

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tahu memiliki potensi besar dalam menciptakan lapangan kerja yang dapat mendukung pertumbuhan ekonomi di sekitarnya. Meskipun demikian, keberadaannya juga berpotensi menimbulkan dampak negatif karena adanya limbah cair yang dihasilkan selama proses pembuatan tahu. Air memiliki peran penting dalam produksi tahu dan tempe, sehingga limbah yang dihasilkan menjadi suatu masalah lingkungan yang signifikan (Dewa & Idrus, 2017). Limbah tahu memiliki kadar bahan organik yang tinggi karena bahan baku utamanya, yaitu kedelai, mengandung protein dalam kisaran 40-60%. Kandungan total Nitrogen dalam limbah tahu mencapai 297,5 mg/L. Apabila limbah tahu dibuang langsung ke sungai, hal tersebut dapat mengakibatkan pencemaran, merusak habitat biota sungai, dan mengurangi keindahan lingkungan secara keseluruhan (Indah et al., 2014).

Efluen air limbah industri tahu yang dihasilkan oleh unit *anaerobic digester* yang didirikan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) sejak tahun 2017 di salah satu sentra pabrik tahu di Desa Giriharja, Kabupaten Sumedang, merupakan hal yang perlu mendapatkan perhatian serius. Meskipun proses *anaerobic digester* ini berhasil mengurangi sejumlah komponen pencemar dalam air limbah, namun masih terdapat masalah yang harus diatasi, yaitu konsentrasi nitrogen yang tinggi. Konsentrasi nitrogen dalam efluen *anaerobic digester* mencapai 178 mg NH_4^+ -N/L, melebihi standar yang telah ditetapkan oleh PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 Lampiran XLVII, konsentrasi nitrogen total yang diizinkan dalam lingkungan sebesar 30 mg/L, sementara batas maksimum untuk senyawa nitrat, nitrit, dan ammonia masing-masing adalah 20 mg/L, 1 mg/L, dan 1 mg/L. Hal ini berlaku tidak hanya untuk air limbah industri dan laboratorium pengawasan kualitas, tetapi juga untuk produk-produksi industri (Sali et al., 2018). Tingginya konsentrasi nitrogen ini dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kualitas air tanah di sekitarnya. Amonium-N yang melebihi batas dapat mengganggu ekosistem sungai dan sumber daya air.

Menurut Chen et al., (2014), cara optimal untuk menghilangkan senyawa nitrogen atau denitrifikasi adalah melalui konversi nitrat menjadi gas nitrogen oksida (N_2O) dan gas nitrogen (N_2). Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk melakukan penyisihan nitrogen ini adalah melalui proses anaerobic ammonium oxidation (Anammox). Anammox merupakan suatu metode di mana amonium dioksidasi secara biologis menjadi gas nitrogen (N_2), dengan nitrit sebagai penerima elektron dalam kondisi anaerobik. Berbeda dengan proses nitrifikasi yang memerlukan sumber karbon organik, Anammox dilakukan oleh bakteri autotrof. Kelebihan dari proses Anammox melibatkan konsumsi oksigen yang rendah, tidak memerlukan sumber karbon organik, dan menghasilkan lumpur yang rendah (Malamis et al., 2013). Anammox memiliki kinerja yang lebih unggul daripada proses konvensional nitrifikasi dan denitrifikasi, karena mampu mengurangi kebutuhan oksigen (aerasi) hingga 60% dan menghasilkan lumpur yang lebih sedikit hingga 90%. Hal ini membawa manfaat signifikan dalam mengurangi biaya pengolahan lumpur. Selain itu, proses Anammox juga memiliki dampak yang lebih rendah terhadap lingkungan karena menghasilkan lebih sedikit gas nitrogen oksida (N_2O), yang merupakan salah satu gas penyebab pemanasan global (Strous et al., 1999).

Umumnya air limbah mengandung amonium, sehingga dibutuhkan proses parsial untuk mendukung penyisihan nitrogen oleh proses anammox. Parsial nitritasi adalah proses oksidasi sebagian amonia oleh *ammonium oxidizing bacteria* (AOB) menjadi nitrit dalam kondisi aerobik. Dalam beberapa tahun terakhir, parsial nitritasi telah dianggap sebagai mekanisme penting, karena menyediakan substrat yang cukup untuk proses anammox. Karena air limbah memiliki kandungan nitrit yang rendah, parsial nitritasi sering dikombinasikan dengan proses anammox untuk menghilangkan nitrogen secara lengkap dari air limbah, yang dikenal sebagai *partial nitrification anammox* (PN/A). Kombinasi ini dapat dilakukan dalam satu reaktor (Pathak et al., 2022). Proses PN/A telah berhasil diterapkan untuk mengolah air limbah kompleks seperti air lindi TPA, air buangan, dan limbah pencernaan anaerobik (Wang et al., 2010; van der Star et al., 2007; Magri et al., 2013). Dibandingkan dengan proses penyisihan nitrogen konvensional, proses PN/A menurunkan penambahan sumber karbon organik

sebesar 100%, menurunkan pasokan oksigen sebesar 50%, menurunkan pembentukan lumpur sebesar 90%, dan mengurangi biaya pengoperasian sebesar 90% (Jetten et al., 2001). Penelitian yang dilakukan oleh Xu et al., (2020) memiliki temuan yang sangat signifikan dalam pengelolaan limbah menggunakan proses parsial nitritasi anammox. Dalam penelitian tersebut, menunjukkan bahwa konsentrasi amonium-nitrogen dalam limbah mengalami penurunan yang sangat progresif, menurun dari tingkat sebelumnya sebesar 519,1 mg/L menjadi hanya 6,9 mg/L. Selain itu, temuan yang tidak kalah penting adalah peningkatan rata-rata *Nitrogen Removal Efficiency* yang mencapai 98,1%.

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor *upflow biofilter* (UBFt). Penelitian Jin et al., (2008) menunjukkan efisiensi penyisihan nitrogen yang sangat tinggi, dengan NRE mencapai 97% dan ACE sebesar 97,3%. Hasil ini mengindikasikan bahwa reaktor UBF dengan inokulum *Candidatus Brocadia anammoxidans* mampu mengatasi masalah pengelolaan nitrogen dengan efektif, terutama dalam menyisihkan nitrogen dari sumber limbah. Menurut (Said & Ruliasih, 2005), Pengolahan air limbah melalui sistem biofilter dengan menggunakan media serat plastik memiliki stabilitas yang cukup baik terhadap fluktuasi konsentrasi atau beban pengolahan. Jenis media biofilter yang umum digunakan adalah media berbahan plastik dengan desain serupa sarang tawon. Keunggulan penggunaan media plastik sarang tawon ini mencakup luas permukaan yang mencapai 150–240 m²/m³ volume, volume rongga yang besar dibandingkan dengan media lain, dan potensi risiko penyumbatan yang lebih rendah pada media yang lebih kecil. Pemanfaatan media sarang tawon menunjukkan efektivitas penyisihan kadar nitrit (NO₂⁻), amonia (NH₃) dan Nitrat (NO₃⁻) berturut-turut, yaitu: 97,23%, 85,80%, dan 21,92% (Sali et al., 2018).

Penelitian ini menggunakan media lekat sarang tawon, yang sudah lazim diimplementasikan dalam pengolahan air limbah di Indonesia. Media terstruktur ini biasanya dibuat dari lembaran PVC (polyvinyl chloride). Pendekatan konstruksi ini memungkinkan produksi media terstruktur dengan biaya per unit luas permukaan yang lebih ekonomis daripada metode pencetakan injeksi. PVC, sebagai bahan resin, relatif lebih terjangkau secara finansial dan memiliki sifat mekanik yang lebih superior jika dibandingkan dengan PP atau HDPE. Meskipun

awalnya bersifat hidrofobik, PVC cenderung menjadi basah atau memperlihatkan sifat kelembaban yang baik dalam rentang waktu satu hingga dua minggu (Sali et al., 2018).

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengkultivasi dan menganalisis kinerja bakteri anammox dan AOB pada reaktor *Up-Flow Biofilter* (UBFt) dengan media plastik sarang tawon.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengkultivasi dan menganalisis kinerja bakteri anammox pada media lekat sarang tawon plastik;
2. Mengkultivasi dan menganalisis kinerja bakteri AOB pada media lekat sarang tawon plastik.

1.3 Manfaat Penelitian

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

1. Menjadi salah satu alternatif teknologi dalam menyisihkan nitrogen pada air limbah sehingga dapat menangani permasalahan pencemaran air;
2. Mengetahui kinerja perancangan reaktor *Up-flow biofilter* dengan menggunakan media plastik sarang tawon pada upaya penyisihan nitrogen;
3. Diperoleh reaktor terintegrasi untuk penyisihan nitrogen yang efisien.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus sesuai dengan penelitian yang ingin dicapai, maka penulis menetapkan batasan permasalahannya mengenai:

1. Percobaan menggunakan bakteri Anammox spesies *Candidatus Brocadia fulgida* yang sudah diinokulasi dan dikultivasi;
2. Percobaan menggunakan air limbah artifisial berdasarkan efluen unit *anaerobic digester* limbah tahu yang didirikan oleh LIPI;
3. Percobaan dilakukan menggunakan reaktor *Up-Flow Biofilter* dengan media plastik sarang tawon, HRT selama 12 jam dan konsentrasi awal amonium adalah 180 mg/L;

4. Parameter yang diamati adalah pH, suhu, dan $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ dan $\text{NO}_3^-\text{-N}$;
5. Parameter yang dihitung adalah *Nitrogen Removal Efficiency* (NRE), *Nitrogen Loading Rate* (NLR), dan *Ammonium Conversion Efficiency* (ACE);
6. Uji Spektrofotometri untuk penentuan parameter uji amonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), Nitrit ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), Nitrat ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) (SNI 06-6989.30-2005).

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 parameter kimia nitrogen, proses anammox, sarang tawon plastik sebagai media, reaktor UBFt dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, dan metode analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis hasil pengolahan data penelitian dan analisis hasil perhitungan kinerja reaktor.

BAB V PENUTUP

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