

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan praktik pertanian intensif telah berkontribusi pada peningkatan signifikan pencemaran nutrisi di perairan. Di antara berbagai polutan, nitrat (NO_3^-) dan fosfat (PO_4^{3-}) menempati posisi utama sebagai penyebab masalah lingkungan. Akumulasi kedua senyawa ini dalam badan air memicu fenomena eutrofikasi, yang berdampak pada penurunan kualitas air, terganggunya keseimbangan ekosistem perairan, serta munculnya potensi risiko kesehatan bagi manusia. Seiring dengan ekspansi industri yang tak terhindarkan, produksi limbah cair dalam volume besar semakin memperparah kondisi ini, menjadikan kontaminasi nitrat dan fosfat sebagai ancaman serius bagi keberlanjutan sumber daya air tawar global (Zhao et al., 2025).

Berbagai metode, baik kimia, biologis, maupun fisik, telah diciptakan dalam upaya mengendalikan pencemaran nitrat dan fosfat. Namun, metode konvensional seringkali memiliki keterbatasan, seperti potensi pembentukan produk samping berbahaya, biaya operasional yang tinggi, dan efisiensi yang tidak optimal pada kondisi tertentu. Keterbatasan ini mendorong penelitian untuk terus mencari teknologi alternatif yang lebih efektif, ekonomis, dan berkelanjutan.

Dalam percobaan ini, dipilih dengan pendekatan fisik untuk mengurangi polutan nitrat dan fosfat yang berlebih. Prosesnya sendiri bekerja dengan cara mengikat ion nitrat dan fosfat ke permukaan adsorben melalui interaksi fisik dan kimia. Salah satu bahan potensial yang digunakan adalah serbuk bambu. Agar daya ikatnya lebih kuat, serbuk dimodifikasi menggunakan magnesium klorida (MgCl_2). Penambahan ini bertujuan untuk meningkatkan muatan positif pada permukaan adsorben, sehingga ia bisa menarik ion nitrat yang bermuatan negatif dengan lebih efektif (Hiroyuki et al., 2025). Secara keseluruhan, metode ini direkomendasikan karena tidak hanya efektif dan murah, tetapi juga sangat aplikatif untuk sistem pemulihan lingkungan yang berkelanjutan.

Metode adsorpsi diterapkan untuk meningkatkan efisiensi nutrisi dengan memanfaatkan material adsorben yang mampu mengikat serta melepaskan unsur hara secara terkendali. Optimasi proses dilakukan dengan menguji empat parameter utama, yaitu waktu pencampuran yang mempengaruhi homogenitas interaksi antara adsorben dan larutan nutrisi suhu, yang berperan dalam menentukan energi kinetik molekul, laju difusi ion, serta kesetimbangan dan kapasitas adsorpsi berat adsorben, yang berkaitan langsung dengan luas permukaan aktif, jumlah adsorpsi, dan kemampuan penyerapan serta konsentrasi larutan nutrisi, yang menentukan efisiensi penyerapan ion hara oleh adsorben.

Fokus utama dari pendekatan ini adalah menggali kapasitas adsorpsi tertinggi dari material berbasis biomassa terhadap ion nitrat (NO_3^-) dan fosfat (PO_4^{3-}). Dengan mengoptimalkan empat parameter utama (waktu, suhu, berat adsorben, dan konsentrasi), tugas akhir ini diharapkan penurunan kedua polutan tersebut, sekaligus memastikan ketersediaan hara yang efisien untuk meningkatkan hasil panen tanpa meninggalkan residu pencemar. Dengan kapasitas penyerapan yang optimal, material adsorben diharapkan mampu menekan limpasan unsur hara yang menjadi penyebab eutrofikasi, percobaan ini berpotensi menciptakan formulasi nutrisi inovatif berbasis biomassa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka terdapat rumusan permasalahan yang mana sebagai berikut:

- a. Bagaimana efektivitas serbuk bambu yang dimodifikasi dengan Magnesium Klorida (MgCl_2) dalam menyerap polutan nitrat dan fosfat dari limbah cair?
- b. Bagaimana pengaruh parameter waktu pencampuran, suhu, berat adsorben, dan konsentrasi larutan terhadap optimalisasi proses adsorpsi ion nitrat (NO_3^-) dan ion fosfat (PO_4^{3-})?
- c. Bagaimana mekanisme dan laju penyerapan (kinetika), karakteristik permukaan serta kapasitas maksimum (isoterm) dan sifat spontanitas dan pengaruh suhu (termodinamika) dari proses adsorpsi ion nitrat (NO_3^-) dan fosfat (PO_4^{3-}) yang termodifikasi magnesium klorida (MgCl_2)?

- d. Sejauh mana penerapan teknologi adsorpsi berbasis biomassa ini dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nitrat dan fosfat untuk mendukung keberlangsungan air yang tidak ada kontaminan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan percobaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Menguji serbuk bambu termodifikasi MgCl_2 sebagai material adsorben untuk mengurangi pencemaran kandungan nitrat dan fosfat di badan air.
- b. Menentukan pengaruh kondisi operasional terbaik melalui pengujian parameter waktu, suhu, massa adsorben, dan konsentrasi larutan guna mencapai kapasitas adsorpsi yang maksimal.
- c. Untuk menentukan model kinetika yang sesuai (pseudo-orde pertama atau kedua), mengevaluasi model isoterm (Langmuir dan Freundlich), dan menghitung parameter termodinamika (ΔG° , ΔH° , ΔS°).
- d. Mengevaluasi sejauh mana potensi serbuk bambu termodifikasi MgCl_2 sebagai adsorben unggul yang mampu menurunkan kadar nitrat (NO_3^-) dan fosfat (PO_4^{3-}) secara signifikan dari lingkungan perairan.

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan diatas, diharapkan hasil dari percobaan ini dapat memiliki manfaat sebagai berikut:

- a. Memberikan solusi alternatif yang lebih bersih dan berkelanjutan dalam mengatasi pencemaran nitrat dan fosfat serta mencegah kerusakan ekosistem perairan (eutrofikasi).
- b. Menghasilkan teknologi adsorpsi berbasis biomassa yang efektif dan efisien dalam menyerap ion nitrat (NO_3^-) dan fosfat (PO_4^{3-}) dari limbah cair melalui optimasi parameter operasional.
- c. Membuktikan bahwa B- MgCl_2 adalah adsorben yang efektif dan efisien.
- d. Memanfaatkan bambu sebagai bahan baku biomassa lokal yang murah, melimpah dan terbarukan.