

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber pencemaran nitrogen berasal dari air limbah domestik dan air limbah non domestik. Pencemaran air limbah domestik berasal dari rumah tangga sedangkan air limbah non domestik berasal dari industri pupuk. Kandungan nitrogen yang tinggi menyebabkan eutrofikasi pada badan air penerima. Eutrofikasi adalah kondisi kadar bahan organik dalam perairan mengalami peningkatan, kondisi ini ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton dan pertumbuhan alga yang meningkat (*blooming algae*). Eutrofikasi menyebabkan gangguan kesehatan bagi hewan, manusia dan *blooming algae* yang menyebabkan penipisan oksigen di air sehingga mengakibatkan kematian. Oleh karena itu diperlukan pengolahan sebelum air limbah dibuang ke badan air (Simbolon, 2012).

Pengolahan biologis adalah pengolahan paling umum yang digunakan untuk penyisihan nitrogen dalam air limbah di instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Proses konvensional yang digunakan dalam penyisihan nitrogen pada pengolahan biologis adalah proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrifikasi adalah proses oksidasi amonium menjadi nitrit dan nitrat dalam kondisi aerobik. Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat menjadi gas N_2 dalam kondisi anaerobik. Proses nitrifikasi dan denitrifikasi memiliki kelemahan yaitu menghasilkan *nitrous oxide* yang menyebabkan terjadinya efek gas rumah kaca dan penipisan lapisan ozon, membutuhkan sumber karbon organik tambahan seperti metanol, dan membutuhkan aerasi sebagai suplai oksigen pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang menghabiskan banyak energi (Jin dkk., 2012).

Saat ini proses nitrifikasi-denitrifikasi dapat digantikan dengan proses *anaerobic ammonium oxidation* (anammox). Anammox adalah proses biologi yang mampu mengubah amonia dalam kondisi anaerobik menjadi gas nitrogen (N_2) dengan nitrit sebagai penerima elektron. Penemuan ini pada tahun 1996 menjadi momentum perubahan dalam proses penyisihan nitrogen pada air limbah. Proses anammox terbukti lebih baik dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, karena memiliki keuntungan yaitu

tidak membutuhkan penambahan karbon organik, menghemat 60 % kebutuhan oksigen (aerasi), pengurangan 90% produksi lumpur sehingga mengurangi biaya pengolahan lumpur dan lebih sedikit menghasilkan NO_2 yang merupakan salah satu gas penyebab pemanasan global. Proses anammox telah berhasil diterapkan pada skala laboratorium untuk pengolahan berbagai jenis air limbah seperti air lindi, air limbah industri, limbah cair farmasi, dan jenis limbah lainnya (Zulkarnaini, 2020).

Reaktor yang telah dioperasikan dalam proses anammox yaitu *Sequencing Batch Reactor* (SBR), *Filter Bioreactor* (FtBR), *Up-Flow Biofilter* (UBF), *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), *Membrane Bioreactor* (MBR), *Air Lift Reactor* (ALR), dan *Rotating Biological Contactor* (RBC) (Kumar dkk., 2016). Reaktor UASB adalah teknologi anaerobik yang digunakan untuk mengolah air limbah dengan bantuan mikroorganisme anaerobik dengan sistem pemisah antara gas, air, dan padatan. Reaktor UASB dapat mencegah masalah flotasi biomassa dalam pengoperasiannya karena memiliki pemisah antara gas, air, dan biomassa. Reaktor UASB merupakan reaktor yang paling efektif dan stabil dalam pembiakan bakteri anammox karena konfigurasi aliran keatas (*up-flow*) yang memberikan kemampuan pengendapan lumpur yang baik dan menghasilkan efisiensi penyisihan nitrogen yang tinggi. Tingkat penyisihan nitrogen oleh bakteri anammox pada UASB lebih tinggi dibandingkan dengan jenis reaktor lainnya (Zulkarnaini, 2020).

Penelitian ini dioperasikan pada suhu 25°C dan 20°C, hal tersebut dikarenakan penelitian ini lebih dahulu dilakukan pada suhu yang tinggi kemudian dilanjutkan pada suhu yang rendah. Suhu tersebut dikategorikan bakteri mesofilik (dapat berkembang pada suhu sedang), suhu pertumbuhan bakteri anammox berkisar antara 20°C-43°C (Oshiki dkk., 2011). Penelitian ini menggunakan *Candidatus Brocadia fulgida*. *Candidatus Brocadia fulgida* menunjukkan karakteristik umum bakteri anammox, adanya partikel riboplasma, partikel anammoxsome yang mengandung partikel tambahan yang lebih besar dalam riboplasma yang menyerupai polihidroksialkanoat (PHA), adanya ladderane dan produksi hidrazin yang mengandung hidroksilamin (Niftrik, 2012). Penelitian ini dilakukan secara kontinu, dimana adanya influen yang masuk ke reaktor dan efluen yang keluar dari reaktor selama HRT 6 jam. Penelitian ini dan dilakukan pada skala laboratorium menggunakan reaktor UASB yang merupakan salah satu reaktor yang lebih efisien dalam mengolah air limbah pada suhu rendah dan

banyak digunakan dalam proses bakteri anammox ($<30^{\circ}\text{C}$) (Kumar dkk., 2016). Kinerja *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) dalam mengolah air limbah dipengaruhi oleh *Hydraulic Retention Time* (HRT). Dalam operasional reaktor perlu diperhatikan HRT karena HRT dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dari mikroorganisme anaerobik. HRT yang digunakan pada penelitian ini adalah 6 jam. Penerapan HRT yang singkat pada reaktor dapat memberikan dampak positif yaitu meningkatnya jumlah air limbah yang diolah pada reaktor, hal ini disebabkan lama durasi HRT berbanding terbalik dengan nilai debit air limbah yang diolah (Tchobanoglous dkk., 1991). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian Namre, (2021) dan Riandi, (2021) pada suhu 20°C dan 25°C menggunakan HRT 12 jam dan bakteri *Candidatus Brocadia sinica*, sedangkan penelitian ini menggunakan HRT 6 jam dan bakteri *Candidatus Brocadia fulgida*. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi kinerja bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* pada periode suhu 25°C dan 20°C sehingga menjadi teknologi alternatif yang dapat diaplikasikan dalam menyisihkan kandungan nitrogen air limbah domestik.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisis kinerja penyisihan nitrogen oleh bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* dari *Membrane Bioreactor* (MBR) yang sudah dioperasikan 75 hari di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan menggunakan reaktor *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) pada periode suhu 25°C dan 20°C dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 6 Jam.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisis kinerja bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* pada periode suhu 25°C dan 20°C pada reaktor UASB secara kontinu.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh pada fluktuasi suhu 25°C dan 20°C pada proses anammox terhadap efisiensi penyisihan senyawa nitrogen dalam pengolahan air limbah;

2. Menjadi salah satu alternatif teknologi tepat guna yang ramah lingkungan dan lebih efisien dalam menyisihkan senyawa nitrogen pada air limbah sehingga masalah pencemaran air limbah bisa ditangani.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* dari *Membrane Bioreactor* (MBR) yang sudah dioperasikan di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan;
2. Penelitian ini menggunakan reaktor *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB);
3. Limbah artifisial yang digunakan pada penelitian ini adalah $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NaNO_2 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , *trace element 1*, *trace element 2*, dan NaHCO_3 ;
4. Penelitian ini dilakukan menggunakan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 6 jam;
5. Parameter yang diamati adalah pH, suhu, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$;
6. Parameter yang dianalisis adalah *Nitrogen Removal Efficiency* (NRE), *Nitrogen Removal Rate* (NRR), *Nitrogen Loading Rate* (NLR), dan *Ammonium Conversion Efficiency* (ACE).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang senyawa nitrogen, proses anammox, reaktor UASB, dan teori-teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian yang dilakukan, operasional reaktor, metode analisis, stoikiometri proses anammox, dan perhitungan kinerja penyisihan nitrogen.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian, pembahasan dan perbandingan dengan penelitian terdahulu terkait anammox.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang diuraikan.

