

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lindi *landfill* pada instalasi pengolahan air lindi (IPL) menjadi salah satu masalah utama lingkungan karena amonia dan bahan organik yang terkandung di dalamnya. Kandungan amonia dalam lindi *landfill* setelah diolah dari tempat pembuangan akhir (TPA) di Indonesia diketahui sebesar 15 mg/L di TPA Air Dingin, Padang (Putri, 2019) dan dapat mencapai 142,2 mg/L di TPA Gampong Jawa, Banda Aceh (Hasibuan, 2019). Kandungan amonia tersebut diketahui masih belum mencapai konsentrasi amonia yang diharapkan sesuai baku mutu SNI 06-6989.30-2005 sebesar 5 mg/L. Metode penyisihan pada lindi yang efektif dan hemat biaya perlu dikembangkan agar dapat meningkatkan pengolahan lindi dan merealisasikan pengembangannya.

Pengolahan lindi *landfill* di TPA Air Dingin dilakukan dalam kolam pengolahan lindi yang terdiri dari kolam anaerobik, fakultatif, maturasi, dan *wetland* (Rahmawati, 2019) dan secara umum dilakukan di beberapa TPA di Indonesia yaitu TPA Gampong Jawa, Banda Aceh, TPA Banyuroto, Kulon Progo (Thomas & Santoso, 2019), dan TPA Nangkaleah, Tasikmalaya (Salman dkk., 2022). Keberadaan kolam pengolahan lindi masih belum cukup untuk mencapai kandungan amonia dalam air lindi sebelum dibuang ke badan penerima air sehingga diperlukan alternatif proses lain ataupun pengolahan lebih lanjut secara biologis seperti proses *anaerobic ammonium oxidation* atau anammox (Miao dkk., 2015) yang memiliki kelayakan dari segi biaya serta memiliki efisiensi yang tinggi (Wang dkk., 2016). Proses anammox diketahui dapat mengolah lindi *landfill* dengan menyisihkan nitrogen pada reaktor UASB atau *up-flow anaerobic sludge blanket* (Li dkk., 2021). Proses anammox yang menangani lindi *landfill* terdiri dari genus bakteri yang dominan yaitu *Candidatus Kuenenia* (Miao dkk., 2018) dan *Candidatus Kueneniastuttgartiensis* (Phan dkk., 2017) dimana bakteri yang dominan ini beradaptasi lebih baik dengan lindi *landfill*.

Proses anammox ditandai dengan adanya kemampuan oksidasi amonium dengan nitrit sebagai penerima elektron dan membentuk gas nitrogen secara anaerobik. Anammox menjadi proses penyisihan nitrogen yang penting pada lingkungan

dengan keterbatasan oksigen, baik lingkungan alami maupun lingkungan buatan (Qian dkk., 2018). Pertumbuhan biomassa bakteri anammox dan penyisihan nitrogen merupakan faktor penting yang mendukung proses anammox (Zhang dkk., 2015) serta didukung pula oleh faktor suhu yang ideal yaitu 20°C hingga 30°C (Sánchez Guillén dkk., 2015). Faktor iklim yaitu iklim tropis menjadi faktor penemuan genus *Candidatus Brasilis* dalam reaktor UFBR atau *up-flow bioreactor* (Viancelli dkk., 2011). Penelitian bakteri anammox telah dilakukan dengan beberapa variasi suhu dan *hydraulic retention time* (HRT) yaitu suhu ambien dan 35°C serta HRT 24 jam dan 12 jam dengan inokulum bakteri *Candidatus Brocadia sinica* pada reaktor *up-flow anaerobic sludge blanket* atau UASB (Putra, 2019), suhu rentang 23°C – 28°C dengan HRT 24 jam dan 12 jam dengan inokulum bakteri dari spesies *Candidatus Brocadia sinica* pada reaktor UASB (Almi, 2019; Ermaliza, 2019), dan suhu rentang 25°C – 28°C dengan HRT 12 jam menggunakan bakteri dari spesies *Candidatus Brocadia fulgida* pada reaktor UASB (Zulfa, 2020). Penelitian tersebut menghasilkan nilai *nitrogen removal rate* (NRR) dalam rentang 0,11 – 11,20 kg-N/m³.h, efisiensi penyisihan amonium dalam *ammonium conversion efficiency* (ACE) sebesar 72% – 98% dan efisiensi penyisihan nitrogen dalam *nitrogen removal efficiency* (NRE) sebesar 69% hingga 92% pada *nitrogen loading rate* (NLR) dalam rentang 0,14 – 0,60 kg-N/m³.h. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa Indonesia berpotensi besar menjadi lokasi penemuan bakteri anammox.

Penggunaan lumpur sebagai inokulum dengan proses anammox telah dilakukan menggunakan lumpur dari Telaga Koto Baru, Tanah Datar, Sumatra Barat pada reaktor *filter bioreactor* atau FtBR selama 200 hari dengan suhu operasional pada suhu ambien 22°C – 28°C dan suhu 35°C, dan HRT 24 jam. Penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi 4 spesies bakteri anammox, yaitu *Candidatus Brocadia caroliniensis*, *Candidatus Brocadia sinica*, *Candidatus Brocadia fulgida*, dan *Candidatus Anammoxoglobus propionicus* (Putra dkk., 2020). Lumpur juga digunakan sebagai inokulum dengan HRT 24 jam pada reaktor FtBR dengan substrat air laut yang mengandung salinitas hingga 32,4 ppt. Penelitian ini dilakukan selama 323 hari dan lumpur diambil dari Muara Penjalinan Kota Padang dan berhasil mengidentifikasi 5 spesies bakteri anammox yaitu *Candidatus*

Anammoxoglobus propionicus, *Candidatus Brocadia sinica*, *Candidatus Brocadia fulgida*, *Candidatus Jettenia sp.* dan 1 spesies dari genus *Candidatus Jettenia* (Lulrahman dkk., 2022). Hal ini menunjukkan bahwa FtBR dapat menjadi reaktor untuk proses kultivasi anammox dan lumpur dapat digunakan sebagai sumber inokulumnya.

Proses anammox dengan sumber inokulum lumpur lindi *landfill* juga telah dilakukan menggunakan reaktor skala laboratorium mode *batch*. Penyisihan nitrogen dilakukan pada lumpur lindi *landfill* dari sebuah instalasi pengolahan lindi (IPL) lokal di Taiwan dengan konsentrasi nitrogen tinggi. IPL tersebut diketahui mengolah amonium hingga konsentrasi 500 mg-N/L. Lumpur lindi *landfill* tersebut dimasukkan ke dalam reaktor berisi 900 mL larutan mineral berupa limbah artifisial dan berhasil menyisihkan nitrogen dengan efisiensi hingga 95% serta mengidentifikasi spesies *Candidatus Anammoxoglobus propionicus*. Hal ini dapat menjadi acuan bahwa proses anammox dapat dilakukan dengan sumber inokulum dari lumpur lindi *landfill* karena memiliki kandungan nitrogen yang tinggi dan ditemukan pula gas nitrogen konsentrasi tinggi di tangki gas anaerobik pada instalasi pengolahan lindi tersebut (Hsu dkk., 2014).

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, lumpur lindi *landfill* akan digunakan sebagai inokulum pada reaktor FtBR dan dioperasikan pada suhu ambien pada penelitian ini. Sumber inokulum yaitu lumpur didapatkan dari kolam *wetland* TPA Air Dingin Kota Padang, Sumatra Barat. Reaktor FtBR sebagai reaktor anammox jenis biofilm. Reaktor biofilm dapat menjadi reaktor yang sesuai untuk sampel atau inokulum berupa lumpur (Zhang dkk., 2015). Reaktor FtBR sebagai reaktor anammox jenis biofilm. Lumpur di dalam reaktor akan dialiri substrat secara terus-menerus dengan HRT 24 jam dan 12 jam. Operasional reaktor pada suhu ambien memengaruhi kinerja proses anammox dan penyisihan nitrogen sehingga dapat dilihat pengaruh suhu terhadap kinerja penyisihan nitrogen dengan proses anammox terhadap suhu ambien. Penyisihan nitrogen dengan proses anammox diharapkan dapat diterapkan pada lindi *landfill* (Gamoń dkk., 2019) baik sebagai pengolahan lanjutan ataupun sebagai alternatif pengolahan dalam instalasi pengolahan lindi (IPL).

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan analisis kinerja reaktor *filter bioreactor* (FtBR) dalam penyisihan nitrogen dengan sumber inokulum lumpur lindi *landfill*.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah menganalisis kinerja penyisihan nitrogen pada reaktor FtBR yang menggunakan lumpur lindi *landfill* dari TPA Air Dingin Kota Padang pada suhu ambien serta HRT 24 jam dan 12 jam.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan:

1. Dapat diaplikasikan sebagai alternatif pengolahan lindi dalam penyisihan nitrogen.
2. Memberikan informasi mengenai penyisihan nitrogen dalam air lindi dengan proses anammox pada suhu ambien ($25^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$).

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian menggunakan sumber inokulum lumpur lindi *landfill* TPA Air Dingin.
2. Penelitian dilakukan menggunakan reaktor *filter bioreactor* (FtBR) yang terdiri dari media lekat *string wound filter cartridge* $0,5 \mu\text{m}$ dalam *housing filter* yang dialirkan substrat secara kontinu di dalam reaktor FtBR.
3. Penelitian dilakukan dengan suhu ambien ($25^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$).
4. Periode penelitian berdasarkan konsentrasi amonium dan nitrit serta *hydraulic retention time* (HRT) yaitu periode I (70 mg-N/L ; 24 jam), periode II (150 mg-N/L ; 24 jam), periode III (150 mg-N/L ; 12 jam), dan periode IV (200 mg-N/L ; 12 jam).
5. Penelitian dengan metode analisis secara spektrofotometri untuk penentuan parameter nitrogen yaitu uji amonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) dengan SNI 06-6989.30-2005, parameter uji nitrit ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) dengan SNI 06-6989.9-2004, dan parameter uji nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) sebagai hasil proses anammox dengan APHA 2017.
6. Penelitian ini menghitung *ammonium conversion efficiency* (ACE), *nitrogen removal efficiency* (NRE), *nitrogen loading rate* (NLR), dan *nitrogen removal rate* (NRR) untuk mengetahui kinerja penyisihan nitrogen.

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 dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang siklus nitrogen, dampak pencemaran nitrogen terhadap lingkungan dan manusia, penyisihan nitrogen pada instalasi pengolahan air limbah, nitrifikasi dan denitrifikasi, proses anammox, identifikasi bakteri anammox, reaktor proses anammox, parameter kinerja proses anammox, penelitian terdahulu tentang proses anammox, dan teori pendukung penelitian lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian yang terdiri dari pengambilan sampel inokulum, persiapan peralatan, pembuatan substrat, pengoperasian reaktor, metode analisis dan perhitungan kinerja penyisihan nitrogen, dan stoikiometri proses anammox.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai pembahasan tentang profil konsentrasi nitrogen yaitu amonium, nitrit, dan nitrat, analisis kinerja penyisihan nitrogen yang terdiri dari NRR, NLR, ACE, NRE, FA, dan FNA, analisis stoikiometri anammox, deteksi visual biomassa, analisis suhu, dan perbandingan dengan penelitian terdahulu tentang proses anammox.

BAB V PENUTUP

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