

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nitrifikasi merupakan langkah penting dalam siklus nitrogen global serta memainkan peran penting baik dalam lingkungan alami maupun sistem rekayasa, termasuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Sobotka et al., 2018). Nitrifikasi terdiri dari dua tahap yaitu oksidasi amonia (NH_3) menjadi nitrat (NO_3^-) melalui nitrit (NO_2^-) (Gallego et al., 2021). Tahapan pertama dalam nitrifikasi, yaitu oksidasi amonia oleh *ammonia-oxidizing bacteria* (AOB) dan *ammonia-oxidizing archaea* (AOA) menjadi nitrit (Zhao et al., 2019). Tahapan kedua, yaitu oksidasi nitrit oleh *nitrite-oxidizing bacteria* (NOB) menjadi nitrat. Baru-baru ini, telah ditemukan mikroorganisme tunggal yang dapat melakukan oksidasi lengkap terhadap amonia menjadi nitrat atau disebut juga dengan *complete ammonia oxidation* (*comammox*) atau pengoksidasi amonia lengkap (Mehrani et al., 2021).

Comammox ditemukan pertama kali pada akhir tahun 2015 (Daims et al., 2015; Van Kessel et al., 2015). Kata “*comammox*” berasal dari kemampuannya untuk melakukan oksidasi amonia lengkap hingga menjadi nitrat (NO_3^-). Metabolisme *comammox* mengubah persepsi mengenai nitrifikasi yang merupakan proses dua langkah yang memerlukan aktivitas terkoordinasi dari AOB atau AOA yang mengubah amonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2^-) serta NOB yang mengubah nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat (NO_3^-). Kemampuan *comammox* untuk mengoksidasi amonium menjadi nitrat dapat bersaing dengan AOB/AOA dan NOB pada nitrifikasi konvensional (Lawson & Lücker, 2018). Komunitas *comammox* yang terdeteksi termasuk ke dalam genus *Nitrospira* (Roots et al., 2019a) dan dapat ditemukan di berbagai lingkungan alami seperti air tawar, sedimen, zona pasang surut, lumpur aktif, tanah hutan, dan sawah serta sistem buatan seperti IPAL (Gallego et al., 2021).

Hasil penelitian terbaru mengenai *comammox* pada lingkungan alami telah ditemukan oleh Gao et al. (2022) pada sawah, serta penelitian Liu et al. (2023) yang menemukan komunitas *comammox* pada sedimen sungai dan muara. Sedimen

merupakan media lekat untuk pertumbuhan bagi bakteri *comammox*, dengan kandungan nitrogen serta fosfat yang terdapat pada air limbah dapat dijadikan sebagai indikasi dari keberadaan mikroorganisme tertentu yang dibutuhkan untuk nutrisi dalam proses metabolisme (Liu et al., 2023).

Kondisi lingkungan seperti DO, pH, dan suhu mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri *comammox* (Kits et al., 2017; Roots et al., 2019; Takahashi et al., 2020). Konsentrasi DO yang rendah membuat pertumbuhan *comammox* menjadi lebih tinggi karena oksidasi mikrob bakteri *comammox* mirip dengan oksidasi terminal tipe sitokrom bd, yang terjadi pada konsentrasi DO yang sangat rendah dan memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap DO (Borisov et al., 2011). Menurut Dimitri Kits et al. (2017) dan Sakoula et al. (2021) kelimpahan bakteri *comammox* berkaitan dengan amonium, dimana pada isolasi kultur murni bakteri *comammox* yang dilakukan menunjukkan bahwa afinitas amonia yang tinggi memperlambat pertumbuhan *comammox*, namun pada laju oksidasi amonium yang rendah, hasil pertumbuhan *comammox* menjadi lebih tinggi. Berdasarkan penelitian terdahulu, bakteri *comammox* yang ditemukan berada pada kondisi lingkungan DO yang relatif rendah dan TOC yang relatif rendah (Liu et al., 2020; Tang et al., 2023; Sun et al., 2020; Kits et al., 2017).

Hasil penelitian terdahulu pada lingkungan alami, Liu et al. (2020) menemukan adanya bakteri *comammox Nitrospira* pada sungai Yangtze di Cina yang sebesar 34-87% pada lingkungan oligotrofik dengan kondisi pH yang lebih tinggi dan suhu yang rendah. Hasil penelitian Sun et al. (2020) menjelaskan bahwa, *comammox* yang ditemukan pada muara di Cina yaitu berkisar antara $4,15 \times 10^5$ hingga $6,67 \times 10^6$ copies/g dengan rentang pH antara 6,74-8,65. Pada sistem buatan IPAL, komunitas *comammox* yang telah ditemukan oleh Pjevac et al. (2017) terdapat bakteri *comammox* sebanyak 43-71% dari total populasi genus *Nitrospira* yang berada di Wina Austria pada DO rendah, namun pada DO yang tinggi ($>3 \text{ mgO}_2/\text{L}$) kelimpahan *comammox* mengalami penurunan.

Walaupun keberadaan bakteri *comammox* ini telah dikonfirmasi pada tahun 2015, namun penemuan bakteri *comammox* pada sistem buatan serta karakteristik dari parameter fisikokimia yang terkait masih belum ada diteliti di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi kelimpahan bakteri *comammox* pada sedimen sistem buatan di

Indonesia khususnya Kota Padang Sumatera Barat serta parameter fisikokimia yang terkait, sehingga dapat digunakan untuk kultivasi bakteri *comammox* dan aplikasi pengolahan air limbah.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud penelitian ini adalah menganalisis kelimpahan bakteri *comammox* pada sistem buatan di Kota Padang. Adapun tujuan penelitian tesis ini yaitu:

1. Menganalisis parameter fisikokimia meliputi TOC, pH, kandungan nitrogen, fosfat serta sulfat pada sedimen di sistem buatan meliputi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) dan Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah di Kota Padang;
2. Mengidentifikasi *comammox* pada sistem buatan di Kota Padang dengan metode *next generation sequencing* (NGS) menggunakan *Illumina Miseq sequencing*;

1.3 Manfaat Penelitian Tesis

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

1. Menjadi salah satu referensi bagi peneliti selanjutnya dalam mengidentifikasi keberadaan *comammox* di Indonesia;
2. Sebagai penelitian awal untuk kultivasi bakteri *comammox* dan aplikasi pada pengolahan air limbah.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Pengujian dilakukan pada sampel sedimen pada unit yang berbeda di sistem buatan antara lain: IPL TPA, saluran pembuangan air limbah Pabrik Tahu, IPAL Pabrik Karet, IPAL Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas, serta IPLT yang terdapat di kota Padang;
2. Parameter yang diamati yaitu TOC, pH, kandungan nitrogen, fosfat, dan sulfat serta jumlah komunitas mikrob pada sedimen;
3. Parameter lingkungan air limbah yang diamati yaitu pH, DO, suhu, dan Salinitas;

4. Identifikasi *comammox* dengan metode *next generation sequencing* (NGS) dengan alat *Illumina Miseq sequencing* di *Kanazawa University*, Jepang;

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan uraian tesis 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 berisikan tentang landasan teori mengenai senyawa nitrogen, proses *comammox*, ekstraksi DNA, PCR dan *Illumina Miseq sequencing* dan lain-lain.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi dan waktu penelitian, tahapan penelitian yang dilakukan seperti persiapan bakteri, ekstraksi DNA, PCR, bioanalisis, *Illumina Miseq sequencing* dan analisis filogeni.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil pengujian laboratorium, pengolahan data dan pembahasan.

BAB V PENUTUP

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

