

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan ekonomi secara global menyebabkan permintaan akan energi fosil terus meningkat. Menurut laporan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, hingga tahun 2024 lalu sekitar 85% dari total kapasitas pembangkit listrik di Indonesia berasal dari energi fosil. Selain sumber dayanya yang terbatas, penggunaan energi fosil juga menimbulkan dampak negatif pada lingkungan, kesehatan, ataupun keberlanjutan di masa depan. Di sisi lain pemerintah sudah resmi meluncurkan program biodiesel B40 campuran bahan bakar nabati berbasis minyak sawit pada 1 Januari 2025 (Setiawan, 2025). Hal ini dikaitkan dengan kebijakan energi nasional dalam memperkuat ketahanan energi. Rencana program biodiesel B50 sebagai optimalisasi upaya menuju kemandirian dan efisiensi energi juga semakin digencarkan (ESDM, 2025). Adanya penggunaan biodiesel ini dapat menjadi solusi dengan menghemat dan mengurangi ketergantungan penggunaan bahan bakar mesin berbasis fosil.

Pemanfaatan sumber daya domestik tidak hanya memperkuat ketahanan energi, melainkan juga memberikan nilai tambah bagi perekonomian Indonesia. Salah satu tanaman potensial selain kelapa sawit adalah kemiri sunan (*Reutealis trisperma*) yang telah banyak dibudidayakan di Indonesia, terutama di Jawa Barat, dengan produktivitas yang tinggi (Syafaruddin dan Wahyudi, 2012). Produksi biji keringnya dapat mencapai dari 250-400 kg ha⁻¹ tahun⁻¹ pada kepadatan 100 pohon/ha, setara dengan 9,805 L minyak kemiri sunan (Pranowo *dkk.*, 2016). Kandungan minyak bijinya berkisar 50-52% minyak, sebanding dengan tanaman bahan baku biodiesel lain seperti jarak, pagar, dan nyamplung. Namun, minyak kemiri sunan memiliki nilai asam yang tinggi akibat kandungan asam lemak bebas (FFA) yang besar (Riayatsyah *dkk.*, 2021). Kondisi ini dapat memicu reaksi penyabunan selama transesterifikasi, sehingga diperlukan tahap pra-esterifikasi untuk menurunkan kadar FFA sebelum proses transesterifikasi dilakukan (Lim *dkk.*, 2020).

Biodiesel dapat diproduksi melalui berbagai metode seperti pirolisis, emulsi mikro, dan transesterifikasi. Di antara metode tersebut, transesterifikasi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena menghasilkan biodiesel dengan viskositas rendah dan karakteristik pembakaran yang mendekati diesel. Proses ini melibatkan konversi trigliserida menjadi metil ester menggunakan alkohol, dengan bantuan katalis (Noman *dkk.*, 2025). Metanol lebih sering digunakan sebagai reagen karena keterjangkauan dan reaktivitasnya yang tinggi (Méndez *dkk.*, 2022). Biodiesel umumnya disintesis dari ester asam lemak rantai panjang (C_6 - C_{22}) yang memerlukan katalis untuk mempercepat reaksi. Katalis dapat berupa katalis homogen atau heterogen. Meskipun katalis homogen memiliki aktivitas yang tinggi, penggunaannya sensitif terhadap keberadaan air dan asam lemak bebas, yang dapat memicu pembentukan sabun serta menyulitkan proses pemisahan (Maulidiyah *dkk.*, 2024). Oleh karena itu, katalis heterogen semakin banyak dikembangkan karena mudah dipisahkan dari produk, dapat digunakan kembali, dan berpotensi meningkatkan efisiensi produksi biodiesel (Rajak *dkk.*, 2025).

Beberapa katalis heterogen telah menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam produksi biodiesel. Katalis K_2CO_3/Al_2O_3 dapat mengonversi minyak bunga matahari menjadi biodiesel hingga 99,3% sedangkan $ZrMo@KIT-6$ mampu menghasilkan *yield* hingga 97-98% dari minyak jelantah (Noman *dkk.*, 2025). Meskipun *yield* dan konversi yang dihasilkan tinggi, tantangan masih ditemukan seperti keterbatasan difusi akibat struktur pori yang tidak optimal, dan *leaching* logam aktif yang menurunkan stabilitas katalis. Di sisi lain pengembangan katalis silika mesopori KIT-6 menjadi perhatian karena sifatnya yang menarik, dengan memberikan aksesibilitas pori yang lebih baik sehingga mendukung dispersi dan ketersediaan situs aktif katalis dibandingkan dengan pendukung silika lainnya seperti MCM-41, dan SBA-15 (Gholami dan Tardio, 2025). Material ini juga memiliki struktur kubik $Ia3d$ dengan jaringan mesopori yang terhubung serta morfologi berbentuk bulat, serat, dan rantai (Nguyen *dkk.*, 2025). Dalam penelitian ini KIT-6 digunakan sebagai pengemban $MgO-Al_2O_3$. Oksida logam MgO berperan meningkatkan situs basa, yang mendukung pembentukan ion metoksida melalui

deprotonasi metanol (Ataei *dkk.*, 2023). Sementara, Al_2O_3 berfungsi sebagai asam lewis dan meningkatkan stabilitas termal dan struktur material (Adany *dkk.*, 2025).

Support KIT-6 umumnya disintesis menggunakan *tetraethyl orthosilicate* (TEOS) sebagai sumber silika. Namun, penggunaan TEOS relatif mahal dan berpotensi memberikan dampak negatif bagi lingkungan (Delgado *dkk.*, 2020). Oleh karena itu, sekam padi menjadi alternatif sumber silika yang menjanjikan karena ketersediaannya yang melimpah dan kandungan silika yang tinggi. Silika berkadar tinggi dapat diperoleh melalui proses pencucian asam (*acid leaching*) untuk menghilangkan pengotor anorganik, dilanjut dengan kalsinasi (Nzereogu *dkk.*, 2023). Oleh karena itu, akan dilakukan sintesis KIT-6 dengan prekursor silika dari biomassa sekam padi untuk mengetahui efektivitas pembentukan strukturnya.

Produksi biodiesel melalui transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa parameter reaksi yang perlu dioptimalkan untuk memperoleh *yield* FAME yang tinggi. Beberapa parameter tersebut meliputi temperatur, waktu reaksi, jumlah katalis, dan rasio minyak terhadap metanol (Foroutan *dkk.*, 2020). Rasio ini berperan dalam menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan metil ester. Meskipun penambahan metanol dapat meningkatkan konversi, penggunaan yang berlebihan dapat menghambat pemisahan fase biodiesel dan gliserol (Noman *dkk.*, 2025). Suhu reaksi juga merupakan faktor penting yang memengaruhi laju dan efisiensi konversi (Abduh *dkk.*, 2019).

Pada penelitian ini dikembangkan katalis heterogen $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3/\text{KIT-6}$ yang disintesis dengan prekursor silika dari biomassa sebagai upaya menciptakan material ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta mengevaluasi kinerja katalitiknya dalam reaksi transesterifikasi minyak kemiri sunan menjadi FAME.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh dan menentukan karakteristik katalis KIT-6 dari silika abu sekam padi.
2. Memperoleh dan menentukan karakteristik katalis $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3/\text{KIT-6}$.
3. Mengevaluasi FAME yang dihasilkan dari transesterifikasi minyak kemiri sunan menggunakan katalis KIT-6 dan $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3/\text{KIT-6}$ pada variasi suhu dan rasio minyak terhadap metanol.

