

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Minyak goreng merupakan bahan pokok konsumsi di Indonesia yang umumnya berasal dari sumber nabati seperti kelapa sawit, kedelai, jagung, dan bunga matahari. Penggunaan minyak secara berulang menyebabkan perubahan kimiawi berupa pembentukan peroksida, oligomer oksidatif, dan isomer trans yang berdampak buruk bagi kesehatan. Pembuangan minyak jelantah ke lingkungan juga dapat mencemari perairan dan menurunkan kualitas tanah. Oleh karena itu, meningkatnya konsumsi minyak goreng serta rendahnya pengelolaan limbah menjadikan pemanfaatan kembali minyak jelantah sebagai upaya penting untuk menekan dampak kesehatan dan lingkungan sekaligus meningkatkan nilai ekonominya (Manikandan dkk., 2023).

Pemrosesan minyak jelantah menjadi biodiesel memberikan manfaat ganda berupa pengurangan limbah dan penyediaan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dibanding bahan bakar fosil. Kajian literatur menunjukkan bahwa dengan pra-perlakuan yang tepat dan optimasi kondisi reaksi, biodiesel dari waste cooking oil dapat memenuhi standar mutu internasional dan berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca. Nilai ekonomi dan keberlanjutan menjadikan konversi minyak jelantah ke biodiesel sebagai strategi circular economy yang penting untuk diterapkan pada skala komunitas dan industri (Manikandan dkk., 2023).

Transesterifikasi adalah reaksi utama yang mengubah trigliserida menjadi *Fatty Acid Methyl Esters* dan gliserol melalui tahapan konversi trigliserida → digliserida → monogliserida → ester. Efisiensi reaksi ini sangat dipengaruhi oleh rasio alkohol terhadap minyak, jenis alkohol, suhu, waktu reaksi, serta jenis dan sifat katalis sehingga optimasi parameter reaksi diperlukan untuk mencapai konversi tinggi. Selain itu, ketersediaan situs aktif yang sesuai pada katalis dan kontrol terhadap kandungan FFA penting untuk mencegah saponifikasi yang menurunkan rendemen dan menyulitkan pemurnian produk (Farouk dkk., 2024).

Metanol banyak digunakan dalam aplikasi industri karena reaktivitasnya tinggi, ketersediaannya melimpah, dan biayanya relatif rendah, sehingga lebih efisien dalam membentuk metil ester dibanding alkohol berantai lebih panjang. Sifat polar metanol juga mendukung interaksi dengan situs aktif katalis serta pembentukan metoksida sebagai nukleofil utama dalam reaksi transesterifikasi. Oleh karena itu, metanol dipilih sebagai alkohol reaktan dalam penelitian ini (Farouk dkk., 2024).

Jenis katalis berpengaruh terhadap laju reaksi, kemudahan pemisahan, dan potensi penggunaan ulang. Katalis homogen seperti NaOH dan KOH bersifat efektif tetapi mudah menyebabkan saponifikasi pada minyak dengan FFA tinggi dan menyulitkan pemurnian, sedangkan katalis heterogen lebih unggul dalam hal pemisahan, stabilitas, dan reuse sehingga banyak dikaji untuk produksi biodiesel dari minyak jelantah (Farouk dkk., 2024).

Zeolit alam memiliki struktur aluminosilikat berpori dimana setelah aktivasi asam mampu menyediakan situs Brønsted dan Lewis. Perlakuan HCl meningkatkan rasio Si/Al, membuka pori, dan menaikkan keasaman permukaan sehingga memperbaiki adsorpsi reaktan serta aktivitas esterifikasi dan transesterifikasi. Namun, kinerjanya ditentukan oleh keseimbangan antara ukuran pori untuk difusi trigliserida dan kekuatan situs asam dalam mengaktivasi gugus karbonil. Oleh karena itu, modifikasi lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan performa zeolit sebagai katalis biodiesel (Philia dkk., 2023).

Modifikasi H-zeolit dengan partikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  bertujuan menghasilkan katalis bifungsional yang mengombinasikan keasaman zeolit dengan situs Lewis oksida besi serta memberikan sifat magnetik untuk memudahkan pemisahan katalis. Sejumlah studi menunjukkan bahwa komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada penyangga dapat meningkatkan konversi biodiesel apabila dispersi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terjaga baik dan pori zeolit tetap dapat diakses. Namun, kelebihan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  berpotensi menutup pori dan membatasi difusi reaktan, sehingga diperlukan kajian rasio komposit yang sistematis guna menyeimbangkan jumlah situs aktif dan aksesibilitas permukaan. (Lani dkk., 2023).

Kajian mengenai komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H-zeolit}$  telah banyak dilaporkan, namun penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh variasi rasio  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  terhadap struktur pori, keasaman, aktivitas katalitik, dan konversi FAME dari minyak jelantah masih relatif terbatas. Hingga saat ini belum banyak studi yang secara sistematis membandingkan rasio  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H-zeolit}$  seperti 1:2, 1:1, dan 2:1 serta mengaitkannya dengan karakteristik fisik katalis dan kinerja transesterifikasi minyak jelantah nyata. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan unsur kebaruan dengan menghubungkan variasi rasio  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H-zeolit}$  terhadap perubahan struktur kristalin berdasarkan analisis XRD, keasaman katalis, dan performa katalitik yang dievaluasi melalui GC-MS. Selain itu, karakterisasi FTIR pada zeolit teraktivasi dilakukan untuk memastikan keberhasilan proses aktivasi sebelum modifikasi, sehingga interpretasi perubahan struktur katalis menjadi lebih komprehensif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperjelas peran rasio  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dalam menentukan struktur dan aktivitas katalis pada produksi metil ester dari minyak jelantah.

Penelitian ini bertujuan mensintesis komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H-Zeolit}$  melalui metode kopresipitasi menggunakan zeolit alam teraktivasi serta menilai kinerjanya sebagai katalis pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel. Evaluasi dilakukan melalui karakterisasi material hasil sintesis dan pengujian aktivitas katalitik berdasarkan konversi biodiesel yang dianalisis menggunakan GC-MS. Hasil penelitian diharapkan dapat mengidentifikasi katalis dengan performa optimal serta mendukung pengembangan katalis heterogen yang efisien dan mudah dipisahkan untuk pemanfaatan minyak jelantah sebagai sumber energi terbarukan.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

1. Memperoleh komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H-Zeolit}$  dari kopresipitasi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan zeolit alam yang telah diaktivasi.
2. Menentukan kinerja katalis H-Zeolit dan  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H-Zeolit}$  berdasarkan keasaman dan konversi biodiesel hasil transesterifikasi.