

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air limbah domestik merupakan salah satu sumber pencemar utama di wilayah perkotaan yang berkontribusi signifikan terhadap penurunan kualitas perairan. Air limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga, seperti mandi, mencuci, dan kegiatan dapur, umumnya mengandung senyawa organik serta unsur hara utama, salah satunya yaitu nitrogen (N) dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (Metcalf & Eddy, 2014). Apabila air limbah tersebut dibuang langsung tanpa proses pengolahan yang memadai, nutrisi ini akan terakumulasi pada badan air dan berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan.

Akumulasi amonium pada perairan diketahui menjadi faktor pemicu utama eutrofikasi, yaitu peningkatan kadar nutrisi yang mendorong pertumbuhan alga secara berlebihan (González & Roldán, 2019). Fenomena ini mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut akibat proses dekomposisi biomassa alga yang akhirnya dapat menyebabkan kondisi hipoksia sampai dengan anoksia, serta mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik (Friedrich et al., 2014). Eutrofikasi tidak hanya menurunkan mutu air, tetapi juga menyebabkan peningkatan biaya pengolahan air bersih, serta merusak keseimbangan ekosistem perairan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, baku mutu air limbah domestik untuk parameter amonium sebesar 10 mg/L. Sebuah studi menunjukkan bahwa eutrofikasi dapat terjadi pada konsentrasi

yang rendah, yaitu sekitar 1–2 mg/L untuk total nitrogen (Yang et al., 2008). Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem pengolahan air limbah perlu memiliki efisiensi tinggi dalam menurunkan kandungan nutrisi, bahkan di bawah ambang batas yang ditetapkan.

Salah satu metode yang berpotensi mengurangi kandungan amonium dalam air limbah adalah adsorpsi menggunakan biochar. Biochar merupakan material karbon berpori hasil proses pirolisis biomassa organik yang memiliki luas permukaan spesifik tinggi, stabilitas kimia yang baik, serta gugus fungsional aktif pada permukaannya (Quispe et al., 2023; Thao et al., 2023). Karakteristik tersebut memungkinkan biochar untuk mengadsorpsi amonium melalui mekanisme pertukaran ion, sehingga berpotensi digunakan sebagai media adsorben dalam pengolahan air limbah domestik (Gonçalves et al., 2022).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biochar teraktivasi ion magnesium ( $Mg^{2+}$ ) memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan biochar tanpa aktivasi. Menurut Yin et al. (2019), biochar termodifikasi  $Mg^{2+}$  memiliki kapasitas adsorpsi amonium yang lebih tinggi dibandingkan biochar tanpa  $Mg^{2+}$ , terutama melalui mekanisme pertukaran ion dan interaksi elektrostatis. Sementara itu, Zheng et al. (2025) menunjukkan bahwa biochar dengan kandungan magnesium tinggi memiliki kapasitas adsorpsi amonium yang jauh lebih besar, dengan mekanisme adsorpsi dan pertukaran ion.

Efektivitas biochar sebagai adsorben sangat dipengaruhi oleh desain sistem pengolahan. Filtrasi biochar dalam penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi kinerja penjerapan senyawa amonium ( $NH_4^+$ ) pada air limbah domestik melalui

mekanisme adsorpsi menggunakan biochar teraktivasi magnesium ( $Mg^{2+}$ ). Penelitian ini menggunakan aliran filtrasi *upflow*, di mana arah aliran naik membantu meminimalisir penyumbatan pada media filtrasi. Sistem filtrasi disusun secara seri untuk menghasilkan waktu terobosan (*breakthrough time*) yang lebih lama serta kapasitas kesetimbangan yang lebih tinggi dalam proses penyisihan kontaminan dibandingkan dengan sistem kolom tunggal (Ula, 2012).

Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan secara berkala terhadap konsentrasi amonium untuk menentukan tren perubahan konsentrasi amonium pada unit filter selama operasional. Analisis juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik filtrasi dan efisiensi penyisihan amonium oleh biochar teraktivasi  $Mg^{2+}$ . Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan air limbah dalam mendukung pengelolaan lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana tren perubahan konsentrasi amonium pada filter biochar teraktivasi  $Mg^{2+}$ ?
2. Bagaimana karakteristik filtrasi dan efisiensi penyisihan amonium pada filter biochar teraktivasi  $Mg^{2+}$ ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis tren perubahan konsentrasi amonium pada filter biochar teraktivasi  $Mg^{2+}$ .
2. Menentukan karakteristik filtrasi dan efisiensi penyisihan amonium pada filter biochar teraktivasi  $Mg^{2+}$ .

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis. Manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis
  - a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pengolahan air limbah.
  - b. Menambah referensi mengenai kinerja sistem filtrasi biochar, sehingga dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai filtrasi.
  - c. Menjadi acuan bagi studi tentang mekanisme adsorpsi nutrisi pada biochar.
2. Manfaat Praktis
  - a. Memberikan alternatif teknologi pengolahan air limbah yang sederhana, efisien, dan berbiaya rendah.
  - b. Menjadi rekomendasi bagi pemerintah, praktisi lingkungan, atau masyarakat dalam penerapan biochar sebagai media adsorben untuk mengurangi pencemaran nutrisi pada badan air.

- c. Mendukung upaya pengelolaan lingkungan dan pencegahan eutrofikasi dengan menunjukkan potensi penggunaan biochar sebagai solusi ramah lingkungan.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah ditetapkan untuk membatasi fokus dan ruang lingkup penelitian. Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Unit filtrasi yang digunakan berupa sistem filtrasi biochar dengan empat kompartemen yang tersusun secara seri. Sistem filtrasi dioperasikan dengan aliran ke atas (*upflow*) dan suplai air limbah secara kontinu.
2. Media filtrasi utama yang digunakan adalah biochar teraktivasi ion magnesium ( $Mg^{2+}$ ). Media tambahan berupa zeolit digunakan sebagai lapisan penyangga untuk menjaga kestabilan media biochar.
3. Air limbah yang digunakan adalah air limbah domestik yang berasal dari kolam stabilisasi salah satu instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Bali.
4. Parameter kualitas air yang dianalisis hanya mencakup konsentrasi amonium ( $NH_4^+$ ) sebagai indikator utama nutrisi yang berpotensi menyebabkan eutrofikasi.
5. Karakteristik filtrasi yang dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada aspek hidraulik, yaitu kehilangan tekanan (*head loss*) dan waktu retensi hidrolik (HRT), tanpa membahas secara mendalam mekanisme reaksi kimia dan kinetika adsorpsi.