

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sumber daya alam melimpah yang digunakan sebagai sumber energi untuk kelangsungan hidup (Pranata & Saputri, 2024). Seiring berjalannya waktu, peningkatan kebutuhan energi semakin tinggi sehingga menyebabkan ketersediaan sumber daya alam tersebut menjadi menipis. Berdasarkan *Outlook Energi Indonesia* (2019), terjadi penurunan produksi minyak bumi dari 346 juta barel pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel pada tahun 2018. Hal ini terjadi karena minyak bumi merupakan sumber energi *non-renewable*, dimana sumber energi seperti ini suatu hari akan habis (Wardana et al., 2022).

Pertumbuhan populasi dan kualitas hidup masyarakat diikuti dengan peningkatan konsumsi energi secara signifikan memengaruhi peningkatan emisi CO₂ (Sethi & Dash, 2022). Emisi CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer akibat pembakaran di sektor pembangkit listrik, transportasi, industri, komersial, rumah tangga, dan sektor lainnya dalam jumlah besar berkontribusi terhadap pemanasan global. Upaya dalam mengurangi dampak pemanasan global dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi teknologi energi serta memanfaatkan sumber energi yang memiliki kandungan karbon rendah (Rositoh et al., 2024). Salah satu sumber energi yang memiliki kandungan karbon rendah adalah biodiesel. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar nabati yang saat ini dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia (Biru, 2024). Ini merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang berpotensi untuk mengurangi kebutuhan energi dari minyak bumi di Indonesia dan juga dunia serta dapat menjadi sumber energi alternatif (Arlianti, 2018).

Biodiesel memiliki sifat tidak beracun, dapat terurai secara hayati, serta dapat menggantikan bahan bakar solar tanpa modifikasi lebih lanjut. Biodiesel merupakan mono alkil ester asam lemak rantai panjang yang dihasilkan dari proses transesterifikasi antara trigliserida dengan alkohol rantai pendek (Babadi et al., 2022). Biodiesel dapat juga diproduksi dari minyak sayur murni, rapeseed, kanola, dll. Namun, proses pembuatan dari bahan baku ini dianggap

kurang efisien, karena biayanya yang relatif tinggi (Pathak et al., 2019). Saat ini, aspek ekonomi telah menjadi perhatian utama dalam pembuatan biodiesel, karena tingginya biaya bahan baku dibandingkan dengan harga bahan bakar fosil yang relatif rendah. Oleh karena itu, alternatif bahan baku yang lebih murah dan berlimpah menjadi sangat penting dalam menekan biaya produksi.

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah pemanfaatan limbah, seperti minyak goreng bekas atau minyak jelantah (Manikandan et al., 2023). Minyak goreng bekas yang berasal dari turunan kelapa sawit dianggap sebagai bahan baku yang memiliki prospek ekonomi yang baik dan berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Saleh Abdurrahman (2020), yang menyatakan bahwa penggunaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel merupakan langkah strategis dalam mendukung penerapan sirkular, melalui pemanfaatan kembali sumber daya agar tetap memberikan manfaat ekonomi serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Pada proses pembuatan biodiesel, katalis berperan penting dalam mengkatalisis reaksi transesterifikasi antara minyak nabati dan alkohol untuk menghasilkan biodiesel (Fattah et al., 2020). Katalis berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi terhadap produk dan untuk memudahkan konversi bahan kimia dengan melewati beberapa proses reaksi (Agustina, 2022). Terdapat dua katalis yang dapat digunakan untuk pembuatan biodiesel yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen seperti KOH dan NaOH pada umumnya digunakan untuk produksi biodiesel, tetapi penggunaan katalis homogen dapat menimbulkan masalah karena masih terdapat katalis dalam produk yang dihasilkan serta menyebabkan reaksi samping yang tidak diinginkan. Selain itu, katalis homogen tidak dapat digunakan kembali dan tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan katalis heterogen yang lebih ramah lingkungan dan dapat digunakan kembali (Lestari, 2019). Sifat katalis heterogen yang memungkinkan pemisahan dari campuran reaksi melalui filtrasi atau sentrifugasi tanpa memerlukan pencucian air secara berulang, sehingga mampu mengurangi biaya dan dampak lingkungan. Selain itu, katalis heterogen memiliki stabilitas termal yang baik dan tetap menunjukkan kinerja yang optimal meskipun diaplikasikan pada bahan baku

yang mengandung kadar asam lemak bebas (FFA) dan air yang tinggi, seperti minyak jelantah (Welter et al., 2023).

Penggunaan katalis yang efisien dan ramah lingkungan menjadi krusial dalam upaya memperbaiki proses produksi biodiesel secara ekonomis dan berkelanjutan. Dalam pengembangan katalis heterogen, material silika dan karbon dipilih sebagai bahan utama karena memiliki sifat yang saling melengkapi. Silika memiliki luas permukaan yang tinggi dan permukaan kaya akan gugus silanol ($-\text{Si}-\text{OH}$) yang memungkinkan akses mudah ke situs aktif, sedangkan karbon stabil secara kimia dan berfungsi sebagai media yang tepat untuk penempelan gugus sulfonat karena memiliki luas permukaan sangat besar sehingga katalis punya lebih banyak situs asam aktif yang bisa diakses oleh reaktan. (Fatimah et al., 2023). Kombinasi keduanya menjadi struktur komposit dengan porositas tinggi, luas permukaan besar, dan stabilitas mekanik yang baik (Sharghi et al., 2018).

Komposit silika/karbon disulfonasi bertujuan menciptakan situs asam yang kuat untuk mempercepat reaksi esterifikasi FFA dengan alkohol, sehingga konversi FFA menjadi ester meningkat drastis (Fonseca et al., 2022). Katalis silika/karbon tersulfonasi memperkuat interaksi antara FFA dan alkohol di permukaan pori, menghasilkan reaksi lebih cepat dibandingkan karbon tersulfonasi tanpa dukungan silika (Valle-Vigón, 2012). Secara keseluruhan, katalis silika/karbon tersulfonasi menggabungkan berbagai keunggulan yaitu memiliki luas permukaan yang besar untuk memudahkan akses reaktan, kepadatan situs asam yang tinggi untuk meningkatkan aktivitas katalitik, serta kestabilan dan kemudahan dalam proses pemisahan yang memungkinkan penggunaannya secara berulang. Katalis ini juga kompatibel dengan bahan baku yang mengandung FFA tinggi, dan mampu menghasilkan konversi FFA lebih dari 85-90% dalam waktu reaksi yang relatif singkat pada suhu sedang, sekaligus mengurangi pembentukan sabun serta limbah cair selama proses berlangsung (Ansari et al., 2025).

Pada penelitian ini, minyak jelantah dari minyak kelapa sawit digunakan sebagai bahan baku utama dalam sintesis biodiesel, sedangkan silika/karbon diperoleh dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan

hasil samping industri kelapa sawit. Tahapan penelitian meliputi persiapan bahan baku minyak jelantah yang terlebih dahulu disaring dan dianalisis karakteristik awalnya seperti densitas, viskositas, titik nyala, nilai kalor, serta komposisi kimia menggunakan GC-MS. Selanjutnya dilakukan optimasi sintesis katalis dengan cara memanfaatkan material silika/karbon dari sumber biomassa yang kemudian dikalsinasi dan dimodifikasi melalui proses sulfonasi menggunakan H_2SO_4 pekat untuk menghasilkan gugus $-\text{SO}_3\text{H}$ yang berperan sebagai situs asam aktif. Katalis yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan berbagai metode, seperti FTIR untuk identifikasi gugus fungsional, XRD untuk struktur kristal, BET untuk luas permukaan, serta SEM-EDX untuk morfologi dan komposisi unsur. Proses transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan minyak jelantah dengan metanol menggunakan katalis silika/karbon tersulfonasi pada kondisi tertentu (suhu, waktu, dan rasio molar), sehingga dihasilkan biodiesel dan gliserol sebagai produk samping. Biodiesel yang dihasilkan dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengidentifikasi serta memastikan keberadaan senyawa metil ester. Pengujian kinerja katalis silika/karbon tersulfonasi dalam sintesis biodiesel dilakukan dengan menganalisis sifat fisik utama biodiesel yang dihasilkan, yaitu densitas, viskositas, dan titik nyala, kemudian dibandingkan dengan standar mutu biodiesel yang ditetapkan oleh SNI 7182:2015.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi optimum sintesis katalis silika/karbon tersulfonasi?
2. Bagaimana karakteristik katalis silika/karbon tersulfonasi?
3. Bagaimana kinerja katalis silika/karbon tersulfonasi dalam mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai:

1. Kondisi optimum sintesis katalis silika/karbon tersulfonasi.
2. Karakteristik katalis silika/karbon tersulfonasi.

3. Kinerja katalis silika/karbon tersulfonasi dalam mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel.

1.4 Batasan Penelitian

1. Penelitian ini difokuskan pada reaksi transesterifikasi menggunakan minyak nabati tertentu, seperti minyak jelantah dan minyak kelapa sawit.
2. Pengembangan katalis hanya mencakup formulasi berbasis silika/karbon yang dimodifikasi melalui proses sulfonasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan katalis heterogen, serta menjadi rujukan bagi penelitian sejenis dalam mengembangkan material katalis berbasis karbon atau silika untuk aplikasi energi terbarukan.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Penulisan skripsi ini terdiri dari Bab I yang berisikan pendahuluan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi. Bab II membahas mengenai kajian pustaka meliputi biodiesel, minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel, komposit silika/karbon tersulfonasi, karakterisasi silika/karbon tersulfonasi, serta karakterisasi biodiesel. Bab III berisi tentang metode penelitian meliputi lokasi dan waktu penelitian, alat, bahan, dan prosedur kerja penelitian. Bab IV berisi tentang temuan dan pembahasan penelitian. Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran.