

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik disimpulkan sebagai berikut:

1. pH dan waktu kontak berpengaruh terhadap efektivitas penyisihan ion Cd^{2+} . Kondisi optimum diperoleh pada pH 6 dan waktu kontak 20 menit dengan persen removal tertinggi sebesar 85,71% dan kapasitas adsorpsi 14,56 mg/g. Peningkatan waktu kontak meningkatkan proses adsorpsi hingga mencapai titik optimum, sedangkan variasi pH mempengaruhi interaksi ion Cd^{2+} dengan situs aktif adsorben.
2. Perubahan morfologi permukaan serta terdeteksinya unsur kadmium sebesar 0,6 at.% dan 4,8 wt.% menunjukkan bahwa ion Cd^{2+} berhasil terakumulasi pada situs aktif bioadsorben okara. Hasil tersebut sejalan dengan perhitungan neraca massa, dimana jumlah Cd^{2+} yang terserap oleh bioadsorben sebanding dengan penurunan konsentrasi Cd^{2+} dalam larutan. Deviasi neraca massa terbaik yang diperoleh sebesar 0,41 mg/L menunjukkan adanya selisih yang relatif kecil antara jumlah ion Cd^{2+} yang hilang dari larutan dengan jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi pada adsorben. Dengan demikian, karakteristik morfologi bioadsorben melalui analisis SEM–EDX dapat memvalidasi bahwa proses adsorpsi berlangsung sesuai dengan prinsip neraca massa.
3. Spektrum FTIR sebelum dan sesudah adsorpsi menunjukkan bahwa gugus -OH, C=O, C=C, C-O dan C-O-C pada bioadsorben okara berperan aktif dalam proses penjerapan ion Cd^{2+} . Perubahan intensitas puncak dan pergeseran bilangan gelombang memperlihatkan keterlibatan gugus fungsional dalam pembentukan ikatan kimia antara adsorben dengan ion Cd^{2+} . Hal ini sejalan dengan hasil pemodelan kinetika *Pseudo Second Order* di mana persamaan memberikan kesesuaian terbaik dengan nilai q_e eksperimen sebesar 14,56 mg/g, mendekati nilai q_e model *Pseudo Second Order* sebesar 11,4 mg/g, serta konstanta laju sebesar 0,192 g/mg menit. Dengan demikian, menguatkan

bahwa karakteristik kimia adsorben berpengaruh langsung terhadap mekanisme kinetika laju adsorpsi ion Cd^{2+} .

4. Bioadsorben okara menunjukkan stabilitas struktur dan kinerja adsorpsi yang cukup baik hingga 5 siklus regenerasi. Terjadi penurunan kapasitas adsorpsi secara bertahap setelah siklus ke-5 efisiensi desorpsi mencapai 39,7%, yang disebabkan oleh jenuhnya situs aktif, akumulasi ion Cd^{2+} yang tidak terdesorpsi sempurna, serta degradasi struktur permukaan bioadsorben akibat paparan larutan kimia secara berulang selama proses adsorpsi–desorpsi. Penggunaan HCl 0,4 N sebagai agen desorpsi terbukti efektif membantu pelepasan kembali ion Cd^{2+} melalui mekanisme pertukaran ion dan protonasi gugus fungsi aktif pada permukaan bioadsorben.

5.2 Saran

Untuk memperbaiki dan mengembangkan penelitian selanjutnya, maka disarankan agar:

1. Penelitian berikutnya disarankan untuk mengkaji pengaruh parameter lain seperti temperatur, ukuran partikel, kecepatan pengadukan, serta konsentrasi awal adsorbat terhadap efisiensi adsorpsi Cd^{2+} .
2. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan pengujian adsorpsi menggunakan limbah industri nyata sehingga kemampuan bioadsorben okara dapat dievaluasi pada kondisi yang lebih kompleks dan mendekati aplikasi lapangan.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan karakterisasi tambahan menggunakan analisis BET dan XRD guna memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai luas permukaan spesifik, volume pori, struktur pori, serta karakteristik kristalinitas bioadsorben okara sebelum dan sesudah adsorpsi.