# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Pemanfaatan teknologi nuklir saat ini mengalami perkembangan yang pesat dan semakin maju. Teknologi ini sudah banyak digunakan di berbagai bidang seperti industri, bidang kedokteran, serta penelitian dan pengembangan. Meskipun begitu, penggunaan teknologi nuklir juga menghasilkan limbah radioaktif yang bisa membahayakan manusia dan lingkungan. Umumnya, limbah padat dan cair tersebut diproses melalui tahap pengurangan volume, kemudian unsur radioaktif disimpan dalam bahan matriks tertentu untuk mencegah penyebarannya ke lingkungan. [1]. Di Indonesia sendiri, strategi pengelolaan daur bahan bakar nuklir yang diterapkan adalah sistem daur terbuka, di mana bahan bakar nuklir bekas tidak melalui pemrosesan ulang. Akibatnya, limbah aktivitas tinggi yang dihasilkan berupa bahan bakar bekas itu sendiri, yang kemudian direncanakan untuk disimpan di fasilitas penyimpanan geologi dalam (*deep geological repository*) [2]. Salah satu metode alternatif dalam pengolahan limbah radioaktif yang dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan pengolahan kimia pada limbah cair adalah melalui teknik pertukaran ion dengan mekanisme adsorpsi. Proses adsorpsi memiliki keunggulan karena tidak menambah volume limbah yang berupa endapan dan memerlukan penanganan lanjutan. Pada adsorpsi limbah radioaktif cair, terjadi interaksi antara permukaan adsorben dengan adsorbat yang berlangsung baik secara fisika maupun kimia. Beberapa material yang umum dimanfaatkan sebagai adsorben antara lain karbon aktif, material magnetik, serta komposit berbasis magnet dan silika [3]. Grafena oksida (GO) menjadi salah satu

alternatif adsorben yang sangat potensial karena memiliki luas permukaan yang besar dan gugus fungsional oksigen aktif (O-H, C=O, dan C–O) yang memungkinkan interaksi dengan ion logam [4]. Dapat disimpulkan bahwa pengelolaan limbah cair yang mengandung cesium menjadi isu penting karena sifatnya berisiko dan harus diatur sesuai standar ketat. Dari berbagai metode yang tersedia, adsorpsi dipilih karena prosesnya sederhana, menghemat energi, dan memungkinkan penggunaan ulang bahan adsorben. Grafena oksida (GO) memiliki keunggulan karena memiliki luas permukaan yang besar serta gugus oksigen aktif seperti O-H, C-H, C=O, dan C–O yang mampu berinteraksi efektif dengan ion logam. Penelitian ini menguji kinerja kolom adsorpsi GO dalam menurunkan konsentrasi ion cesium dari larutan cesium nitrat ($CsNO_3$), yang digunakan sebagai simulasi limbah cair non-radioaktif. Metode ini menggabungkan simulasi hidrodinamika menggunakan software SolidWorks Flow Simulation dengan uji coba bahan untuk mengevaluasi pengaruh variasi tinggi adsorben (1–9 cm) terhadap efisiensi adsorpsi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam merancang kolom adsorpsi yang efisien, stabil, dan aman.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Karakterisasi Grafena Oksida sebagai adsorben dalam proses adsorpsi larutan cesium (Cs) dari limbah cair non-radioaktif menggunakan pengujian SEM, XRD , FTIR dan BET.
2. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian lapisan grafena oksida (GO) sebagai

adsorben terhadap efektivitas penurunan konsentrasi ion cesium ($Cs^+$) dari larutan cesium nitrat dalam sistem kolom adsorpsi?

3. Bagaimana efektivitas kolom adsorpsi berbasis grafena oksida dalam proses penyerapan ion cesium dari larutan cesium nitrat?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian kali ini yaitu :

1. Mendapatkan hasil karakterisasi grafena oksida (GO) sebagai material adsorben dalam proses adsorpsi larutan cesium nitrat (Cs) dari limbah cair non-radioaktif dengan menggunakan metode pengujian SEM, XRD, FTIR dan BET, untuk mengetahui sifat morfologi, gugus fungsi dan luas permukaan spesifik dari grafena oksida.
2. Menganalisis pengaruh variasi ketinggian grafena oksida (GO) di dalam kolom adsorpsi terhadap kemampuan penurunan konsentrasi ion cesium ($Cs^+$) dari larutan cesium nitrat.
3. Mengetahui efektivitas kolom adsorpsi berbasis grafena oksida dalam menurunkan konsentrasi ion cesium dari larutan cesium nitrat melalui analisis perbandingan konsentrasi awal dan akhir larutan

## 1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari sisi teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini dapat memperdalam kajian ilmiah dalam bidang teknik kimia dan material fungsional, khususnya dalam pemanfaatan grafena oksida sebagai adsorben untuk proses adsorpsi pada limbah Non-Radioaktif jenis

cesium. Melalui karakterisasi menggunakan metode SEM, XRD, FTIR dan BET, penelitian ini juga memberikan informasi mengenai struktur fisik dan kimia grafena oksida yang berkaitan langsung dengan performa adsorpsinya, sehingga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Dari sisi praktis, penelitian ini dapat memberikan gambaran teknis dalam merancang sistem kolom adsorpsi, termasuk dalam menentukan parameter-parameter penting seperti tinggi kolom, laju alir, dan waktu kontak dalam adsorpsi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai tingkat efektivitas kolom adsorpsi dalam menurunkan konsentrasi ion cesium, sehingga dapat dijadikan acuan dalam merancang sistem pengolahan limbah cair berbasis grafena oksida pada skala yang lebih besar.

## 1.5. Kebaruan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa aspek keterbaruan yang membedakannya dari penelitian-penelitian terdahulu, Fokus utama penelitian ini adalah pemanfaatan Grafena Oksida (GO) sebagai adsorben dalam sistem kolom adsorpsi (fixed-bed) untuk larutan cesium nitrat ($CsNO_3$). Berbeda dari pendekatan yang umum digunakan, penelitian ini tidak hanya memanfaatkan GO dalam bentuk padatan, tetapi juga menerapkannya dalam sistem dinamis berbasis desain kolom yang dapat diaplikasikan dalam skala laboratorium. Sebagai perbandingan yaitu adalah tugas akhir yang dilakukan oleh Saragih, A. F. Pada tahun 2024 dari Universitas Sriwijaya, dengan judul *"Sintesis Oksida Grafena Tereduksi dari Sekam Padi dan Aplikasinya untuk Adsorpsi Metilen Biru"*. Dalam penelitian tersebut, grafena oksida (GO) disintesis dari limbah sekam padi dan digunakan untuk menyerap zat warna metilen biru (MB) dari

larutan untuk dianalisa kapasitas adsorpsinya. Sistem yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah batch, di mana adsorben dicampur dengan larutan dan dibiarkan berinteraksi dalam satu wadah tertutup untuk waktu tertentu.

Perbedaan paling mendasar antara penelitian Saragih dan penelitian ini adalah pada jenis kontaminan, sistem adsorpsi, dan tujuan aplikatifnya. Penelitian Saragih fokus pada zat warna sintetis, sementara penelitian ini difokuskan pada larutan cesium nitrat ($CsNO_3$), yang meskipun non-radioaktif namun termasuk kedalam kategori larutan logam yang berpotensi mencemari lingkungan. Penggunaan Grafena Oksida untuk logam cesium masih sangat jarang dilakukan dalam studi di Indonesia. Dari segi karakterisasi material, penelitian Saragih menggunakan metode dasar seperti FTIR dan XRD, sementara penelitian ini mengintegrasikan metode SEM EDS, XRD, FTIR dan BET, yang memberikan informasi lebih komprehensif tentang morfologi dan luas permukaan serta porositas grafena oksida yang berpengaruh langsung terhadap kinerja adsorpsinya.

## 1.6. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan-batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan cesium nitrat ($CsNO_3$) sebagai simulasi limbah radioaktif. $CsNO_3$ adalah senyawa kimia stabil dan tidak radioaktif. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh mungkin tidak sepenuhnya mereplikasi kondisi dan efisiensi yang akan dicapai jika menggunakan isotop radioaktif Cesium-137 (Cs-137), dengan Konsentrasi larutan Cesium Nitrat ($CsNO_3$) yaitu sebesar 100 ppm. Namun pada saat pengukuran ulang dalam pengujian *Atomic*

UNIVERSITAS NASIONAL

*Absorption Spectroscopy* yang didapat adalah hasil dari konsentrasi larutan Cesium Nitrat sebesar 37,7449 ppm

2. Alat yang digunakan adalah kolom adsorpsi jenis vertikal dalam skala laboratorium (bukan skala industri atau pilot plant). Serta tanpa menggunakan pompa atau sistem aliran mekanis.
3. Efektivitas kolom adsorpsi dianalisis hanya berdasarkan perubahan konsentrasi ion $Cs^{+}$ menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), serta parameter pendukung berupa pH, waktu kontak, laju alir, kapasitas adsorpsi, dan efisiensi.

## 1.7. Sistematika Penelitian

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kebaruan penelitian, sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang landasan teori yang digunakan sebagai dasar perhitungan dan pemikiran. Dasar teori diambil dari sumber referensi dan kajian-kajian pustaka yang terkait dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, menjelaskan tentang diagram alir mengenai langkah langkah prosedur pengujian, bahan uji, peralatan penguji, prosedur pengoperasian, prosedur uji fungsi dan prosedur uji kinerja pada Kolom Adsorpsi

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian disertai dengan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

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