

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Salah satu masalah yang dapat memengaruhi lingkungan dan ekosistem di bumi ini adalah pencemaran air. Air merupakan kebutuhan utama bagi seluruh makhluk hidup sangat penting dalam menunjang berlangsungnya proses kehidupan. Apabila terjadi pencemaran terhadap air, maka dapat berdampak pada kesehatan manusia dan kerusakan lingkungan (Teng dkk., 2021). Sebagian besar industri menghasilkan limbah logam berat yang dibuang di perairan seperti di laut, sungai ataupun danau. Karakteristiknya bersifat tidak bisa terurai secara alami (*nonbiodegradable*), sehingga dapat bertahan lama di lingkungan dan terakumulasi dalam rantai makanan. Secara umum, limbah logam berat dari hasil industri adalah kadmium (Cd), , merkuri (Hg), kromium (Cr), dan timbal (Pb) (Siringoringo et al., 2022)

Di antara logam-logam berat, timbal (Pb) menjadi perhatian serius karena penggunaannya yang luas dalam berbagai sektor industri seperti produksi baterai, cat, pelapisan logam, bahan bakar, dan tekstil. Logam Pb(II) bersifat sangat beracun, bahkan dalam konsentrasi rendah. Paparan jangka panjang terhadap Pb^{2+} dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf, kerusakan ginjal, gangguan perkembangan otak pada anak yang menyebabkan penurunan IQ dan, serta berbagai penyakit kronis lainnya (Desye dkk., 2023; Gundacker dkk., 2021).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengatasi pencemaran logam berat, seperti presipitasi kimia, pertukaran ion, filtrasi membran, dan elektrolisis (Qasem dkk., 2021). Meskipun metode-metode tersebut cukup efektif, namun memiliki berbagai keterbatasan, misalnya biaya operasional yang tinggi, efisiensi yang menurun pada konsentrasi rendah, serta menghasilkan limbah sekunder yang membutuhkan pengolahan lanjutan. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi alternatif yang lebih murah, mudah diterapkan, ramah lingkungan, dan tetap memiliki efisiensi tinggi.

Salah satu pendekatan yang semakin banyak dikaji adalah penggunaan material adsorben berbasis silika. Silika gel memiliki karakteristik kimia yang stabil, tahan terhadap perubahan pH, serta mengandung gugus silanol (Si-OH) yang mampu berinteraksi dengan ion logam melalui mekanisme pertukaran ion atau pembentukan ikatan hidrogen (Da'na, 2017). Penggunaan sumber silika alternatif dari limbah industri juga menjadi solusi menarik dalam mendukung prinsip ekonomi sirkular. Abu layang, yang merupakan limbah pembakaran batubara dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), mengandung silika dalam jumlah tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan silika gel (Rizkita dkk., 2024). Pemanfaatan abu layang tidak hanya dapat menghasilkan material adsorben yang bernilai tambah, tetapi juga membantu mengurangi jumlah limbah padat yang dihasilkan dalam industri energi.

Untuk meningkatkan performa adsorpsi, salah satu teknik yang digunakan adalah penambahan *polyethylene glycol* (PEG) sebagai bahan pembentuk pori (pore-forming agent) selama proses sintesis (Gorbunova dkk., 2020). PEG berperan dalam menciptakan struktur pori yang lebih teratur dan meningkatkan luas permukaan spesifik silika gel,

sehingga jumlah situs aktif yang dapat berinteraksi dengan ion logam menjadi lebih banyak (Wang dkk., 2017). Selain itu, penggunaan metode *milling* juga menjadi salah satu langkah penting dalam memperkecil ukuran partikel silika. Proses *milling* dapat meningkatkan luas permukaan aktif secara signifikan, memperbaiki homogenitas partikel, serta mempercepat proses adsorpsi ion logam (Lopez-Tenllado dkk., 2021)

Kombinasi ketiga komponen abu layang sebagai sumber silika, PEG sebagai agen pembentuk pori, dan perlakuan *milling* sebagai metode peningkatan sifat fisik diharapkan dapat menghasilkan material adsorben dengan luas permukaan lebih besar. Porositas baik, serta kapasitas adsorpsi yang optimal. Pengembangan material tersebut menawarkan alternatif yang lebih ekonomis dan ramah terhadap lingkungan dibandingkan dengan adsorben komersial yang selama ini digunakan. Selain itu, pendekatan ini sejalan dengan prinsip pemanfaatan limbah menjadi produk yang bernilai guna, sehingga dapat mendukung upaya pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Penelitian mengenai sintesis silika gel dari abu layang menggunakan PEG dan *milling* untuk aplikasi adsorpsi Pb(II) sangat penting dilakukan. Kajian ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pengolahan air limbah yang efisien dan murah, tetapi juga mendukung pemanfaatan limbah industri energi secara berkelanjutan.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh silika xerogel dan silika xerogel - PEG dan silika xerogel *milling* dari abu layang dengan metode sol - gel .
2. Menentukan karakter silika xerogel, silika xerogel penambahan PEG dan silika xerogel perlakuan *milling*.
3. Menentukan kemampuan adsorpsi silika xerogel, silika xerogel penambahan PEG dan silika xerogel perlakuan *milling* terhadap ion logam Pb(II)