BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi industri, sektor perindustrian di Indonesia menunjukkan pertumbuhan pesat yang ditandai dengan bertambahnya kawasan industri di seluruh negeri. Sejalan dengan bertambahnya kawasan industri, kawasan limbah yang dibuang ke alam juga turut meningkat. Oleh karena itu, seluruh produk samping limbah industri wajib melalui tahapan pengolahan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke lingkungan bebas. Sisa dari proses produk pada kegiatan industri dapat dikelompokkan ke dalam tiga wujud fisik, yaitu padat, cair, dan gas (Maharani & Safir, 2017). Aktivitas sektor industri tidak hanya berfokus pada hasil produk utama, melainkan juga melepaskan limbah B3 berupa logam berat dengan komposisi yang bergantung pada jenis industrinya (Said, 2010).

Limbah industri berpotensi mengandung logam berat, seperti Pb, Cd, dan Hg karena fungsinya sebagai bahan baku serta katalis. Logam berat bersifat tidak dapat terdegradasi secara alami, sehingga konsentrasinya terus meningkat di lingkungan (Govindasamy *et al.*, 2011). Logam Pb bersifat toksik dan bioakumulatif pada organisme jika konsentrasinya melampaui ambang batas dalam jangka waktu panjang (Raja & Nurfajriani, 2017). Oleh karena itu, konsentrasi logam Pb di lingkungan perlu dikendalikan melalui proses adsorpsi. Adsorpsi dipilih karena kemampuannya dalam memanfaatkan limbah biomassa sebagai material adsorben (Widayatno dkk., 2017)

Salah satu adsorben yang memiliki sifat *biocompatible* ialah kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*). Kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) menawarkan potensi besar sebagai adsorben alami. Keberadaan gugus fungsionalitas gugus aktif pada strukturnya termasuk karboksilat ($-COO^-$), karbonil (-C=O), posfat (PO_4^{3-}), dan hidroksil (–OH) menjadi faktor kunci pendukung efisiensi proses penjeratan logam, namun pemanfaatannya masih terbatas meskipun ketersediaannya melimpah (Idris *et al.*, 2012). Menurut

Keputusan Menteri Pertanian No. 511 Tahun 2006 Tentang Jenis Komoditi Tanaman Binaan Direktorat Jenderal Perkebunan, komposisi kulit kacang tanah terdiri selulosa (63,5%) dan lignin (13,2%), serta kadar air (9,5%), abu (3,6%), protein (8,4%), dan lemak (1,8%). Kulit kacang tanah memiliki potensi adsorpsi tinggi karena kandungan selulosanya yang kaya akan gugus hidroksil. Akibat dominasi situs negatif pada permukaannya, biomassa ini lebih efektif dalam menyerap senyawa kationik daripada senyawa anionik (Irdhawati dkk., 2016). Gugus hidroksil pada selulosa berperan dalam pembentukan ikatan hidrogen antar-rantai untuk menjaga konfigurasi linier rantai selulosa (Granstrom, 2009).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gandaningrum (2016), kulit kacang tanah diketahui memiliki komposisi kimia berupa (63,5%) selulosa, lignin (13,2%), air (9,5%), protein (8,4%), abu (3,6%), dan (1,8%) lemak. Tingginya kandungan selulosa menjadikan limbah kulit kacang tanah berpotensi sebagai bioadsorben untuk mengadsorpsi logam berat dari air tercemar (Ischak dkk., 2021).

Adsorpsi kulit kacang tanah dapat diawali dengan aktivasi adsorben dengan menambahkan larutan asam, seperti HCl. Aktivasi kulit kacang tanah menggunakan larutan HCl bertujuan untuk membentuk pori-pori dan meningkatkan kapasitas adsorpsi. Konsentrasi aktivator sangat memengaruhi daya serap, di mana karbon teraktivasi asam mampu menyerap sebesar 8,8 mg/g dengan waktu optimum 30 menit (Irdhawati dkk., 2016). Efektivitas aktivasi dipengaruhi oleh konsentrasi HCl, di mana konsentrasi tinggi berisiko merusak matriks karbon dan konsentrasi rendah membatasi pembentukan pori. Arang yang diaktivasi dengan HCl menghasilkan daya serap yang lebih baik daripada aktivator asam lainnya (Herlinawati *et al*., 2024).

Selain digunakan karbon aktif sebagai adsorben, adapun beberapa penelitian telah berhasil memanfaatkan kitosan sebagai adsorben logam Pb. Kitosan juga dimanfaatkan sebagai adsorben logam Pb dengan efisiensi adsorpsi sebesar 92,9% (Radnia *et al.,* 2012), sedangkan kitosan dari cangkang udang vaname mampu mengadsorpsi Pb hingga 81,35% (Kurniawidi *et al.,* 2022). Kulit udang merupakan biomassa *crustasea* yang didominasi oleh kalsium karbonat (45-50%), protein (25-40%), dan kitin (15-30%), dengan komposisi yang bervariasi

bergantung pada spesiesnya (Agustina, 2015). Untuk memanfaatkan limbah kulit udang yang biasanya dibuang begitu saja, kulit udang yang mengandung kitin dapat dimanfaatkan dengan mengisolasinya menjadi kitosan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Nadia dkk., (2014) menyebutkan bahwa rendemen kitosan hasil ekstraksi limbah udang sebesar 19,08%. Pada penelitian Herlinawati *et al.* (2024) menunjukkan bahwa komposit karbon aktif-nanokitosan kulit udang berhasil mengadsorpsi logam Fe hingga 86,26% dengan penurunan konsentrasi akhir sebesar 3,67 ppm.

Komposit karbon aktif-kitosan meningkatkan kapasitas adsorpsi melalui kombinasi antara porositas karbon dan kemampuan kitosan membentuk senyawa kompleks. Pasangan elektron bebas pada atom nitrogen dari gugus amina ($-NH_2$) serta gugus hidroksil (-OH) pada kitosan berperan sebagai situs aktif yang berkoordinasi dengan kation logam untuk pembentukan senyawa kompleks (Arifin dkk., 2018).

Analisis instrumen berperan penting dalam mengonfirmasi struktur komposit dan kapasitas adsorpsi terhadap Pb. Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kitosan dari kulit udang pada permukaan komposit kulit kacang tanah. Perbandingan spektrum sebelum dan sesudah adsorpsi digunakan untuk mendeteksi pergeseran frekuensi atau perubahan intensitas puncak pada gugus amina dan hidroksil. Sementara itu, efisiensi kuantitatif dari proses adsorpsi akan ditentukan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). AAS merupakan metode standar untuk mengukur konsentrasi ion logam Pb dalam larutan yang akan memberikan perhitungan akurat persentase penyerapan dan kapasitas adsorpsi material. Selain itu, alat yang akan menganalisis luas permukaan karbon aktif dan karbon aktif-kitosan, yaitu alat *Brunauer-Emmett-Teller* (BET). Pengukuran BET pada karbon aktif kulit kacang tanah dan kitosan dari kulit udang akan memberikan data mengenai bagaimana struktur pori dan luas permukaan material dipengaruhi oleh kombinasi dengan kitosan, sehingga memberikan pemahaman menyeluruh tentang kontribusi fisik material terhadap total kapasitas adsorpsi Pb. Dengan demikian, ketiga alat ini dapat memberikan data yang komprehensif yang menghubungkan

gugus fungsi dan morfologi permukaan dengan persentase penyerapan material adsorben (Radnia *et al*., 2012).

Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukkan terdapat potensi besar terhadap kulit kacang dan kulit udang yang digunakan sebagai adsorben, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan adsorben berbasis kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang untuk mengadsorpsi ion timbal (Pb) dalam limbah industri.

1.2 Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini berfokus terhadap penambahan kitosan dari kulit udang terhadap struktur morfologi dan kemampuan penyerapan karbon aktif kulit kacang tanah. Penambahan kitosan dari kulit udang diharapkan memiliki daya serap dari karbon aktif yang telah terbentuk dapat meningkat.

1.3 Ruang Lingkup Masalah

Fokus dalam penelitian ini adalah kemampuan kulit kacang tanah sebagai karbon aktif dari kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang dalam menyerap logam Pb dalam limbah.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi cakupan pada karakteristik dan uji daya serap adsorben berbahan karbon aktif yang dikombinasikan dengan kitosan kulit udang bermanfaat untuk meningkatkan daya serapnya logam Pb dalam limbah industri. Adsorben yang diperoleh akan dikarakterisasikan menggunakan FTIR dan BET. Kemudian dianalisis daya serapnya menggunakan AAS.

1.5 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana hasil karakteristik FTIR dan BET dari adsorben arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang?
2. Bagaimana kondisi optimum waktu kontak dan massa adsorben dari arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang dalam mengadsorpsi logam Pb?

3. Bagaimana kemampuan daya adsorpsi terhadap logam Pb menggunakan adsorben dari arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang?

1.6 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui hasil karakteristik FTIR dan BET dari adsorben arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang.
2. Menentukan kondisi optimum waktu kontak dan massa adsorben dari arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang dalam mengadsorpsi logam Pb.
3. Menganalisis kemampuan daya adsorpsi terhadap logam Pb menggunakan adsorben dari arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang dalam limbah industri.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat secara teoritis dan praktis. Adapun manfaat teoritis dalam penelitian ini, yaitu memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana kinerja efektivitas kombinasi kulit kacang tanah dengan kitosan dari kulit udang dalam adsorpsi logam Pb pada limbah, sehingga memperkaya literatur tentang mekanisme adsorpsi pada limbah.

Adapun manfaat praktis dari penelitian ini, antara lain:

1. Memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efektivitas kombinasi dari arang kulit kacang tanah dengan kitosan dari kulit udang dalam mengadsorpsi logam Pb dari limbah.
2. Memperluas pengetahuan tentang kemampuan daya adsorpsi logam Pb menggunakan adsorben dari arang kulit kacang tanah yang dikombinasikan dengan kitosan dari kulit udang.
3. Memberikan informasi yang berguna bagi industri dalam mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan dan efektif dalam mengurangi pencemaran limbah.