

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan penggunaan energi yang bersumber dari bahan bakar fosil semakin meningkat seiring perkembangan zaman dan teknologi yang semakin maju. Minyak bumi sebagai bahan bakar fosil membutuhkan waktu yang lama untuk dapat memperbarui ketersediaannya di alam semakin berkurang sehingga diperlukan sumber energi alternatif terbarukan. Salah satu sumber energi baru dan terbarukan yang dikembangkan adalah biodiesel (Yulvianti et al., 2016). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan (*renewable*) berupa bahan bakar yang dihasilkan dari sumber-sumber nabati atau hewani yang dapat diperbarui. Biodiesel yang memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar solar dan pemfaatan sebagai potensi energi listrik yang didukung penelitian yang dilakukan oleh Afandi (2023) membahas mengenai potensi energi listrik dari biodiesel dengan menggunakan bahan baku biji karet melalui reaksi transesterifikasi non-katalis. Biodiesel memiliki keuntungan seperti dapat menambah ketahanan mesin, sebagai pelumas, mengurangi frekuensi pergantian mesin, sifat emisi yang rendah dan mengandung oksigen sekitar 10-11%. Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM untuk mesin diesel dalam bentuk B100 atau campuran dengan solar pada tingkat kosentrasi tertentu, seperti 10% biodiesel dicampur dengan 90% solar yang di kenal B10 (Suleman, N., & Paputungan, 2019) oleh sebab itu salah satu sumber bahan baku pembuatan Biodiesel yang dikembangkan saat ini adalah dari Minyak Kelapa Sawit.

Kemajuan industri kelapa sawit di Indonesia berkembang secara signifikan setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023, produksi *Crude Palm Oil* (CPO) mengalami peningkatan sebesar 46,98 juta ton dari tahun sebelumnya. Minyak kelapa sawit tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O. Minyak sawit mengandung asam lemak dalam jumlah cukup banyak dan asam lemak tersebut berikatan dengan gliserol membentuk trigliserida (Sinaga et al., 2018). Dalam meningkatkan nilai jual pada CPO diantaranya diolah sebagai ester melalui

proses esterifikasi. CPO mengandung asam lemak bebas yang relatif tinggi berkisar 3-5%. Pada pembuatan biodiesel yang menggunakan CPO diperlukan tahapan esterifikasi. Tahapan esterifikasi bertujuan untuk menurunkan asam lemak bebas karena produksi biodiesel asam lemak bebasnya harus kecil dari 2% (Kurniasih, 2013). Tahap esterifikasi memerlukan katalis asam seperti H_2SO_4 dalam reaksinya (Devi, 2015). Pada dasarnya, proses esterifikasi merupakan reaksi antara asam lemak dari minyak sawit dengan etanol pada suhu rendah dan tekanan atmosfer dibantu dengan katalis untuk mempercepat jalannya reaksi (Didi et al., 2003). Sintesis biodiesel secara konvensional umumnya dilakukan dengan bantuan katalis basa homogen, seperti NaOH dan KOH. Penggunaan katalis homogen akan membantu reaksi pembentukan biodiesel secara efektif jika minyak nabati yang digunakan memiliki kadar asam lemak bebas kurang dari 1% dan kadar air kurang dari 0,5%. Jika kadar asam lemak bebas dan kadar air melebihi batas maksimal tersebut, penggunaan katalis basa homogen cenderung tidak menguntungkan. Permasalahan utama yang timbul adalah terjadinya reaksi penyabunan antara basa dengan asam lemak bebas yang telah terdapat di dalam minyak yang terbentuk akibat reaksi hidrolisis (Mat et al., 2012). Untuk mengatasi permasalahan dari kekurangan-kekurangan katalis homogen tersebut adalah dengan penggunaan katalis heterogen (Haryono, 2017). Oleh sebab itu, saat ini dikembangkan pembuatan biodiesel yang menggunakan katalis heterogen seperti penelitian yang dilakukan oleh Ulfia (2022) menunjukkan bahwa penggunaan katalis heterogen berbasis Zeolit Alam mendapatkan hasil yang cukup baik dilihat dari persentase konversi atau nilai yield dengan metode transesterifikasi terhadap beberapa jenis minyak, dan didukung oleh penelitian Wardana, D. (2023) menunjukkan bahwa pengolahan biodiesel dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) melalui reaksi esterifikasi dapat berlangsung dalam reaktor semi-kontinu menggunakan katalis amberlite dalam resin penukar ion.

Dalam pengolahan biodiesel yang menggunakan katalis asam homogen konvensional seperti asam mineral menunjukkan sifat yang kuat, beracun, dan korosif, yang memerlukan penanganan ekstra karena sifat korosifnya terhadap wadah penyimpanan. Salah satu jenis katalis heterogen yang umum digunakan adalah resin penukar ion. Resin penukar ion memiliki kelebihan dibandingkan

katalis berbasis ion H⁺ karena stabilitas dan efisiensi katalisisnya yang lebih tinggi (Shibasaki et al., 2015). Resin penukar ion bersifat lebih tahan terhadap pengotor dalam bahan baku seperti air dan asam lemak bebas pada katalis berbasis ion H⁺ (Mukhtar, A., et al., 2022). Selain itu, resin penukar ion dapat beroperasi pada suhu yang lebih rendah dengan aktivitas yang tetap tinggi, sehingga mengurangi konsumsi energi selama proses transesterifikasi (Dossin et al., 2006). Oleh sebab itu, diperlukannya katalis yang dapat digunakan dalam penerapan resin penukar ion khususnya berbasis *Polystyrene* dan *Divinylbenzene* sebagai katalis asam heterogen. Katalis heterogen memiliki beberapa keunggulan dibandingkan katalis homogen, seperti pemisahan yang sederhana, kemampuan daur ulang, dan penggunaan kembali. Selain itu, katalis padat ramah lingkungan, kurang beracun, memiliki korosi minimal dan mengurangi konsumsi energi. Dengan demikian, katalis padat memberikan jalur yang efisien dan ekonomis untuk produksi biodiesel. Oleh karena itu, dalam beberapa tahun terakhir, katalis heterogen telah menarik perhatian besar dalam produksi biodiesel, karena katalis tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik, dan mudah diperoleh kembali serta digunakan kembali untuk beberapa siklus reaksi katalitik, sehingga berpotensi menurunkan tenaga kerja dan biaya biodiesel (Changmai et al, 2020). Penelitian lain yang menggunakan Katalis heterogen penukar ion adalah Shibasaki et al., (2015) bahwa untuk menghasilkan biodiesel secara kontinu yang memenuhi spesifikasi internasional dari asam lemak bebas tinggi (FFA >95%). Pengaruh aplikasi katalis dalam pembuatan biodiesel terhadap: (a) Kenaikan suhu, dimana meningkatnya suhu reaksi akan meningkatkan energi kinetik dari reaktan sehingga akan meningkatkan jumlah minyak yang terkonversi menjadi biodiesel, maka semakin besar minyak yang terkonversi menjadi biodiesel berarti biodiesel yang dihasilkan semakin banyak sehingga yield biodiesel juga meningkat; (b) Konsentrasi katalis, dimana semakin besar konsentrasi katalis dalam larutan, maka energi aktivasi suatu reaksi semakin kecil, sehingga produk akan semakin banyak terbentuk, meningkatnya konsentrasi katalis meyebabkan meningkatnya yield biodisel; dan (c) Waktu, dimana semakin tinggi waktu reaksi maka rendemen biodiesel yang diperoleh (Prihanto, 2018). PS-DVB merupakan salah satu jenis resin penukar ion yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel.

Perkembangan resin penukar ion *Polystyrene Divinylbenzene* (PS-DVB) mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan sebagai penukar ion karena mempunyai kapasitas penukaran yang baik, selektivitas/afinitas terhadap jenis kation/anion yang berbeda, ukuran partikel dengan ukuran tertentu, kestabilan resin tinggi pada berbagai pH, kestabilan fisik yang cukup bila diperlukan tekanan tinggi, laju pertukaran yang cepat, dan limbah yang dihasilkan relatif kecil (Biyantoro et al., 2006). Resin penukar ion adalah polimer yang berikatan dengan gugus fungsional yang mengandung ion yang dapat dipertukarkan (Zainudin et al., 2015). Polimer yang diaplikasikan sebagai resin penukar ion harus memiliki gugus aktif pada rantai polimernya, seperti gugus –OH, -COOH, - SO₃H, dan R₃NH (Sinaga et al., 2018). Penukar ion yang paling penting dan banyak digunakan adalah suatu resin yang merupakan polimer-polimer organik dengan gugus-gugus ionogenik yang hidrofilik diikutsertakan di dalamnya (Chaudhary et al., 2019). Resin organik yang banyak digunakan adalah resin *Polystyrene Divinylbenzene* (PS-DVB), suatu resin penukar ion yang mempunyai ikatan silang (*cross linking*) dan mempunyai sifat-sifat yang hampir ideal sebagai resin penukar ion (Biyantoro et al., 2006). Penelitian Handayani (2004) dilakukan bahwa peningkatan kualitas resin dengan penambahan zat aditif benzena divinil (DVB) berfungsi untuk menyambungsilangkan polimer sehingga, terbentuk kopoly(eugenol-(DVB)). Resin penukar ion ini dapat berfungsi sebagai katalis asam padat Brønsted dan/atau Lewis, serta dapat dengan mudah dipisahkan kembali melalui proses ekstraksi yang sederhana. Dalam resin penukar ion, interaksi antar spesi material bervariasi dari ikatan kovalen hingga non-kovalen, terutama didorong oleh karakteristik ionik dan afinitas kimia elektrostatik. Bahan ini cukup stabil, berbiaya rendah, dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Teknik standar untuk membuat polimer berikatan silang seperti poli(stirena-ko-divinilbenzena) terjadi melalui pengenceran monomer sebelum polimerisasi dengan pelarut yang dapat larut (Hanková et al., 2015). Resin penukar ion merupakan bahan kimia yang penting, dimana derajat ikatan silang merupakan parameter penting dari struktur jaringan spasial, yang mencerminkan kekencangan dan derajat ikatan silang dari struktur ikatan silang pada resin. Derajat ikatan silang mempunyai pengaruh penting terhadap kinerja resin penukar ion. Derajat ikatan silang mengacu pada persentase massa divinilbenzena (umumnya

dikenal sebagai “zat pengikat silang”) yang terkandung dalam resin stirena, yang merupakan salah satu sifat penting dari resin etilen (Hidayani et., 2022). Dalam proses ikatan silang, diketahui bahwa persen berat DVB yang ditambahkan bergantung atas molekulernya. Pengaruh massa DVB pada sifat kopolimer dipelajari berdasarkan pada berat molekul, stabilitas termal, morfologi permukaan dan derajat pembengkakan kopolimer yang dihasilkan. Selain itu, semakin besar DVB yang digunakan maka ketahanan termal polimer yang diperoleh semakin baik, hal ini kemungkinan disebabkan oleh semakin tingginya jumlah DVB yang menyebabkan semakin besarnya ikatan silang polimer jaringan untuk meningkatkan ketahanan termal ikatan polimer. Hal ini di dukung penelitian yang dilakukan oleh Hongyan, dkk., (2009) bahwa struktur ikatan silang yang tinggi dan stabilitas termal meningkat melalui polimerisasi seiring dengan meningkatnya konsentrasi DVB. Nilai derajat pembengkakannya juga dipengaruhi oleh banyaknya pengikat silang yang digunakan, yang membuat bahan polimer menjadi lebih sulit untuk diperluas. Namun, pengaruh persentase berat DVB tidak terlihat pada morfologi kopolimer (Prasetya et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Holboke (1989) memanfaatkan polistirena yang disulfonasi sebagai resin penukar ion; Van der Maarel (1996) mempelajari penggunaan poli (stirena sulfonat) yang disambungsilangkan dengan *Divinilbenzena* (DVB) sebagai resin penukar ion; Handayani dan Kusumaningsih (2007) melakukan Sintesis Kopoli (Anetol-DVB) Sulfonat Sebagai Bahan Alternatif Resin Penukar Kation; de Aguiar (2017) juga telah mensintesis Poli tersulfonasi (divinilbenzena) dan poli (stirena-divinilbenzena) sebagai katalis untuk esterifikasi asam lemak; serta Reis (2022) dimana penggunaan mikropartikel poli(stirena-ko-divinilbenzena) yang dimodifikasi melalui penambahan magnetit dengan pelapisan asam oleat. Asam oleat adalah asam lemak tak jenuh tunggal dengan struktur rantai karbon yang stabil dan reaktif. Produksi katalis menggunakan asam oleat pada produksi biodiesel memiliki potensi yang cukup besar untuk menghasilkan katalis heterogen yang lebih efisien, ramah lingkungan, kestabilan termal yang baik, sifat hidrofilik rendah yang meminimalkan pengaruh air dalam reaksi, dan kemampuan untuk digunakan kembali setelah proses regenerasi (Yin et al., 2020). Asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$) merupakan asam lemak tak

jenuh tunggal dengan ikatan rangkap lebih reaktif dalam reaksi esterifikasi atau transesterifikasi dibandingkan dengan asam lemak jenuh. Reaksi ini melibatkan interaksi antara asam oleat dan alkohol (biasanya metanol atau etanol) untuk menghasilkan ester metil atau etil, yang dikenal sebagai biodiesel (Rashid et all., 2008).

Berdasarkan referensi penelitian-penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini akan dilakukan **“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Resin Berbasis Polystyrene Divinylbenzene Sulfonat (PS-DVB-S) dan Uji Aktivitasnya dalam Produksi Biodiesel dari Asam Oleat”** untuk optimasi proses dalam pembuatan PS-DVB-S. Sementara untuk aplikasi sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel dari asam oleat. Optimasi proses dilakukan terhadap variabel suhu, konsentrasi katalis dan waktu reaksi. Maka dalam penelitian ini akan diperoleh katalis yang memiliki karakter yang sesuai, yield dan mutu biodiesel yang memenuhi standar SNI.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Potensi *Polystyrene* menjadi katalis yang disilangkan dengan DVB-S yang memiliki sifat-sifat sebagai resin penukar ion terhadap derajat ikatan silang (*cross linking*) dimana semakin tingginya jumlah DVB yang menyebabkan semakin besarnya ikatan silang polimer jaringan untuk meningkatkan ketahanan termal ikatan polimer
- 2) Pengaruh aplikasi katalis dalam pembuatan biodiesel terhadap: (a) Kenaikan suhu, dimana meningkatnya suhu reaksi akan meningkatkan energi kinetik dari reaktan sehingga akan meningkatkan jumlah minyak yang terkonversi menjadi biodiesel, maka semakin besar minyak yang terkonversi menjadi biodiesel berarti biodiesel yang dihasilkan semakin banyak sehingga yield biodiesel juga meningkat; (b) Konsentrasi katalis, dimana semakin besar konsentrasi katalis dalam larutan, maka energi aktivasi suatu reaksi semakin kecil, sehingga produk akan semakin banyak terbentuk, meningkatnya konsentrasi katalis menyebabkan meningkatnya yield biodisel; dan (c) Waktu, dimana

semakin tinggi waktu reaksi maka rendemen biodiesel yang diperoleh (Prihanto, 2018).

1.3 Batasan Masalah

Penelitian dibatasi pada batasan masalah yaitu:

- 1) Katalis Resin Penukar ion dilakukan dengan reaksi polimerasi yang terbentuk dari Fase Organik dan Fase Air
- 2) Proses Sulfonasi dilakukan dengan menggunakan reaktor didalam labu leher tiga direfluks pada suhu 75°C selama 1 jam sehingga memperoleh PS-DVB-S
- 3) Optimasi pembuatan biodiesel dari asam oleat menggunakan katalis PS-DVB-S dengan reaktor pada suhu 75 °C, selama 2 jam
- 4) Karakterisasi katalis menggunakan Analis Termal menggunakan FTIR dan TGA.
- 5) Analisa produk biodiesel menggunakan GC.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana metode sintesis Resin berbasis PS-DVB-Sulfonat dari katalis dalam pembuatan biodiesel menggunakan Asam Oleat?
- 2) Bagaimana karakterisasi Resin PS-DVB-Sulfonat untuk katalis dalam pembuatan biodiesel menggunakan Asam Oleat?
- 3) Bagaimana aktivitas katalis Resin PS-DVB-Sulfonat dalam pembuatan biodiesel menggunakan Asam Oleat?
- 4) Bagaimana mutu produk biodiesel yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi minyak kelapa sawit menggunakan Asam Oleat dengan Katalis Resin PS-DVB-Sulfonat?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mengetahui metode sintesis Resin berbasis PS-DVB-Sulfonat dari katalis dalam pembuatan biodiesel menggunakan Asam Oleat,
- 2) Untuk mengetahui karakterisasi Resin PS-DVB-Sulfonat untuk katalis dalam pembuatan biodiesel menggunakan Asam Oleat,
- 3) Untuk mengetahui aktivitas katalis Resin PS-DVB-Sulfonat dalam pembuatan biodiesel menggunakan Asam Oleat.
- 4) Untuk mengetahui mutu produk biodiesel yang dihasilkan dari reaksi esterifikasi minyak kelapa sawit menggunakan Asam Oleat dengan Katalis Resin PS-DVB-Sulfonat.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat secara teoritis maupun praktis. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi ilmiah terkait perkembangan resin penukar ion berbasis *polystyrene-divinylbenzene* tersulfonasi (PS-DVB-S) sebagai katalis heterogen dalam proses esterifikasi dalam konversi kandungan senyawa lemak pada minyak kelapa sawit. Sedangkan manfaat praktis dari penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mendapatkan katalis resin penukar ion yang baik dan memiliki efektivitas dan selektivitas yang tinggi dalam pembuatan Biodiesel dari Asam Oleat.
- 2) Untuk meningkatkan kualitas biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan resin penukar ion khususnya berbasis polystyrene dan divinylbenzene sebagai katalis asam heterogen.