

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zeolit memiliki kerangka alumina silikat berstruktur kristal tiga dimensi berpori dengan luas permukaan besar, sehingga efektif sebagai adsorben dan penukar ion melalui pertukaran kation logam di dalam kerangkanya [1]. Karakteristik tersebut menjadikan zeolit berpotensi luas untuk dimanfaatkan, didukung oleh ketersediaan sumber daya zeolit alam yang melimpah di Indonesia.

Secara geologis, Indonesia memiliki potensi besar sebagai penghasil zeolit yang tersebar di berbagai daerah seperti Sumatera (Aceh, Sumatera Utara dan Lampung), Jawa Barat (Bayah, Nanggung, dan Cikalong), Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi, dengan jumlah sumber daya mencapai sekitar 447,49 juta ton [2]. Mengingat ketersediaan zeolit alam yang melimpah namun memiliki kristalinitas yang kurang tinggi, ukuran pori yang tidak seragam, kandungan pengotor yang cukup tinggi, serta aktivitas katalitik dan kemampuan tukar kation yang masih terbatas, diperlukan upaya untuk meningkatkan nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) agar kinerjanya lebih optimal. Peningkatan ini umumnya dilakukan melalui proses aktivasi dan perlu dilakukan pengujian terhadap perubahan nilai KTK setelah aktivasi untuk memastikan efektivitasnya [3][4].

Aktivasi dapat dilakukan melalui perlakuan menggunakan larutan asam, basa, maupun garam. Berdasarkan penelitian Wen dkk. (2016), perlakuan dengan larutan garam NaCl memberikan peningkatan terbesar pada KTK, mencapai 260 mmol/100 g, serta menghasilkan kemampuan adsorpsi tertinggi dibandingkan metode aktivasi lainnya [5]. Oleh karena itu, kapasitas tukar kation menjadi salah satu parameter penting yang perlu dievaluasi karena berkaitan erat dengan kemampuan zeolit dalam proses adsorpsi.

Zeolit telah banyak dimanfaatkan sebagai adsorben dalam industri dan pengolahan air limbah karena memiliki kemampuan adsorpsi yang baik serta dapat diregenerasi. Salah satu sektor industri yang membutuhkan adsorben dalam jumlah besar adalah industri minyak kelapa sawit. Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia meningkat pesat dalam empat dekade terakhir, di mana luas

perkebunannya yang pada tahun 1980 hanya sekitar 295 ribu hektare telah mencapai 14,68 juta hektare pada tahun 2019 [6]. Berdasarkan data Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), hingga Agustus 2025 produksi CPO nasional mencapai 35,65 juta ton, menegaskan posisi Indonesia sebagai produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia [7]. Seiring dengan tingginya produksi tersebut, kualitas CPO menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan. Salah satu faktor yang memengaruhi kualitas CPO adalah keberadaan pengotor yang berasal dari sisa serat, cangkang, partikel tanah, maupun logam yang terbawa selama proses panen, pengolahan, dan penyimpanan. Pengotor tersebut dapat menurunkan kejernihan dan stabilitas minyak, meningkatkan risiko oksidasi, serta mempercepat pembentukan asam lemak bebas (FFA). Selain itu, peningkatan kadar pengotor umumnya diikuti oleh kenaikan kadar air. Kadar air yang tinggi dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang menghasilkan senyawa-senyawa pengotor, sehingga semakin meningkatkan kandungan pengotor dalam minyak, maka diperlukan proses pemurnian untuk menghasilkan kualitas CPO yang lebih baik [8].

Namun, di balik besarnya potensi industri minyak kelapa sawit, proses pemurnian CPO di Indonesia masih menggunakan adsorben berbasis tanah lempung aktif atau *Bleaching Earth*. Meskipun efektif dalam memperbaiki kualitas dan kejernihan minyak, penggunaan *Bleaching Earth* (BE) memiliki kelemahan utama, yaitu menghasilkan limbah padat tinggi. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020), setiap 60 juta ton produksi minyak sawit dapat menghasilkan sekitar 600 ribu ton limbah *Spent Bleaching Earth* (SBE). Jumlah limbah ini terus mengalami peningkatan yang signifikan, yaitu dari 184 ribu ton pada tahun 2017, meningkat hingga mencapai 778,8 ribu ton pada tahun 2019 [9][10].

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014, *Spent Bleaching Earth* (SBE) masih tergolong sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) kategori bahaya 2 yang berasal dari proses industri oleokimia serta pengolahan minyak nabati maupun hewani. Namun, di beberapa negara Eropa dan Malaysia, SBE sudah tidak lagi diklasifikasikan sebagai limbah B3. Penelitian yang dilakukan oleh Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) menunjukkan bahwa keberadaan SBE dapat meningkatkan keasaman tanah sehingga

menghambat pertumbuhan tanaman di sekitarnya serta berpotensi menimbulkan reaksi pembakaran spontan akibat kandungan minyak yang terperangkap di dalamnya. Di sisi lain, ketidakjelasan status hukum SBE menjadi salah satu faktor rendahnya minat investasi dalam pengolahan dan pemanfaatan limbah SBE [11][12]. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif adsorben alami yang lebih efektif, ekonomis, dan mudah diregenerasi. Salah satu bahan yang berpotensi besar adalah zeolit alam Indonesia, karena selain murah, zeolit alam mudah didapatkan di wilayah Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, penting untuk mengaktivasi zeolit alam yang memiliki kadar KTK rendah agar potensi zeolit alam Indonesia dapat dimanfaatkan secara merata, tanpa hanya bergantung pada zeolit dengan kualitas tinggi. Zeolit hasil aktivasi yang memiliki KTK tinggi berpotensi menggantikan tanah lempung aktif sebagai adsorben yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Selain itu, pemanfaatan zeolit alam juga dapat meningkatkan nilai tambah mineral Indonesia serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan impor dalam industri kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai KTK zeolit alam Lampung dan komersial sebelum dan sesudah diaktivasi dengan variasi konsentrasi larutan HCl (1,8%; 3,6%; 5,4%; 7,2%; 9%) dan NaCl (2,9%; 5,8%; 8,7%; 11,6%; 14,5%) menggunakan metode titrimetri?
2. Bagaimana karakteristik zeolit alam menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)?
3. Bagaimana pengaruh penambahan zeolit alam dalam menurunkan kadar air pada CPO yang mengacu pada SNI 2901-2021 dan ISO 662:2016?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini akan dibatasi pada beberapa masalah berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan dua jenis zeolit alam, yaitu:
 - a. Zeolit alam yang berasal dari Lampung; dan

- b. Zeolit alam komersial yang diperoleh melalui toko *online*.
2. Proses aktivasi zeolit menggunakan larutan HCl dan NaCl teknis.
3. Karakterisasi dilakukan pada zeolit alam sebelum aktivasi dan zeolit teraktivasi dengan nilai KTK terbaik menggunakan XRD dan FTIR.
4. Penerapan zeolit alam sebagai adsorben pada proses pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) dalam skala laboratorium, bukan pada skala industri.
5. Penelitian tidak mencakup analisis ekonomi atau kelayakan industri, uji regenerasi adsorben secara mendalam, pengujian karakterisasi lain seperti BET, SEM, atau XRF.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai KTK zeolit alam Lampung dan komersial sebelum dan sesudah diaktivasi dengan larutan HCl (1,8%; 3,6%; 5,4%; 7,2%; 9%) dan NaCl (2,9%; 5,8%; 8,7%; 11,6%; 14,5%) dengan metode titrimetri.
2. Mengidentifikasi karakteristik zeolit alam menggunakan analisis XRD dan FTIR.
3. Menganalisis pengaruh penambahan zeolit alam dalam menurunkan kadar air pada CPO yang mengacu pada SNI 2901-2021 dan ISO 662:2016 tentang minyak kelapa sawit mentah.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis untuk memperdalam pengetahuan mengenai sifat dan perubahan karakter zeolit alam sebelum dan setelah proses aktivasi, sekaligus melatih keterampilan dalam berbagai teknik analisis laboratorium seperti aktivasi kimia serta penentuan Kapasitas Tukar Kation (KTK) melalui metode titrimetri. Penelitian ini juga membantu penulis mengembangkan kemampuan berpikir kritis dalam menilai efektivitas berbagai jenis aktivator dan menginterpretasikan hasil aktivasi terhadap kinerja zeolit dalam proses pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO).

Selain itu, penelitian ini juga membuka peluang pemanfaatan adsorben lokal sebagai pengganti *Bleaching Earth* impor yang selama ini banyak digunakan dan

menimbulkan limbah SBE dalam jumlah besar. Penggunaan zeolit teraktivasi berpotensi menurunkan produksi limbah berbahaya serta menawarkan proses pemurnian yang lebih ekonomis dan lebih ramah lingkungan. Serta penggunaan zeolit lokal yang mudah diperoleh mendukung pengelolaan mineral Indonesia secara lebih berkelanjutan. Pemanfaatan zeolit teraktivasi juga dapat meningkatkan nilai tambah komoditas mineral dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap bahan impor, serta memberikan dampak positif bagi daerah-daerah penghasil zeolit melalui peningkatan potensi ekonomi lokal.

