

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan jumlah penerbangan pasca-pandemi, konsumsi bahan bakar avtur meningkat pesat hingga mencapai 4,5 juta kiloliter pada tahun 2024. Namun, produksinya belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut, sehingga penggunaan avtur berbasis fosil masih mendominasi dan menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 2,1% terhadap jumlah emisi CO₂ global (Fuel & Transition, 2025). Untuk mengatasi hal tersebut, *International Civil Aviation Organization* (ICAO) telah menetapkan target aspirasional berupa peningkatan efisiensi untuk bahan bakar sebanyak 2% per tahun hingga 2050. Salah satu strategi utama yang dikembangkan adalah pemanfaatan *Sustainable Aviation Fuel* (SAF), termasuk bioavtur yang dihasilkan dari biomassa berkelanjutan sebagai pengganti avtur fosil. Bioavtur dapat dicampur hingga 50% tanpa memerlukan modifikasi besar pada mesin pesawat, sehingga kebutuhan avtur tetap terpenuhi sekaligus mampu menurunkan emisi CO₂ hingga 40–80% sepanjang siklus hidupnya (International Renewable Energy Agency, 2024). Oleh karena itu, diperlukan percepatan pengembangan serta produksi bioavtur untuk mendukung transisi sektor penerbangan menuju sumber energi yang berkelanjutan.

Fraksi bioavtur memiliki komposisi utama hidrokarbon dengan jumlah 8 hingga 16 atom karbon yang dapat diproduksi dari minyak nabati, salah satunya minyak kelapa sebagai bahan baku potensial di Indonesia. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa, seperti asam laurat (C₁₂) dan asam miristat (C₁₄) sebagai fraksi

utama yang sesuai dengan rentang rantai karbon fraksi bioavtur, sehingga diharapkan menghasilkan selektivitas dan yield bioavtur yang tinggi (Anwar, 2016). Dari segi ketersediaan, Indonesia merupakan produsen kelapa terbesar di skala dunia yang memperoleh posisi kedua sebagai eksportir minyak kelapa dengan pangsa sekitar 25–30% dari pasar global pada tahun-tahun terakhir. Dengan demikian, pemanfaatan minyak kelapa sebagai sumber bahan baku bioavtur menjadi pilihan strategis untuk meningkatkan produksi bioavtur di Indonesia yang saat ini masih terbatas.

Produksi bioavtur dengan kualitas yang memenuhi spesifikasi penerbangan memerlukan proses konversi efektif melalui jalur hidrideoksigenasi (HDO) untuk mengeliminasi oksigen dari molekul lipid tanpa memutus rantai karbon utama. Untuk mengoptimalkan reaksi tersebut, penggunaan katalis Ni-Mo dengan pengemban silika mesopori memiliki peran penting karena struktur porinya mampu memfasilitasi difusi molekul trigliserida yang besar. Proses sulfidasi katalis menggunakan thiourea efektif untuk mengkonversi fase oksida Ni dan Mo menjadi fase aktif sulfida (Ni-Mo-S). Keberadaan fase sulfida mampu meningkatkan aktivasi hidrogen pada permukaan katalis dan memberikan situs aktif yang selektif untuk memutus ikatan C-O. Akibatnya, reaksi HDO berjalan lebih dominan dibandingkan jalur dekarboksilasi atau dekarbonilasi sehingga mampu memaksimalkan aktivitas dan selektivitas produk terhadap fraksi hidrokarbon rantai C₈-C₁₆ serta efektif dalam menekan reaksi sekunder yang memicu pembentukan coke sehingga katalis menjadi lebih stabil untuk jangka panjang (Turpeinen, 2011).

Sebagai pengemban pada katalis Ni-Mo tersulfidasi, silika mesopori sering digunakan karena memiliki luas permukaan besar ($>1000 \text{ m}^2/\text{g}$) dan distribusi pori yang seragam sehingga memiliki aplikasi potensial sebagai adsorben atau penyangga dalam bidang katalisis dan adsorpsi (Laskowski dkk., 2019). Penelitian mengenai sintesis dan modifikasi material mesopori telah banyak dilakukan untuk menghasilkan bahan dengan sifat adsorpsi dan aktivitas katalitik yang lebih tinggi. Meskipun demikian, penerapan luas masih terkendala oleh penggunaan prekursor silikon murni seperti tetraetoksisilan (TEOS) atau tetrametoksisilan (TMOS) yang kurang ekonomis. Untuk mengatasi kendala tersebut, modifikasi silika mesopori dilakukan dengan memanfaatkan prekursor silika yang diekstrak dari biomassa, yaitu sekam padi dengan kandungan silika hingga 87–97% pada massa kering setelah melalui proses pembakaran sempurna (Usgodaarachchi dkk., 2021a). Pemanfaatan sekam padi mampu memengaruhi struktur pengemban secara signifikan, terutama untuk menghasilkan luas permukaan spesifik yang tinggi sehingga mampu mengoptimalkan dispersi logam aktif. Selain itu, sekam padi termasuk ke dalam limbah agronomis dengan jumlah yang melimpah di Indonesia, sehingga silika dapat diperoleh secara mudah dengan biaya relatif rendah.

Penelitian oleh Purnawira dkk. (2019) menunjukkan bahwa variasi ukuran dan distribusi pori silika mesopori dapat dikendalikan secara signifikan melalui pengaturan konsentrasi surfaktan CTAB pada sintesis silika mesopori yang secara langsung memengaruhi sifat tekstural katalis. Peningkatan konsentrasi CTAB terbukti menurunkan ukuran partikel silika (hingga $\sim 311 \text{ nm}$) serta membentuk struktur pori teratur bertipe heksagonal dengan diameter mesopori sekitar 3–6 nm

dan luas permukaan tinggi (hingga $\sim 769 \text{ m}^2/\text{g}$). Karakteristik tersebut sangat relevan untuk aplikasi katalis hidrorengkah karena luas permukaan besar dan distribusi pori yang seragam dapat meningkatkan difusi molekul hidrokarbon serta ketersediaan situs aktif katalitik. Dengan demikian, riset ini membuktikan bahwa pengendalian ukuran partikel dan distribusi pori silika mesopori merupakan faktor kunci dalam perancangan pengembangan katalis yang efektif untuk proses hidrorengkah.

Metode yang berbeda untuk melakukan modifikasi pada kerangka silika mesopori telah dilakukan dalam berbagai penelitian dengan cara mengubah variabel proses. Salah satu proses sintesis yang memberikan pengaruh terhadap ukuran dan distribusi material silika mesopori sebagai pengembangan katalis untuk reaksi hidrorengkah adalah jenis templat dan rasio prekursor yang digunakan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan rasio prekursor silika dan templat CTAB sebagai variabel penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan silika mesopori dengan luas permukaan, diameter pori, dan volume pori yang optimal serta selektivitas yang tinggi terhadap produk sehingga berpotensi sebagai material yang cocok untuk proses konversi hidrorengkah minyak kelapa menjadi fraksi bioavtur.

I.2 Tujuan

1. Melakukan sintesis silika mesopori dari sekam padi sebagai pengembangan katalis Ni-Mo tersulfidasi.
2. Menentukan pengaruh rasio massa dari templat CTAB dan prekursor silika pada sintesis silika mesopori sebagai pengembangan katalis Ni-Mo Tersulfidasi dan karakteristiknya.

3. Menentukan aktivitas, selektivitas, dan kualitas fraksi bioavtur yang dihasilkan pada hidorengkah minyak kelapa menggunakan katalis Ni-Mo Tersulfidasi.