

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah dari kegiatan industri, rumah tangga, maupun pertanian sebagian besar mengandung bahan pencemar seperti nitrogen. Konsentrasi nitrogen yang tinggi dalam air limbah menyebabkan eutrofikasi yang ditandai dengan *blooming* alga sehingga terjadi penurunan konsentrasi oksigen di perairan. Konsentrasi nitrogen total sebesar 1,9 mg-N/L merangsang pertumbuhan alga yang tidak terkendali (Permen LH Nomor 28 Tahun 2009). Oleh karena itu, diperlukan penyisihan nitrogen.

Penyisihan nitrogen dapat dilakukan dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi. Pada tahap nitrifikasi, amonium dioksidasi menjadi nitrit, selanjutnya menjadi nitrat dalam kondisi aerobik dan tahap denitrifikasi, nitrat diubah menjadi gas nitrogen dalam kondisi anoksik. Penelitian oleh Said dan Sya'bani (2014) menggunakan teknologi *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi mendapatkan efisiensi penyisihan nitrogen 89%. Kelemahan dari proses nitrifikasi-denitrifikasi yaitu memerlukan energi yang besar untuk aerasi pada proses nitrifikasi serta karbon untuk proses denitrifikasi (Ma dkk., 2016).

Berbagai penelitian dilakukan untuk menemukan alternatif penyisihan nitrogen karena kekurangan nitrifikasi-denitrifikasi. Salah satunya *anaerobic ammonium oxidation* (anammox). Proses anammox mengoksidasi amonium menggunakan nitrit sebagai penerima elektron menjadi gas nitrogen dalam kondisi anaerobik. Dibandingkan dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi, proses anammox menurunkan kebutuhan aerasi hingga 64%, penurunan hasil lumpur hingga 90%, tanpa membutuhkan karbon organik dan mampu mengolah air limbah dengan konsentrasi amonium tinggi hingga 20 g-N/L h (Kartal dkk., 2011).

Berdasarkan penelitian proses anammox oleh Lotti dkk., (2014) menggunakan *Membrane Bioreactor* (MBR), jika 1 mol NH_4^+ direaksikan dengan 1,146 mol NO_2^- menghasilkan 0,161 mol ion nitrat. Terdapatnya kandungan nitrat menyebabkan penyisihan nitrogen total di perairan tidak tercapai. Untuk itu, diperlukan alternatif

pengolahan yang juga dapat menyisihkan nitrat salah satunya *constructed wetlands*. Sistem *constructed wetlands* dirancang seperti penjernihan air alami dengan interaksi media, mikroorganisme dan tanaman (Maharjan dkk., 2020). *Constructed wetlands* lebih hemat energi, ramah lingkungan dan biaya operasional yang rendah (Lu dkk., 2020). Berdasarkan penelitian penyisihan nitrogen pada efluen IPAL domestik dengan *constructed wetlands* oleh Panelin (2017) diperoleh efisiensi penyisihan nitrogen total adalah 86,2%.

Media memiliki peranan penting dalam *constructed wetlands* sebagai adsorpsi senyawa pencemar dan media tanam serta harus memiliki efisiensi penyisihan yang baik. Berbagai penelitian dilakukan untuk mengevaluasi media yang baik digunakan, diantaranya zeolit dan batu apung. Collison dan Grismer (2014) melaporkan bahwa zeolit dapat menyisihkan 98% nitrogen influen menggunakan *gravity-flow reactor* tanpa proses nitrifikasi-denitrifikasi. Sedangkan Cheng dkk (2018) meneliti penggunaan *stormwater biofilters* yang dikemas dengan serpihan kayu apung menunjukkan bahwa keberadaan batu apung berpengaruh terhadap penyisihan polutan dengan efisiensi penyisihan total nitrogen 70%, amonium 86% dan nitrit 100%.

Tanaman yang biasa digunakan pada *constructed wetlands* salah satunya adalah *Equisetum hyemale*. *Constructed wetlands* mengandalkan akar tanaman menyerap nutrisi berupa amonium dan nitrat untuk pertumbuhan sehingga jumlah nitrogen dalam air limbah dapat berkurang. Berdasarkan penelitian Prayitno (2014) menggunakan sistem *wetlands* dengan tanaman *Equisetum hyemale* diperoleh hasil penyisihan nitrogen optimum sebesar 83,67%.

Namun, struktur genangan air pada *constructed wetlands* menyebabkan tingkat oksigen yang terlarut rendah. Penelitian oleh Gasiunas (2011) tentang laju transfer oksigen dan penyisihan BOD dalam *constructed wetlands* menyebutkan bahwa suplai oksigen melalui reaerasi atmosfer adalah $5,77-18,45 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ dan Nivala dkk., (2013) yang melakukan penelitian transfer dan konsumsi oksigen pada *wetlands* aliran bawah permukaan melaporkan bahwa pelepasan oksigen tanaman $0,005-12 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Sedangkan oksigen yang dikonsumsi mikroorganisme berdasarkan penelitian oleh Wu dkk., (2016) tentang optimalisasi aerasi pada

vertical flow constructed wetlands beroperasi intermitten untuk menyisihkan organik dan nitrogen adalah $450 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Kesenjangan besar antara suplai oksigen dan konsumsi oleh mikroorganisme menyebabkan kondisi anaerobik pada *constructed wetlands*. Selain itu, penyisihan nitrogen memerlukan kondisi aerob dan anaerob. Untuk itu, diperlukan peningkatan oksigen sekaligus lingkungan aerob dan anaerob bergantian pada *constructed wetlands*. Teknologi yang dapat digunakan adalah mekanisme *tidal flow constructed wetlands*. Pada saat pasang, reaktor akan tergenang air sehingga terbentuk kondisi anaerobik kemudian pada saat surut terjadi transfer oksigen dari atmosfer ke reaktor sehingga terbentuk kondisi aerobik.

Penelitian penyisihan nitrogen dengan *tidal flow constructed wetlands* dalam penyisihan amonium air tanah artifisial menggunakan *Phragmites australis* telah dilakukan oleh Maharjan dkk., (2020) yang menunjukkan efisiensi penyisihan nitrogen 83,9%-98,2% dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi. Sedangkan penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi penyisihan nitrogen dengan *tidal flow constructed wetlands* menggunakan proses anammox dan nitrifikasi-denitrifikasi. Hasil penelitian ini diharapkan proses anammox efektif dalam penyisihan nitrogen menggunakan *tidal flow constructed wetlands* sehingga dapat diterapkan dalam penyisihan nitrogen pada air limbah dibandingkan proses nitrifikasi-denitrifikasi. Penelitian menggunakan air limbah artifisial dengan konsentrasi amonium 70 mg-N/L. Berdasarkan Tchobanoglous dkk., (2003) konsentrasi total nitrogen sebesar 70 mg-N/L merupakan konsentrasi pada air limbah kategori tinggi.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian tugas akhir ini adalah untuk menganalisis penyisihan nitrogen dengan *tidal flow constructed wetlands*.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja *tidal flow constructed wetlands* dalam penyisihan nitrogen menggunakan proses anammox dan nitrifikasi-denitrifikasi.

1.3 Manfaat Penelitian

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

1. Menjadi alternatif teknologi dalam menyisihkan nitrogen pada air limbah sehingga dapat menangani permasalahan pencemaran air;
2. Mengetahui efisiensi *tidal flow constructed wetlands* menggunakan proses anammox dan nitrifikasi-denitrifikasi terhadap penyisihan nitrogen.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Percobaan ini menggunakan sistem penyisihan nitrogen dengan *tidal flow constructed wetlands* yang dialirkan substrat;
2. Percobaan menggunakan air limbah artifisial dengan konsentrasi amonium 70 mg-N/L (Tchobanoglous dkk., 2003) dan HRT 21 jam (Maharjan dkk., 2020). Air limbah dialirkan secara pasang surut dengan variasi waktu tergenang 21 jam dan kering selama 3 jam yang dikendalikan dengan stop kontak *timer* digital;
3. Percobaan dilakukan dengan 3 reaktor. Reaktor 1 dengan proses anammox berisi batu apung, zeolit, bakteri anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* dan lumpur sedimen dari Muara Penjalinan, Padang sebagai sumber *starter* bakteri *Aerobic Ammonia Oxidizing* (AOB) serta *Equisetum hyemale*. Reaktor 2 dengan proses nitrifikasi-denitrifikasi berisi batu apung, zeolit, lumpur sedimen dari Muara Penjalinan, Padang sebagai *starter* bakteri nitrifikasi-denitrifikasi dan *Equisetum hyemale*. Reaktor 3 dengan adsorpsi zeolit dan batu apung berisi batu apung dan zeolit sebagai reaktor kontrol;
4. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan ukuran reaktor menggunakan *beaker glass* berkapasitas 1 liter (diameter 10 cm dan tinggi 15 cm);
5. Percobaan dilakukan dengan dua kali pengulangan (*duplo*);
6. Percobaan yang dilakukan difokuskan untuk menganalisis kinerja proses anammox dan nitrifikasi-denitrifikasi dalam penyisihan nitrogen menggunakan *tidal flow constructed wetlands*;

7. Parameter yang diamati adalah $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$ yang dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis berdasarkan SNI, pH diukur dengan pH meter dan suhu dengan termometer.

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 senyawa nitrogen, proses penyisihan nitrogen, sistem *constructed wetlands*, *tidal flow constructed wetlands*, media *constructed wetlands* dan tumbuhan *Equisetum hyemale*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai dengan pembahasan.

BAB V PENUTUP

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