

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Air sungai sering mengalami pencemaran akibat masuknya berbagai senyawa anorganik, terutama logam berat yang berbahaya seperti kromium (Cr). Kromium (Cr) adalah unsur yang sangat berbahaya karena bersifat karsinogenik, toksik dan teratogenik. Secara alami, Kromium ditemukan dalam dua bentuk utama: Cr(III) dan Cr(VI). Kromium heksavalen (Cr(VI)) memiliki tingkat toksisitas yang jauh lebih tinggi dari pada kromium trivalen (Cr(III)), sehingga Cr(VI) bersifat seratus kali lebih beracun. Ion Cr(VI) juga memiliki kecenderungan lebih besar untuk terakumulasi atau masuk ke dalam tubuh manusia, sehingga dapat mengakibatkan ancaman serius bagi kehidupan masyarakat serta kelestarian lingkungan perairan (Zhao dkk., 2023). Sumber utama adanya logam berat Cr(VI) di lingkungan berasal dari limbah cair yang dihasilkan oleh sektor industri, termasuk proses pelapisan logam, pembuatan kulit atau pengolahan kulit mentah, dan proses pewarnaan tekstil (Mazibuko dkk., 2024).

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk remediasi Cr(VI) pada lingkungan perairan diantaranya reduksi fotokatalitik, presipitasi kimia, pertukaran ion, pemisahan membran dan adsorpsi (Wang dkk., 2025). Saat ini metode adsorpsi telah menjadi pilihan utama yang sangat diperhatikan untuk menghilangkan Cr(VI) dari perairan. Hal ini disebabkan oleh efisiensinya yang tinggi, biaya operasional yang murah, kapasitas adsorpsi yang besar, dan kemudahan pengoperasian (Mazibuko dkk., 2024).

Dalam konteks ini, material yang didasarkan pada matriks selulosa dan silika menunjukkan potensi yang luar biasa untuk adsorpsi logam berat. Keunggulan material ini terletak pada ketersediaannya yang melimpah, sifatnya yang ramah lingkungan, serta kemudahan dalam modifikasi permukaan untuk meningkatkan kinerja (Mazibuko dkk., 2024). Untuk memaksimalkan kapasitas adsorpsi logam berat, banyak studi telah memfokuskan pada fungsionalisasi amina pada komposit selulosa–silika. Gugus amina yang terikat pada permukaan komposit

memfasilitasi interaksi yang kuat dengan ion logam melalui mekanisme pertukaran ion dan pembentukan kompleks sehingga meningkatkan efisiensi proses adsorpsi (Mazibuko dkk., 2024).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazibuko dkk. (2024) berhasil mensintesis komposit selulosa–silika terfungsionalisasi amina dari serat pisang menggunakan metode sol–gel, yang menunjukkan efisiensi tinggi dalam mengadsorpsi ion Cr(VI). Penelitian ini menunjukkan bahwa gugus amina pada komposit selulosa-silika mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi logam berat. Pengikatan gugus amina ke permukaan komposit meningkatkan afinitas terhadap ion logam melalui mekanisme kompleksasi dan pertukaran ion, sehingga meningkatkan efisiensi adsorpsi dimana selulosa nya itu berasal dari serat batang pisang dengan menggunakan gugus amina yaitu DAPTMS (Mazibuko dkk., 2024). Penelitian lain oleh Yousif dkk. (2019) juga mengembangkan material berbasis selulosa yang difungsionalisasi dengan *tetraethylenepentamine* untuk adsorpsi ion Cu(II) (Rukaramato dkk., 2025). Beberapa studi telah menggunakan aminosilanisasi membran selulosa untuk meningkatkan afinitas terhadap ion logam berat.

Sebagian besar penelitian sebelumnya telah memanfaatkan gugus amina sebagai agen fungsionalisasi permukaan pada material adsorben. Pengembangan material adsorben dengan interaksi permukaan yang lebih efektif terhadap spesies logam berat, khususnya Cr(VI), masih diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan yang berbeda dengan memanfaatkan gugus amina dari APTES pada silika-selulosa untuk meningkatkan kemampuan pengikatan Cr(VI). Protonasi gugus NH_2 menjadi NH_3 pada pH rendah adalah kunci daya tarik elektrostatik terhadap ion kromat.

Penelitian ini menggunakan natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC) sebagai sumber selulosa yang mempunyai gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$) yang melimpah dan juga menyediakan berbagai situs aktif pada permukaannya. Gugus fungsional tersebut memungkinkan terbentuknya interaksi ikatan hidrogen serta ikatan ligan dengan adsorbat, sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsimaterial (Pang dkk., 2025). Na-CMC memiliki keunggulan berupa

kemudahan penggunaan dibandingkan selulosa serat alam yang memerlukan tahap delignifikasi kompleks.

Penelitian ini diharapkan menghasilkan material silika-selulosa yang difungsionalisasi dengan gugus amina berbasis natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC) dapat berperan sebagai adsorben yang lebih ramah lingkungan, selektif, dan efektif untuk mengurangi limbah Cr(VI) pada perairan tercemar.

I.2 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan dari penelitian ini.

1. Memperoleh dan menentukan karakter SiO_2/CMC dengan memfungsionalisasikan gugus amina dari APTES.
2. Menentukan kemampuan adsorpsi SiO_2/CMC dan $\text{SiO}_2/\text{CMC-APTES}$ berdasarkan variasi waktu kontak.
3. Menentukan kemampuan adsorpsi SiO_2/CMC dan $\text{SiO}_2/\text{CMC-APTES}$ berdasarkan variasi konsentrasi Ion Cr(VI).