

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Suhu karbonisasi dan konsentrasi Na_2S berpengaruh terhadap kinerja karbon aktif dalam adsorpsi Cd, yang ditunjukkan oleh perubahan efisiensi removal dan koefisien yield pada berbagai kondisi preparasi. Berdasarkan optimasi menggunakan Response Surface Methodology (RSM), kondisi optimum diperoleh pada suhu karbonisasi $712,7^\circ\text{C}$ dan konsentrasi Na_2S 1,56 M. Pada kondisi optimum tersebut, karbon aktif tersulfurisasi mampu menghasilkan efisiensi removal sebesar 92,42% dan koefisien yield sebesar 68,09%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi kondisi karbonisasi dan sulfurisasi yang tepat diperlukan untuk memperoleh karbon aktif dengan kinerja adsorpsi dan perolehan adsorben yang optimal.
2. Karbon aktif berbasis lumpur IPAL tersulfurisasi memiliki karakteristik yang mendukung penggunaannya sebagai adsorben Cd. Hasil analisis kadar air dan kadar abu menunjukkan karakteristik fisik karbon aktif yang dihasilkan setelah proses preparasi. Analisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung oksigen serta perubahan pita serapan setelah proses sulfurisasi dan adsorpsi. Munculnya pita pada sekitar $541,98\text{ cm}^{-1}$ setelah sulfurisasi dan tetap terdeteksinya pita tersebut pada sekitar $544,62\text{ cm}^{-1}$ setelah adsorpsi menunjukkan adanya perubahan karakteristik permukaan yang berkaitan dengan spesies mengandung sulfur. Hasil EDX memperkuat keberadaan sulfur dengan kandungan 6,8 Wt.% sebelum adsorpsi dan 1,4 Wt.% setelah adsorpsi. Setelah adsorpsi, unsur Cd terdeteksi sebesar 6,0 Wt.%, sedangkan sebelumnya tidak terdeteksi. Keberadaan Cd setelah adsorpsi menunjukkan terjadinya akumulasi Cd^{2+} pada permukaan karbon aktif, sedangkan keberadaan S menunjukkan bahwa modifikasi sulfur tetap teridentifikasi pada adsorben setelah proses adsorpsi.

3. Kinetika adsorpsi Cd pada karbon aktif berbasis lumpur IPAL tersulfurisasi lebih sesuai mengikuti model *Pseudo Second Order* (PSO) dibandingkan *Pseudo First Order* (PFO). Model PFO menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,508 dengan konstanta laju adsorpsi (K) sebesar $0,153 \text{ menit}^{-1}$, sedangkan model PSO menghasilkan nilai R^2 sebesar 0,9845 dengan konstanta laju adsorpsi (K) sebesar $1,888 \text{ mg/g} \times \text{min}$. Nilai R^2 yang lebih tinggi menunjukkan bahwa model PSO memiliki kesesuaian yang lebih baik terhadap data eksperimen. Berdasarkan model PSO, nilai (K) sebesar $1,888 \text{ mg/g} \times \text{min}$ menunjukkan karakteristik laju adsorpsi berdasarkan parameter kinetika PSO, sehingga model ini digunakan untuk merepresentasikan laju adsorpsi Cd^{2+} pada penelitian ini. Proses adsorpsi mencapai kondisi mendekati kesetimbangan pada waktu kontak 90 menit, dengan kapasitas adsorpsi sekitar $7,50 \text{ mg/g}$ dan efisiensi removal sebesar 92,37%. Dengan demikian, model PSO merupakan model kinetika yang paling representatif untuk menggambarkan proses adsorpsi Cd pada karbon aktif berbasis lumpur IPAL tersulfurisasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan karakterisasi permukaan yang lebih mendalam, seperti XPS (*X-ray Photoelectron Spectroscopy*), untuk mengidentifikasi spesies sulfur dan jenis interaksi antara Cd dengan situs aktif pada karbon aktif tersulfurisasi sehingga mekanisme adsorpsi dapat dijelaskan secara lebih spesifik.
2. Melakukan pengujian isoterm adsorpsi menggunakan model Langmuir, Freundlich, dan model isoterm lainnya untuk menentukan karakteristik permukaan serta kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif tersulfurisasi terhadap Cd.

3. Melakukan pengujian pada air limbah nyata serta uji regenerasi adsorben untuk mengetahui pengaruh keberadaan ion kompetitor terhadap kinerja adsorpsi dan mengevaluasi kemampuan karbon aktif tersulfurisasi untuk digunakan kembali sehingga potensi penerapannya dalam pengolahan air limbah dapat diketahui secara lebih komprehensif.