analisis komunitas mikrob menggunakan *Illumina Miseq Sequencing*

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari 5 bab dan dilengkapi dengan daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran. Secara garis besar masing-masing bab akan membahas beberapa hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang siklus nitrogen, pencemaran nitrogen di lingkungan, nitrifikasi dan denitrifikasi, proses anammox, teknik kultivasi bakteri anammox, faktor yang memengaruhi inhibisi, identifikasi bakteri anammox dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas analisis hasil pengolahan data, analisis kinerja pengurangan nitrogen dan analisis terjadinya inhibisi.

BAB V PENUTUP

Bab ini akan membahas terkait kesimpulan dan saran tentang hasil penelitian yang sudah dilakukan pembahasan.