

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi merupakan fondasi utama dalam menopang aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat modern. Hampir seluruh sektor strategis, mulai dari industri manufaktur, transportasi, pertanian, hingga rumah tangga, bergantung pada ketersediaan energi yang stabil dan berkelanjutan. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dunia dan percepatan industrialisasi, kebutuhan energi global terus mengalami peningkatan signifikan dari tahun ke tahun. Kondisi ini menimbulkan tekanan besar terhadap sumber energi konvensional yang selama ini masih didominasi oleh bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Ketergantungan yang tinggi terhadap sumber daya tak terbarukan tersebut menimbulkan dua persoalan utama, yakni keterbatasan cadangan yang semakin menipis dan dampak lingkungan berupa peningkatan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global (*International Energy Agency, 2023; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023*).

Indonesia sebagai negara berkembang juga menghadapi tantangan serupa. Kebutuhan energi nasional terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Sementara itu, produksi minyak bumi domestik cenderung menurun sehingga ketergantungan terhadap impor bahan bakar minyak semakin besar. Kondisi ini mendorong pemerintah untuk mempercepat pengembangan energi baru dan terbarukan sebagai bagian dari strategi diversifikasi energi nasional. Salah satu bentuk energi terbarukan yang dinilai potensial untuk menggantikan sebagian konsumsi solar adalah

biodiesel, yang telah diimplementasikan melalui program pencampuran biodiesel dalam bahan bakar diesel, seperti program B30 dan B35 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang tersusun atas ester metil asam lemak (*Fatty Acid Methyl Ester/FAME*) yang dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek, umumnya metanol. Dibandingkan dengan solar konvensional, biodiesel memiliki beberapa keunggulan, antara lain bersifat *biodegradable*, tidak beracun, mengandung sulfur yang sangat rendah, serta memiliki titik nyala yang lebih tinggi sehingga relatif lebih aman dalam proses penyimpanan dan distribusi (Knothe & Van Gerpen, 2015).

Selain itu, penggunaan biodiesel dapat menurunkan emisi karbon monoksida, partikulat, dan hidrokarbon tak terbakar, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan. Minyak goreng baru merupakan minyak nabati segar yang belum mengalami proses penggorengan berulang sehingga kandungan asam lemaknya masih stabil dan bebas dari senyawa degradasi termal maupun oksidatif. Sifat ini membuat minyak goreng baru lebih konsisten, sehingga proses produksi biodiesel menjadi lebih efisien dan hasil biodiesel memiliki kualitas yang lebih baik. Dengan memanfaatkan minyak goreng baru, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan produksi biodiesel menggunakan katalis dari bonggol jagung yang dikalsinasi.

Data statistik menunjukkan bahwa konsumsi minyak goreng di Indonesia tergolong tinggi dan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Tingginya konsumsi ini menunjukkan ketersediaan minyak goreng baru dalam jumlah besar, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif untuk produksi biodiesel. Pemanfaatan minyak goreng baru untuk biodiesel tidak hanya memberikan nilai tambah

ekonomi, tetapi juga mendukung diversifikasi sumber energi dan pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

Meskipun minyak goreng baru memiliki kualitas lebih stabil dibandingkan minyak bekas, produksi biodiesel dari minyak ini tetap menghadapi sejumlah tantangan teknis. Kandungan asam lemak bebas (ALB) meskipun rendah, tetap dapat mempengaruhi efisiensi reaksi transesterifikasi apabila tidak ditangani dengan tepat. Selain itu, faktor seperti suhu, rasio alkohol terhadap minyak, dan pemilihan katalis yang efektif menjadi penentu utama dalam mencapai rendemen biodiesel yang optimal. Oleh karena itu, pengembangan katalis dari bahan lokal, seperti bonggol jagung yang dikalsinasi, menjadi faktor kunci dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas proses produksi biodiesel dari minyak goreng baru.

Secara umum, proses transesterifikasi biodiesel banyak menggunakan katalis homogen seperti Natrium Hidroksida (NaOH) atau Kalium Hidroksida (KOH). Meskipun memiliki aktivitas katalitik yang tinggi dan waktu reaksi relatif cepat, katalis homogen memiliki beberapa kelemahan, antara lain sulit dipisahkan dari produk, berpotensi menyebabkan korosi pada peralatan, serta menghasilkan limbah cair yang memerlukan proses pengolahan tambahan (Leung, Wu, & Leung, 2010).

Permasalahan ini mendorong berkembangnya penelitian mengenai penggunaan katalis heterogen (padat) yang lebih mudah dipisahkan, dapat digunakan kembali, dan lebih ramah lingkungan. Katalis heterogen berbasis biomassa menjadi salah satu alternatif yang menarik karena memanfaatkan limbah pertanian yang melimpah dan berbiaya rendah. Salah satu limbah pertanian yang potensial adalah bonggol atau tongkol jagung. Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan limbah tongkol jagung dalam jumlah besar setiap musim

panen. Limbah ini umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan seringkali hanya dibakar atau dibuang. Padahal, melalui proses pembakaran dan kalsinasi, bonggol jagung dapat menghasilkan abu yang mengandung senyawa basa seperti Kalium Oksida (K_2O) dan Kalsium Oksida (CaO) yang berpotensi berperan sebagai katalis (Tan *et al.*, 2019).

Proses kalsinasi pada suhu tertentu dapat meningkatkan aktivitas katalitik abu bonggol jagung dengan cara mengubah senyawa karbonat menjadi oksida basa yang lebih reaktif. Katalis heterogen hasil kalsinasi ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain mudah dipisahkan dari campuran reaksi, dapat digunakan kembali dalam beberapa siklus, serta mengurangi pembentukan limbah cair. Dengan demikian, pemanfaatan bonggol jagung sebagai katalis tidak hanya mendukung produksi biodiesel yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga meningkatkan nilai tambah limbah pertanian.

Penelitian Sinaga (2025) menunjukkan bahwa produksi biodiesel dari minyak jelantah menggunakan katalis heterogen berbasis biomassa dapat dilakukan dengan hasil yang cukup baik. Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada tahap produksi awal dan pembuktian aktivitas katalis.

Kajian mendalam mengenai kondisi optimum reaksi untuk memperoleh rendemen maksimum dan kualitas biodiesel yang memenuhi standar masih terbatas. Padahal, parameter proses seperti jumlah katalis, rasio molar metanol terhadap minyak, suhu reaksi, dan waktu reaksi sangat berpengaruh terhadap konversi trigliserida menjadi metil ester (Sinaga, 2025).

Studi lanjutan merupakan tahapan krusial dalam pengembangan teknologi karena berfungsi untuk memperdalam pemahaman dan

menyempurnakan temuan dari penelitian sebelumnya guna mencapai kinerja yang lebih efektif. Dalam konteks produksi biodiesel, studi lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi konsistensi rendemen (*yield*), meminimalkan pembentukan produk samping, serta memastikan karakteristik biodiesel tetap stabil sesuai dengan standar mutu yang berlaku. Tanpa adanya studi lanjutan yang mendalam, pengembangan proses produksi berisiko menghasilkan kualitas produk yang fluktuatif dan efisiensi yang belum maksimal.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan sebagai studi lanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai produksi biodiesel dari minyak goreng menggunakan katalis heterogen berbasis bonggol jagung yang telah dikalsinasi. Jika penelitian terdahulu telah membuktikan potensi katalis tersebut dalam aspek produksi dasar, penelitian ini memperluas cakupan analisis dengan mengevaluasi pengaruh variasi kondisi operasi secara lebih spesifik, seperti jumlah katalis dan rasio molar metanol terhadap minyak. Melalui studi lanjutan ini, diharapkan dapat dipetakan kondisi reaksi yang paling stabil untuk menghasilkan rendemen biodiesel tertinggi serta kualitas produk yang konsisten memenuhi standar industri.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah (massa) katalis bonggol jagung yang dikalsinasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari minyak goreng?
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel.
3. Apakah biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum telah memenuhi standar mutu biodiesel berdasarkan SNI yang berlaku?

C. Tujuan

1. Menganalisis pengaruh variasi jumlah (massa) katalis bonggol jagung yang dikalsinasi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan.
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel.
3. Mengevaluasi kesesuaian karakteristik biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum dengan standar mutu biodiesel berdasarkan SNI yang berlaku.

D. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya ilmu pengetahuan di bidang kimia terapan dan teknik kimia, khususnya terkait pengembangan katalis heterogen berbasis biomassa untuk produksi biodiesel. Memberikan kontribusi ilmiah terutama mengenai pengaruh variasi massa katalis dan waktu reaksi terhadap rendemen serta karakteristik biodiesel yang dihasilkan.