

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi nasional yang terus meningkat akibat pertumbuhan ekonomi, populasi, serta sektor industri dan transportasi menuntut pengembangan energi baru terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menjaga ketahanan energi nasional. Berdasarkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2024), konsumsi energi final per kapita meningkat dari 3,02 BOE pada 2017 menjadi 4,38 BOE pada 2023.

Salah satu solusi menjanjikan adalah produksi biodiesel melalui proses transesterifikasi minyak nabati dengan metanol menggunakan katalis basa. Namun, penggunaan katalis homogen seperti NaOH atau KOH masih menghadapi kendala seperti kesulitan pemisahan produk dan limbah berbahaya, sehingga mendorong perlunya inovasi dalam teknologi katalis yang lebih ramah lingkungan (Benitha et al., 2021; Pasae et al., 2020).

Seiring meningkatnya kepedulian terhadap prinsip kimia hijau, pengembangan katalis heterogen menjadi fokus utama. Katalis ini dinilai lebih ramah lingkungan karena dapat digunakan ulang dan tidak memerlukan proses pemurnian kompleks (Ponnumamy et al., 2024). Beberapa katalis heterogen berbasis oksida logam seperti *nickel oxide* (Rozina et al., 2023), *strontium oxide* (Prokaew et al., 2022), dan *calcium oxide* (Davoodbasha et al., 2021) telah menunjukkan peningkatan aktivitas katalitik. Namun, tantangan berupa pelindian logam ke dalam media reaksi menyebabkan menurunnya stabilitas dan kualitas produk (Sádaba et al., 2015; Sharifi et al., 2025).

Berbagai penelitian mulai mengalihkan perhatian pada pengembangan fungsionalisasi katalis homogen menjadi heterogen dengan menggunakan beberapa penyangga katalis diantaranya SBA-15, MCM-41, alumina, dan zeolite (Morales Ramírez et al., 2016; Xie & Fan, 2014; Yaqoob et al., 2019; P. Zhang et al., 2020). Erwanto et al. (2025) juga melakukan penelitian polimer berbasis metakrilat berpori yang disintesis dari glisidil metakrilat dan trimetilolpropana trimetakrilat, namun

proses sintesisnya sering memerlukan bahan dan peralatan mahal serta kondisi khusus.

Akhir-akhir ini, kain polipropilena nonwoven semakin banyak dimanfaatkan sebagai penyangga katalis. Material ini memiliki sejumlah keunggulan, seperti kapasitas produksi yang tinggi, biaya yang relatif rendah, ketahanan terhadap asam dan basa, ketahanan terhadap abrasi, serta kekuatan mekanik yang baik (X. Q. Zhang et al., 2021). Keberhasilan penggunaannya sebagai penyangga katalis didukung oleh sifat oleofilik dan hidrofobiknya, serta struktur berserat dengan pori-pori kecil yang memungkinkan cairan mudah masuk dan tertahan setelah diserap. Karakteristik ini membedakannya dari kain tekstil konvensional (Alassod & Xu, 2021).

Sejalan dengan upaya tersebut, pengembangan katalis basa organik dilakukan dengan mengubah katalis homogen menjadi heterogen melalui grafting pada polipropilena nonwoven menggunakan radiasi gamma. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ueki et al. (2018), katalis berserat bertipe basa (alkali) yang mengandung ion OH^- disintesis melalui pencangkakan emulsi yang diinduksi radiasi terhadap 4-klorometilstirena pada kain polipropilena nonwoven (PE/PP) berlapis polietilena. Hasil pencangkakan tersebut kemudian diamina menggunakan trimetilamina dan selanjutnya diperlakukan dengan larutan NaOH untuk menghasilkan gugus hidroksida aktif pada permukaan serat. Pendekatan tersebut menunjukkan efektivitas metode grafting berbasis polimer berserat dalam mengimobilisasi gugus basa kuat pada substrat padat, sehingga meningkatkan kestabilan dan aktivitas katalis.

Maleki et al. (2022) juga melakukan penelitian dengan monomer glisidil metakrilat (GMA) yang digrafting ke polipropilena nonwoven, lalu dimodifikasi dengan beberapa basa organik: dietilamina, trietilamina, tripropilamina, tributilamina, dan etanolamina. Setelah proses aminasi, kemudian dimodifikasi lebih lanjut menggunakan larutan NaOH untuk meningkatkan jumlah gugus aktif pada permukaan katalis dan memperkuat ikatan antara polimer hasil grafting. Dari semua varian, dietilamina memberikan rendemen biodiesel tertinggi dari minyak sawit, yaitu 92,6%. Dietilamina menunjukkan performa terbaik sebagai katalis, akan tetapi jika kita melihat kekuatan pK_a katalis basa organik pada penelitian

tersebut, turunan basa organik memiliki kekuatan basa sedang yaitu dibawah 11 (Mariano E al., 2016). Hal ini membatasi kemampuan mereka dalam menyediakan spesies basa aktif secara optimal. Sebaliknya, cairan ionik memiliki pKa 13 hingga 14, menunjukkan kekuatan basa yang jauh lebih tinggi (Dhekane et al., 2024; Satti et al., 2023).

Turunan cairan ionik yang bersifat basa diantaranya 1-butyl-3-metylimidazolium hidroksida [Bmim][OH], tetrametilamonium hidroksida (TMAH), kolin hidroksida (ChOH) memiliki kekuatan basa kuat dan pernah digunakan sebagai katalis homogen untuk reaksi transesterifikasi dengan hasil yang optimal. Sebelumnya, telah dilakukan riset konversi biodiesel menggunakan katalis 1-butyl-3-metylimidazolium hidroksida [Bmim][OH] oleh A. Zhang et al. (2020) dari proses transesterifikasi menunjukkan hasil optimal pada kondisi penggunaan katalis sebesar 1% dari berat minyak, rasio molar alkohol terhadap minyak 6:1, suhu reaksi 40°C, waktu reaksi selama 50 menit, dengan tingkat konversi biodiesel yang mencapai lebih dari 95%. Šánek et al. (2016) juga melakukan riset dengan kondisi reaksi ditetapkan pada: 1,5% b/b tetrametilamonium hidroksida (TMAH), suhu reaksi 65 °C, rasio molar bahan baku terhadap metanol 1:6, dan waktu reaksi 120 menit. Konversi trigliserida menjadi FAME 98%. Bagitupun riset yang dilakukan oleh Lima et al. (2022) menggunakan katalis kolin hidroksida (ChOH) yang menghasilkan biodiesel dan menunjukkan kandungan hasil tinggi sebesar 95% hanya dalam waktu 30 menit, pada suhu 65 °C, dengan rasio molar minyak/metanol sebesar 1:10 dan beban katalis sebesar 2 wt%.

Dari ketiga pelarut ionik yang telah dikembangkan sebagai katalis untuk produksi *biodiesel*, tetrametil ammonium hidroksida (TMAH) merupakan jenis cairan ionik yang mampu menghasilkan biodiesel *yields* di atas standar mutu biodiesel (98%). Oleh karena itu, pada penelitian ini, TMAH dimanfaatkan sebagai katalis basa kuat yang difungsionalisasi ke dalam bentuk heterogen melalui polipropilena nonwoven yang sudah di grafting menggunakan monomer glisidil metakrilat (GMA) sebagai agen pengikat. Pendekatan ini tidak hanya mempertahankan aktivitas katalitik tinggi dari TMAH, tetapi juga menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan katalis homogen karena memudahkan pemisahan, dan dapat digunakan ulang.

Selain itu, penggunaan polipropilena nonwoven sebagai media pendukung dinilai lebih hemat biaya, mudah diperoleh, dan stabil secara mekanik maupun termal. Kombinasi TMAH dan polipropilena nonwoven-GMA menghasilkan sistem katalis yang kuat, stabil, serta mendukung prinsip kimia hijau, sehingga berpotensi menjadi alternatif katalis yang efisien, hemat biaya, dan berkelanjutan untuk produksi biodiesel.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara melakukan proses grafting, aminasi dan modifikasi TMAH pada polipropilena nonwoven-GMA?
2. Bagaimana ukuran volume dan gugus fungsi dari polipropilena nonwoven-GMA yang telah diaminasi dan dimodifikasi dengan TMAH menggunakan *Brunauer Emmett Teller* (BET) dan diidentifikasi melalui analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)?
3. Bagaimana kemampuan katalis PP-GMA-Dea-TMAH dan PP-GMA-TMA untuk reaksi transesterifikasi?

1.3 Tujuan Riset

1. Menjelaskan metode dan tahapan proses grafting pada substrat polipropilena nonwoven-GMA yang telah diaminasi dan dimodifikasi dengan TMAH .
2. Menganalisis karakteristik ukuran volume dan gugus fungsi dari katalis yang telah diaminasi dan dimodifikasi TMAH pada polipropilena nonwoven-GMA melalui *Brunauer Emmett Teller* (BET) dan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR), untuk mengonfirmasi keberhasilan aminase dan modifikasi kimia.
3. Untuk mengetahui seberapa baik katalis PP-GMA-Dea-TMAH dan PP-GMA-TMA dalam reaksi transesterifikasi, serta seberapa kinerja katalis tersebut menghasilkan biodiesel.