



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya, petani menggunakan pupuk sintetis maupun pupuk kompos yang mengandung nutrisi berupa nitrogen dan fosfat bagi tanaman untuk meningkatkan produksi pertanian (Sagasta dkk., 2017). Pupuk yang tidak terserap oleh tanaman dapat masuk ke aliran pada saluran buangan dapat menyebabkan aliran tersebut mengandung sejumlah nitrogen yang terdiri dari amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-), serta fosfat (PO_4^{3-}). Aliran buangan ini biasanya bermuara ke badan air permukaan (seperti sungai dan danau). Keberadaan amonium, nitrat dan fosfat yang berlebih dapat memicu terjadinya eutrofikasi, yaitu proses di mana badan air mengalami pertumbuhan tanaman air yang berlimpah akibat kandungan nitrogen dan fosfat yang tinggi. Hal tersebut dapat menurunkan kadar oksigen dalam badan air dan membahayakan biota perairan.

Indonesia sebagai negara agraris tidak terlepas dari permasalahan kontaminasi nutrisi pada badan air akibat aktivitas pertanian. Di antaranya Danau Diatas yang dikelilingi oleh lahan pertanian, menunjukkan bahwa kadar Total Nitrogen (*TN*) dan Total Fosfat (*TP*) berturut-turut pada rentang 1,620 - 2,740 mg/L dan 0,016 - 0,046 mg/L (Edwin dkk., 2023). Di perairan Danau Maninjau, kadar *TN* pada kisaran 0,815 - 1,78 mg/L dan *TP* pada kisaran 0,029 - 0,116 mg/L (Komala dkk., 2023). Penelitian Alfionita dkk., (2019) menunjukkan kandungan *TN* berkisar antara 85 - 109,008 mg/L dan fosfat pada rentang 0,878 - 1,473 mg/L di Sungai Jeneberang, Provinsi Sulawesi Selatan, yang menerima aliran dari aktivitas pertanian (Alfionita dkk., 2019). Standar baku mutu danau untuk *TN* dan *TP* berturut-turut berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 adalah 0,75 mg/L dan 0,03 mg/L, dan kadar di atas nilai tersebut berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan.

Penyisihan nutrien dalam air limbah pertanian dapat dilakukan pada beberapa lokasi, yaitu pada sumbernya, pada prosesnya dan juga di akhir penyaluran limbahnya (Xia dkk., 2020). Penyisihan nutrien pada sumber dikaitkan dengan metode pemupukan lahan pertanian, sedangkan penyisihan pada proses dapat dilakukan dengan rekayasa pada saluran. Penyisihan nutrien di akhir saluran sebelum masuk ke badan air dapat dilakukan dengan metode *wetland* ataupun bioreaktor denitrifikasi. Aplikasi metode ini membutuhkan lahan khusus yang luas. Untuk alternatif metode penyisihan nutrien sebelum menuju badan air yang dapat menghemat lahan dan lebih efisien dalam pemeliharannya, maka dapat dibuat suatu reaktor dengan mekanisme aliran ke atas/*upflow*, yang dapat mencegah terjadinya penyumbatan aliran. Dalam aplikasi pengolahan air limbah, aliran *upflow* juga memungkinkan media memiliki waktu kontak yang lebih lama dengan air sehingga memberikan hasil yang lebih baik (USI, 2017).

Penyisihan nutrien air limbah dapat dibantu oleh penggunaan material adsorpsi dalam *upflow reactor*. Adsorpsi adalah perpindahan zat terlarut ke permukaan suatu padatan (adsorben) (Tchobanoglous, 2003; Patel, 2020). Salah satu faktor pemilihan material adsorpsi adalah yang mudah didapatkan oleh masyarakat. Salah satunya adalah biochar. Biochar adalah arang yang dibuat dengan memanaskan biomassa yang sulit terurai di lingkungan seperti limbah pertanian berupa tempurung kelapa, sekam padi, kulit buah kakao, tongkol jagung, jerami, dan limbah pertanian lainnya. Karena proses pembakaran, biochar menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dan struktur material yang berpori yang sesuai untuk proses adsorpsi. Di Indonesia, potensi bahan baku biochar tergolong melimpah yaitu berupa limbah sisa pertanian yang sulit terdekomposisi, seperti tempurung kelapa dan sekam padi.

Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan kemampuan biochar dalam menyisihkan nutrien berupa amonium, nitrat dan fosfat dari air limbah. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas adsorpsi biochar sekam

padi untuk menyisihkan amonium yakni 47,140 mg/g (Kizito dkk., 2015) dan 0,100 mg/g (Thao dkk., 2021). Sedangkan kapasitas adsorpsi nitrat dengan biochar tempurung kelapa sebesar 1 mg/g (You dkk., 2019) dan penelitian lainnya menunjukkan kapasitas adsorpsi nitrat sebesar 15,150 mg/g (Konneh dkk., 2021). Menggunakan biochar sekam padi, kapasitas adsorpsi nitrat yang didapatkan adalah 0,129 mg/g (Konneh dkk., 2021) dan 3 - 10 mg/L (Thao dkk., 2021). Untuk kemampuan biochar dalam menyisihkan fosfat, didapatkan kapasitas adsorpsi fosfat pada penelitian Kumar (2010) yang menggunakan biochar empulur sabut pohon kelapa, adalah 3,028 mg/g. Penelitian umumnya dilakukan di laboratorium, maka perlu dianalisis lebih lanjut terkait kemampuan biochar lokal dalam menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat air limbah pertanian di lapangan untuk mempelajari lebih lanjut efektifitasnya.

Material lainnya yang berpotensi menunjang penyisihan amonium, nitrat dan fosfat yakni busa poliuretan. Material ini mempunyai porositas yang tinggi dan permukaan yang telah dikembangkan sehingga sangat cocok menjadi media dalam penyaringan air limbah. Busa poliuretan juga mudah didapatkan. Busa ini merupakan polimer yang terbentuk dari reaksi kimia dari monomer yang mengandung paling sedikit dua gugus fungsi isosianat dengan monomer yang mengandung paling sedikit dua gugus fungsi alkohol. Pemanfaatan material ini antara lain sebagai media penyaring dan sebagai media lekat untuk mikroorganisme dalam penyisihan kontaminan air limbah industri, air limbah domestik dan juga dapat diaplikasikan sebagai filter untuk membersihkan kolam ikan (Bouabidi dkk., 2019). Material ini tahan terhadap berbagai kondisi cuaca karena tidak mudah terurai, tidak berbau dan tidak memengaruhi fisiologi manusia (Dacewicz, 2021).

Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas busa poliuretan sebagai media lekat bagi mikroorganisme dalam menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat (Dacewicz, 2021). Hasil penelitian Guo dkk. (2010) menunjukkan

penyisihan *TP* sebesar 99,4 - 100% dan *TN* sebesar 22,2 - 32,3% menggunakan busa poliuretan dengan ketebalan 1 cm (Guo dkk., 2010). Penelitian lainnya menunjukkan kemampuan poliuretan yang melapisi biochar efektif menyisihkan amonium dengan kapasitas adsorpsi 93 - 206 mg/kg (Meng dkk., 2021). Penelitian Ahmed dkk. (2016) mendapatkan kapasitas adsorpsi amonium oleh busa poliuretan yang dimodifikasi sebesar 0,078 - 0,090 mg/g (Ahmed dkk., 2016). Hal ini menunjukkan efektifitas busa poliuretan dalam menyisihkan nutrien dari air limbah pertanian dengan peran sebagai media lekat mikroorganismenya dan adsorpsi.

Hipotesis penelitian ini yaitu perpaduan biochar dan busa poliuretan akan meningkatkan efektifitas penyisihan amonium, nitrat dan fosfat dari air limbah pertanian. Biochar dapat berperan dalam mekanisme adsorpsi, sedangkan busa poliuretan dapat berperan sebagai *biocarrier* bagi mikroorganismenya. Selain itu, penelitian efektifitas penyisihan amonium, nitrat dan fosfat pada skala laboratorium sudah banyak dilakukan, begitu juga menggunakan busa poliuretan. Belum ditemukan penelitian yang menggunakan penggabungan kedua material tersebut dan pengaplikasiannya di lapangan. Maka, penelitian ini mengisi *gap* ilmu pengetahuan tentang kemampuan campuran biochar dan busa poliuretan sebagai media filter *upflow reactor* dalam menyisihkan kandungan nitrat, amonium dan fosfat pada air limbah pertanian, yang juga merupakan kebaruan dari penelitian. Diharapkan metode ini dapat diaplikasikan oleh petani di saluran pembuangan menuju badan air, sehingga kontaminasi amonium, nitrat dan fosfat di badan air dapat dihindari.

1.2 Tujuan

Tujuan umum (*primary objective*) dari penelitian ini adalah mengembangkan *upflow reactor* untuk menyisihkan nitrogen dan fosfat dari air limbah pertanian. Media filter yang digunakan adalah biochar dan busa poliuretan. Sedangkan tujuan khusus (*secondary objectives*) dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan jenis biochar untuk media filter *upflow reactor* berdasarkan kapasitas adsorpsi amonium, nitrat dan fosfat dengan metode adsorpsi secara *batch*;
2. Menganalisis variasi campuran media biochar dan busa poliuretan dan laju alir optimum untuk menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat pada percobaan *upflow reactor* di laboratorium untuk membuktikan bahwa kombinasi kedua material efektif dalam menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat;
3. Menganalisis performa *upflow reactor* yang diaplikasikan di lapangan dengan variasi ketebalan media biochar dan busa poliuretan dalam penyisihan nitrat, amonium dan fosfat dari air limbah pertanian untuk membuktikan efektifitas kombinasi media biochar dan busa poliuretan dalam menyisihkan nutrisi pada air limbah pertanian;
4. Mengidentifikasi mikroorganisme yang berperan dalam penyisihan amonium, nitrat dan fosfat pada *upflow reactor* untuk membuktikan mekanisme biologis juga terjadi dalam penyisihan nutrisi pada air limbah pertanian, selain proses adsorpsi.

1.3 Kontribusi terhadap Ilmu Pengetahuan

Biochar berpotensi menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat pada skala laboratorium. Perlu diteliti lebih lanjut kemampuan biochar pada skala lapangan. Biochar lokal, sebagai material yang mudah didapatkan masyarakat, layak untuk dicobakan kemampuannya dalam menyisihkan nitrogen dan fosfat dari air limbah pertanian.

Material lainnya yakni busa poliuretan, yang dapat dijadikan media lekat bagi mikroorganisme yang menempel di permukaan porinya untuk penyisihan amonium, nitrat dan fosfat dari air limbah (Bouabidi dkk., 2019; Dacewicz, 2021; Maharjan dkk., 2016; Meng dkk., 2021; Miyaoka dkk., 2017; Romaskevic dkk., 2006; Sánchez Guillén, 2017). Paduan busa poliuretan

dan biochar diharapkan saling melengkapi dan dapat menjadi alternatif dalam menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat dari air limbah pertanian.

Kebaharuan ilmu pengetahuan yang dikontribusikan oleh penelitian ini yakni alternatif pengolahan air limbah pertanian menggunakan *upflow reactor* dengan campuran media biochar dan busa poliuretan, serta gambaran kinerja *upflow reactor* dalam menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat dari air limbah pertanian.

Kontribusi/manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang potensi *upflow reactor* dengan media biochar dan busa poliuretan dalam menyisihkan amonium, nitrat dan fosfat pada air limbah pertanian;
2. Sebagai rekomendasi teknologi alternatif bagi masyarakat dan pemerintah dalam pengelolaan air limbah pertanian;
3. Sebagai salah satu bentuk penanggulangan dalam pencegahan pencemaran air permukaan akibat dari aktivitas pertanian.

1.4 Batasan

Disebabkan keterbatasan waktu dan biaya, sehingga batasan masalah ini adalah:

1. Biochar yang digunakan adalah biochar lokal dan biochar dengan variasi suhu pirolisis 300 °C, 450 °C dan 600 °C. Biochar dengan variasi suhu pirolisis, hanya dipakai untuk verifikasi biochar lokal dan tidak dipakai pada *upflow reactor*. Biochar lokal yang bisa dicari di pasar tradisional yang mudah didapatkan, yaitu tempurung kelapa dan sekam padi.
2. Media yang digunakan untuk *upflow reactor* adalah campuran biochar dan busa poliuretan.
3. *Upflow reactor* dibuat sendiri menggunakan drum HDPE dengan diameter 37 cm dan tinggi 60 cm.

4. *Upflow reactor* dibuat sendiri menggunakan drum HDPE dengan diameter 37 cm dan tinggi 60 cm.
5. Sampel yang digunakan untuk percobaan laboratorium ada sampel artifisial.
6. Percobaan adsorpsi *batch* dan kontinu dilakukan di Laboratorium Penelitian Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Andalas.
7. *Upflow reactor* dipasang di lapangan di areal pertanian Bukik Gompong, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat.

