

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pulihnya aktivitas ekonomi pasca-pandemi telah memicu peningkatan kebutuhan energi di sektor transportasi udara global, yang saat ini menyumbang 2-3% dari total emisi CO₂ (Farida dkk., 2025) dan diprediksi akan meningkat tiga kali lipat pada tahun 2050 tanpa intervensi teknologi ramah lingkungan (Kemenhub, 2025). Ancaman emisi ini mendorong penerapan skema *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA), yang mewajibkan transisi dari bahan bakar fosil ke *Sustainable Aviation Fuel* (SAF) atau bioavtur. Transisi ini menjadi krusial bagi Indonesia, mengingat tingginya ketergantungan impor avtur serta konsumsi domestik yang mencapai 5 juta kiloliter pada tahun 2023 dan terus meningkat (Kementerian ESDM, 2024). Sebagai respons strategis untuk mengurangi ketergantungan impor dan memenuhi target emisi, pemerintah melalui Keputusan Menteri ESDM No. 113.K/EK.05/MEM.E/2026 tentang Penahapan Pemanfaatan BBN dan Peraturan Menteri ESDM No. 4/2025 tentang Pengusahaan dan Pemanfaatan bahan bakar nabati (BBN) telah menetapkan kewajiban pencampuran bahan bakar nabati dalam avtur sebesar 1% pada tahun 2027, yang kemudian ditingkatkan menjadi 5% pada tahun 2030 (Kementerian ESDM, 2026).

Indonesia memiliki potensi biomassa yang melimpah sebagai bahan baku bioavtur, salah satunya adalah minyak kelapa (*Cocos nucifera*). Minyak kelapa

memiliki kandungan asam lemak rantai menengah hingga panjang (C_{12} - C_{18}) yang potensial untuk dikonversi menjadi hidrokarbon fraksi jet fuel (C_8 - C_{16}) melalui proses katalitik (Makcharoen dkk., 2021). Teknologi utama untuk mengonversi minyak nabati menjadi bioavtur adalah reaksi hidreregang yang melibatkan pemutusan rantai karbon asam lemak dan penghilangan atom oksigen (deoksigenasi) dengan bantuan gas hidrogen (H_2) untuk menghasilkan alkana cair yang memiliki karakteristik mirip dengan Jet A-1 (Yotsomnuk, 2018).

Pengembangan katalis bimetal berbasis logam transisi seperti Nikel dan Molibdenum (Ni-Mo) menjadi pilihan menarik karena efek sinergisnya yang baik dalam reaksi hidrogenasi dan hidrereoksigenasi (Wijaya dkk., 2024). Namun, dalam bentuk oksidanya (NiO - MoO_3), katalis ini memiliki aktivitas deoksigenasi yang kurang optimal dan rentan terhadap deaktivasi akibat pembentukan kokas. Oleh karena itu, tahapan sulfidasi penting dilakukan untuk pembentukan fase aktif sulfida (Ni-Mo-S). Proses sulfidasi menghasilkan struktur lapisan MoS_2 dengan atom promotor Ni menempati tepi (*edge*) dari struktur tersebut yang secara efektif menurunkan energi aktivasi untuk disosiasi H_2 . Modifikasi struktural ini menciptakan kekosongan anion sulfur yang bertindak sebagai sisi aktif utama untuk adsorpsi asam lemak dan reaksi hidrereoksigenasi (Wang dkk., 2015). Proses sulfidasi terbukti mampu meningkatkan aktivitas deoksigenasi katalis sebagaimana yang dilakukan oleh Wang dkk. (2015) yang menyatakan bahwa Ni-Mo tersulfidasi tidak berpengembangan menunjukkan tingkat konversi dan selektivitas deoksigenasi pada produk hidrokarbon yang lebih tinggi, yaitu hingga 99,8%.

Kendala molekul besar seperti trigliserida dalam hidrorengkah minyak nabati menuntut penggunaan pengemban dengan pori yang sesuai seperti silika mesopori. Berbagai sumber silika, termasuk sumber dari alam seperti sekam padi menyediakan luas permukaan tinggi dan aksesibilitas pori yang optimal (Salamah, 2021). Hal ini memungkinkan interaksi reaktan yang lebih baik, sehingga mampu meningkatkan konversi dan selektivitas bioavtur secara signifikan.

Santa Barbara Amorphous-15 (SBA-15) merupakan contoh material yang dipilih sebagai pengemban katalis karena sifatnya yang sangat stabil berkat kombinasi luas permukaan tinggi, diameter pori besar dan distribusi pori yang relatif seragam, yang mana hal ini meningkatkan difusi molekul besar, serta ketahanan hidrotermal yang baik akibat dinding porinya yang tebal (Thahir dkk., 2019). Sebagian besar sintesis SBA-15 konvensional masih mengandalkan sumber silika komersial seperti *tetraethyl orthosilicate* (TEOS) yang berbiaya tinggi. Di sisi lain, penggunaan abu sekam padi sebagai prekursor silika mesopori terstruktur untuk mendukung fase aktif bimetal Ni-Mo tersulfidasi dalam reaksi hidrorengkah minyak kelapa masih terbatas dan belum dieksplorasi secara mendalam, terutama dalam mengoptimalkan reaksi deoksigenasi dan keasaman katalisnya. Material ini disintesis menggunakan agen pengarah struktur atau templat berupa kopolimer triblok amfifilik yaitu Pluronic P123 ($\text{PEO}_n\text{-PPO}_m\text{-PEO}_n$) yang mampu membentuk struktur pori secara teratur.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini akan berfokus pada sintesis katalis bimetal Ni-Mo tersulfidasi yang diembankan pada silika mesopori dari sekam padi dan menguji pengaruh rasio Ni-Mo terhadap aktivitas dan selektivitas katalitiknya. Katalis

Ni-Mo tersulfidasi berpengemban silika mesopori akan dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan GSA serta dilakukan penentuan nilai keasamannya. Katalis Ni-Mo tersulfidasi berpengemban silika mesopori tersebut selanjutnya akan digunakan dalam reaksi hidrorengkah minyak kelapa menjadi bioavtur. Setelah itu dilakukan uji aktivitas dan selektivitas katalis terhadap produk bioavtur. Bioavtur yang diperoleh nantinya akan dikarakterisasi dengan GC-MS untuk mengetahui kandungan profil senyawa pada produk cair hidrorengkah.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Melakukan sintesis katalis Ni-Mo tersulfidasi berpengemban silika mesopori
2. Menentukan pengaruh variasi mol logam Ni dan Mo pada karakter katalis Ni-Mo tersulfidasi berpengemban silika mesopori
3. Menentukan aktivitas dan selektivitas katalis Ni-Mo tersulfidasi berpengemban silika mesopori pada reaksi hidrorengkah minyak kelapa menjadi bioavtur.