

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pengolahan air limbah kian maju pesat. Berbagai metode dengan peralatan yang modern digunakan untuk mengatasi permasalahan air limbah supaya tidak mencemari lingkungan. Hampir sebagian besar air limbah baik air limbah yang berasal dari industri, rumah tangga, maupun industri pertanian mengandung bahan pencemar nitrogen. Apabila tidak dikendalikan, bahan pencemar ini akan memacu *eutrofikasi* yang memberikan efek negatif pada lingkungan perairan seperti terganggunya kehidupan biota air dikarenakan pertumbuhan lumut atau ganggang yang akan mengkonsumsi oksigen sehingga kesediaan oksigen untuk biota air akan berkurang (Stearman et al. 2012).

Nitrogen merupakan unsur nutrisi utama yang digunakan untuk metabolisme organisme. Nitrogen di perairan terdiri dari dua jenis yaitu N organik dan N anorganik. N organik berupa partikulat yang tidak larut dalam air, sedangkan N anorganik berupa $N-NO_3^-$, $N-NO_2^-$ dan $N-NH_3$ yang bersifat larut. Nitrogen tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik dan harus melalui fiksasi terlebih dahulu menjadi amonia (NH_3), amonium (NH_4^+), dan Nitrat (NO_3^-) (Effendi 2003).

Pencemaran oleh pupuk nitrogen, limbah cair industri, amonia anhidrat seperti kotoran hewan maupun manusia, dapat meningkatkan kadar amonium di dalam air. Hasil analisis laboratorium menunjukkan beberapa industri di Indonesia seperti industri tempe menghasilkan bahan pencemar nitrogen berupa amonium dengan konsentrasi sebesar 300 mg/L – 3000 mg/L dan nitrat dengan konsentrasi 1000 – 4425 mg/l. Limbah yang mengandung sejumlah besar senyawa nitrogen ini tidak diizinkan dibuang ke lingkungan secara langsung karena akan berdampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan manusia (Herlambang and Marsidi 2003).

Pengolahan air buangan sangat diperlukan untuk meminimumkan dampak terhadap lingkungan. Pengolahan air buangan dapat dilakukan secara fisika, kimia dan biologi. Pengolahan dengan cara biologi banyak dipilih dan diaplikasikan dalam pengolahan air limbah baik di industri, rumah sakit dan domestik. Salah satu

pengolahan yang digunakan untuk penyisihan amonia adalah dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi. Dalam proses tersebut, bakteri nitrifikasi mengoksidasi amonia menjadi nitrat dalam kondisi aerobik, nitrat menjadi gas dinitrogen dalam kondisi *anoxic* (Jetten et al. 1998). Namun, proses pengolahan limbah dengan nitrifikasi-denitrifikasi juga memiliki kekurangan, yaitu membutuhkan biaya yang tinggi, menghasilkan lumpur yang banyak dan tidak ekonomis karena membutuhkan tambahan karbon organik komersial (Driessen and Kruit 2016).

Sampai saat ini proses *anaerobic ammonium oxidation* (anammox) terus dikembangkan untuk pengolahan air limbah dengan penyisihan ammonium yang tinggi serta mengandung C/N rendah. Proses anammox menjadi alternatif yang lebih efektif dalam penyisihan nitrogen secara biologi dibandingkan dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi. Anammox adalah proses penyisihan nitrogen dimana nitrit digunakan sebagai akseptor elektron dalam konversi ammonium menjadi gas nitrogen. Karbon organik tidak dibutuhkan dalam sistem ini karena ammonium digunakan sebagai donor elektron (Kartal et al. 2011). Anammox pertama kali ditemukan pada tahun 1996 dalam reaktor *denitrifying fluidized bed*, oleh Van De Graaf et al, 1996.

Proses anammox terbukti lebih baik dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, karena tidak ada penambahan karbon organik, menghemat kebutuhan oksigen (aerasi) sampai 60% (Kartal et al. 2007), serta pengurangan produksi lumpur hingga 90% sehingga mengurangi biaya pengolahan lumpur (Strous et al. 1999). Kelebihan dari proses anammox lainnya yaitu tidak membutuhkan penambahan donor elektron lain, tidak ada produk samping toksik yang dilepaskan ke air dan energi yang diperlukan selama proses dapat direduksi (R C Jin et al. 2012)

Sejak awal ditemukannya, anammox telah diteliti secara luas sebagai metode yang menjanjikan untuk menghilangkan nitrogen. Proses Anammox telah berhasil diterapkan pada skala laboratorium, skala pilot dan skala besar untuk pengolahan air limbah dengan tingkat karbon/nitrogen (C/N) rendah, seperti air lindi, air limbah industri, limbah cair farmasi dan jenis limbah lainnya (Zhang et al. 2016). Sebagian besar reaktor anammox dapat dioperasikan pada rentang suhu tinggi berkisar ($\geq 30^{\circ}\text{C}$). Kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan bakteri anammox adalah antara 30 sampai 40°C (Strous et al. 1999), akan tetapi telah mulai dilakukan penelitian

tentang aplikasi anammox pada suhu dan konsentrasi ammonium rendah. Beberapa upaya telah berhasil dilakukan dengan menggunakan air limbah artifisial untuk mengoperasikan proses anammox pada suhu rendah dan konsentrasi amonium yang rendah. Hendrickx et al. 2012 berhasil menggunakan *gaslift reactor* dengan air limbah artifisial yang mengandung 69 mg-N/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dan $\text{NO}_2^-\text{-N}$ sebagai influen pada suhu 20°C. Ma et al. 2013 juga mempelajari pengolahan air limbah dengan konsentrasi ammonia rendah, <20 mg $\text{NH}_4^+\text{-N}$ pada suhu 16°C dan 30°C dengan reaktor UASB. Hu et al. 2013 mempelajari penghilangan nitrogen dari air limbah domestik sintesis dalam reaktor SBR dua tahap (nitrifikasi parsial-anammox) pada suhu 25-40°C. Penyisihan yang terjadi selama pengoperasian dapat mencapai lebih dari 90% penghilangan ammonia.

Reaktor seperti *Sequencing Batch Reactor (SBR)*, *Fluidized Bed Reactor (FBR)*, *upflow biofilter (UBF)*, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*, *Membran Bioreactor (MBR)*, *Airlift Reactor*, dan *Rotating Biological Contactor (RBC)*, telah digunakan untuk pengembangan proses anammox. Tingkat penyisihan tertinggi dicapai dalam UASB dibandingkan dengan SBR dan jenis reaktor lainnya. Tingkat penghilangan nitrogen tertinggi hingga 76 kg-N/m³ hari dan aktivitas anammox spesifik hingga 5,6 kg-N/kg-VSS/hari. Reaktor UASB lebih efisien dalam mengolah air limbah pada suhu rendah (<30°C) (Kumar et al. 2016). Konfigurasi proses anammox dipengaruhi oleh tipe penumbuhan bakteri. Tipe penumbuhan bakteri tersebut adalah lumpur granular, lumpur aktif serta biofilm. Lumpur granular memiliki peran penting dalam kinerja bioreaktor tingkat tinggi (Franco et al. 2006). Karakteristik lumpur granular berupa granul anammox, granul heterotrofik, granul anaerob, granul denitrifikasi dan granul nitrifikasi autotrofik. Granul anammox dilaporkan memiliki karakteristik warna merah tua (*carmine*) dengan diameter rata-rata 2,2 – 2,5 mm (C. J. Tang et al. 2011). Lumpur granular cocok dikembangkan pada reaktor *Air Lift Reactor (ALR)*, *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)* dan *Sequencing Batch Reactor (SBR)* (Arrojo and Campos 2006).

Kinerja *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)* dalam mengolah air limbah dipengaruhi oleh *Hydraulic Retention Time (HRT)*. HRT merupakan dasar dalam berbagai pengolahan limbah secara biologi (Hunt 1998). Menurut Ogejo et al. 2009, HRT adalah waktu saat limbah berada di dalam reaktor anaerobik. HRT perlu

diperhatikan dalam operasional bioreaktor karena HRT dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dari mikroorganisme anaerobik. Variasi HRT yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 jam dan 24 jam. Hal ini dikarenakan pertumbuhan mikroba anaerobik yang baik tengah terjadi pada waktu tersebut (Chen et al 2017). Penerapan HRT yang singkat pada reaktor dapat memberikan dampak positif berupa semakin banyaknya jumlah air limbah yang diolah pada reaktor. Hal ini dikarenakan lama durasi HRT berbanding terbalik dengan nilai debit air limbah yang diolah (Tchobanoglous et al 1991)

Penelitian ini merupakan penelitian dasar dalam mengembangkan dan mengaplikasikan proses anammox untuk penyisihan nitrogen di daerah dengan rentang suhu 21-29°C. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium menggunakan reaktor UASB. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi efisiensi penyisihan nitrogen dengan proses anammox sehingga bisa diaplikasikan untuk pengolahan air limbah.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian dari tugas akhir ini adalah menganalisis penyisihan nitrogen pada proses anammox dengan rentang suhu 21-29°C.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis efisiensi penyisihan nitrogen dengan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) 24 jam dan 12 jam pada proses anammox;
2. Menganalisis proses anammox pada daerah dengan rentang suhu 21-29°C untuk penyisihan nitrogen.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah menjadi salah satu alternatif teknologi tepat guna yang ramah lingkungan dan lebih efisien dalam menyisihkan senyawa nitrogen pada air limbah sehingga dapat menangani masalah pencemaran air.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Percobaan menggunakan bakteri anammox berbentuk *granular* yaitu genus *Candidatus Brocadia*;
2. Percobaan menggunakan limbah artifisial;
3. Percobaan dilakukan pada suhu ruangan;
4. Percobaan menggunakan UASB reaktor;
5. Percobaan dilakukan menggunakan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) 24 jam dan 12 jam;
6. Parameter yang diamati adalah pH, suhu, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , (*Free Ammonia*) FA dan *Free Nitrous Acid* (FNA).

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 pencemaran limbah, parameter kimia nitrogen, proses anammox dan teori teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai dengan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

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