

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan energi terbarukan terus meningkat seiring perkembangan zaman. Minyak bumi sebagai bahan bakar fosil memerlukan waktu yang lama untuk diperbaharui dan semakin menipis ketersediaannya di alam, sehingga diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Salah satu sumber utama yang dapat digunakan adalah minyak kelapa sawit dengan mengubahnya menjadi biodiesel.

Biodiesel dapat diproduksi melalui reaksi esterifikasi asam lemak dengan metanol membentuk metil ester dan air sebagai produk sampingan. Reaksi esterifikasi pada umumnya berlangsung dalam suasana asam sehingga dibutuhkan katalis asam seperti H_2SO_4 , H_3PO_4 , dan asam sulfonat. Karena reaksinya bersifat reversibel, pada prosesnya metanol selalu diberikan dalam jumlah yang berlebihan dan air yang terbentuk selama proses berlangsung sebaiknya dipisahkan (Vieville et al, 1993). Hal ini dikarenakan keberadaan air mampu menekan reaksi balik ke arah produk yang pada akhirnya menurunkan kuantitas dan kualitas produk (Park et al, 2010). Untuk mewujudkan kondisi reaksi yang lancar dapat dilakukan inovasi berupa penggunaan adsorben tertentu selama proses reaksi. Sedangkan langkah lain yang dapat dilakukan adalah merencanakan sistem reaksi atau reaktor untuk dapat langsung memisahkan air secara kontinu selama proses reaksi (Lucena et al, 2011).

Meskipun datang sebagai sebuah solusi alternatif, nyatanya harga biodiesel relatif tinggi karena harga bahan baku yang mahal. Hal ini dikarenakan bahan bakunya yang berasal dari *edible oil* (minyak konsumsi pangan) sehingga untuk menekan harga diperlukan bahan lain yang pemakaiannya tidak bersaing dengan kebutuhan pangan manusia dan bernilai ekonomis. Walaupun beberapa telah penelitian berusaha menggunakan bahan baku pengganti yang berasal biji-bijian seperti biji karet (Pulungan et al, 2021, Nasution et al, 2019), biji kedelai (Colombo et al, 2019), biji bunga matahari (Porte et al, 2010) dan lemak hewan (Encinar et al, 2011), langkah ini masih tergolong belum efektif karena kuantitas produk akhir yang dihasilkan tetap tidak mampu melampaui biodiesel yang

berasal dari kelapa sawit. Hal ini karena keberadaan bahan baku yang lebih sulit didapatkan dan memerlukan proses produksi yang lebih panjang dibandingkan dengan produksi biodiesel konvensional.

Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) datang sebagai sebuah solusi, dimana PFAD merupakan limbah sampingan dari proses pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO) yang tersedia secara melimpah, dengan kandungan asam palmitat, asam oleat, dan asam linoleat yang tinggi sehingga sangat memungkinkan untuk dikonversi menjadi biodiesel (Kurniawan dkk, 2020). Pada proses pemurnian CPO, secara keseluruhan akan dihasilkan 73% olein, 21% stearin, serta 5-6% PFAD (Chongkhong, 2007). Olein sendiri merupakan bahan baku pembuatan minyak goreng dan stearin digunakan untuk memproduksi sabun, deterjen, margarin serta shortening, sedangkan PFAD masih minim pemanfaatannya dikarenakan sifatnya yang beracun untuk diolah menjadi produk pangan (Prihandana dkk, 2006).

Disisi lain, nyatanya di dunia industri sendiri terdapat beberapa tantangan lain dalam memproduksi biodiesel. Disamping biaya bahan baku yang mahal, ternyata biaya pemrosesan juga relatif tinggi dikarenakan tingginya tingkat korosi pada peralatan plant produksi yang diakibatkan oleh penggunaan katalis homogen berupa asam kuat seperti asam sulfat. Selain itu katalis homogen juga memiliki kekurangan yaitu sifatnya yang beracun dan sulit dipisahkan dari substrat setelah proses esterifikasi selesai, sehingga dalam proses pembuatan biodiesel dapat digunakan katalis heterogen seperti zeolit (Sihombing et al, 2018) ataupun resin penukar ion (Chiminienti et all, 2001). Jenis katalis heterogen lebih disukai secara luas dibandingkan katalis homogen karena lebih mudah dipisahkan dan digunakan kembali (Hutagaol et al, 2020).

Amberlite merupakan salah satu katalis heterogen yang termasuk dalam resin penukar ion yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan katalis homogen. Katalis ini merupakan senyawa hidrokarbon yang terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi dengan membentuk ikatan silang (*cross-linking*) sehingga sukar larut dan memiliki ketersediaan gugus ion yang dapat dipertukarkan dengan larutan selama proses katalisisnya (Lestari et all, 2000). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa amberlite merupakan katalis

yang efektif dalam proses esterifikasi asam lemak maupun dalam proses (trans)esterifikasi minyak (Reis et al, 2005,. Sibasaki-Kitakawa et al, 2007,. Xia et al, 2012).

Meskipun dapat digunakan secara berulang-ulang, ternyata amberlite tetap memiliki kekurangan yaitu terjadinya penurunan aktifitas katalitiknya dalam proses esterifikasi. Beberapa hal yang dapat menyebabkannya yaitu kondisi resin amberlite sendiri yang sudah jenuh karena jumlah gugus aktif yang tersedia untuk pertukaran ion telah habis dipertukarkan (Lestari et all, 2000). Selain itu penurunan aktifitas katalis dapat diaktibatkan oleh adanya pengotor (*fouling*). Pengotor mampu mendeaktivasi katalis dengan meracuni situs-situs aktif ataupun menutup pori-pori katalis sehingga memperlambat proses pertukaran ion (Bartholomew, 2001). Hal ini menjadi penting untuk diteliti sehingga dapat diukur efisensi penggunaan berulang dari katalis amberlite dan bagaimana pengaruhnya terhadap produk sampai diputuskan untuk dilakukan lagi penggantian menggunakan katalis yang baru pada proses plant. Sejalan dengan penelitian Argyle dan Bartholomew (2015), ternyata masalah deaktivasi katalis seperti penurunan aktivitas katalitik atau penurunan selektivitas katalis merupakan salah satu masalah yang sedang mendapatkan perhatian di dalam dunia industri, dimana diperlukan jutaan dolar pertahun hanya untuk penghentian proses dan penggantian katalis. Oleh karena itu diperlukan kajian lebih dalam terhadap katalis amberlite dalam reaksi esterifikasi atau pembuatan biodiesel.

Penggunaan amberlite pada proses produksi biodiesel telah dilakukan oleh Shahid et al (2018) menggunakan substrat berupa asam asetat dan asam lemak oleat dengan etanol sebagai umpan. Proses dilakukan menggunakan reaktor batch. Hasil analisa menunjukkan bahwa yield yang diperoleh meningkat seiring kenaikan suhu, konsentrasi katalis, dan peningkatan rasio mol asam lemak terhadap alkohol. Panjang rantai karbon juga mempengaruhi yield kuantitas yield yang dihasilkan, dimana semakin pendek rantai karbon maka akan semakin tinggi yield yang diperoleh. Hal ini terlihat dari penggunaan asam asetat menghasilkan yield 67,1% sedangkan penggunaan asam oleat menghasilkan yield 41,6%. Selain itu Boz et al (2014) telah melakukan proses (trans)esterifikasi pada minyak jelantah dengan menggunakan reaktor batch (refluks). Variasi yang digunakan

adalah sebagai berikut : waktu reaksi (1 hingga 72 jam), suhu (25°C - 65°C), dengan konsentrasi katalis (1% - 9%). Hasil optimum yang diperoleh menunjukkan yield yang dihasilkan sebesar 78%, pada waktu reaksi 9 jam dan suhu 65°C , serta konsentrasi katalis 8%. Penelitian terkait penggunaan amberlite dalam reaksi esterifikasi juga telah dilakukan oleh Khan et al (2016), dengan mereaksikan asam oleat dengan etanol dalam reaktor kontinu. Suhu yang digunakan adalah 75°C dengan berat katalis 3 gram. Adapun parameter yang divariasikan adalah kecepatan alir (flow) metanol yang diumpungkan kedalam reaktor. Kecepatan aliran yang divariasikan yaitu 0,25, 0,5, dan 0,7 ml permenit. Dimana nilai konversi tertinggi diperoleh pada kecepatan aliran 0,25 ml permenit. Namun sejauh ini belum banyak penelitian yang melaporkan tentang ketahanan aktivitas katalis amberlite pada penggunaan berulang untuk proses esterifikasi. Selain itu kebanyakan penelitian terkait proses esterifikasi masih menggunakan reaktor batch jika dibandingkan dengan reaktor kontinu sehingga kuantitas yield yang dihasilkan masih belum mendekati hasil maksimal.

Sementara itu penggunaan PFAD sebagai substrat untuk proses esterifikasi menjadi biodiesel telah dilakukan oleh Masduki dkk (2013) dengan menggunakan katalis heterogen Zeolit-Zirkonia Tersulfasi dalam reaktor batch (refluks). Dimana konversi maksimum diperoleh pada waktu reaksi 80 menit, suhu reaksi 65°C , konsentrasi katalis 3%, dan perbandingan mol PFAD : metanol sebesar 1 : 10.

Selain terkait pemilihan katalis, permasalahan lain yang dihadapi di sektor industri adalah laju konversi produk yang lambat, salah satunya disebabkan oleh perbandingan metanol dan substrat yang kurang tepat. Pemberian metanol yang dalam jumlah yang kurang akan membuat reaksi berjalan lambat, sehingga produk yang dihasilkan akan sangat rendah. Namun jika metanol diberikan dalam jumlah yang berlebihan justru akan mampu mendeaktivasi katalis dengan mengarahkan reaksi ke arah reversibel sehingga akan menurunkan jumlah produk (Tshizanga, 2015).

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka penelitian ini akan memberdayakan PFAD sebagai salah satu sumber energi terbarukan, dimana dalam penelitian ini akan dilakukan proses esterifikasi PFAD menjadi biodiesel menggunakan katalis amberlite dengan sistem reaktor kontinu. Pada proses ini reaktan berupa

metanol akan ditambahkan secara terus menerus ke dalam reaktor dengan jumlah yang konstan selama proses esterifikasi berlangsung (Khan et al, 2016), selain itu air sebagai produk sampingan memungkinkan untuk langsung dipisahkan selama proses reaksi sehingga diharapkan akan menekan reaksi kearah produk dan menghasilkan yield yang tinggi. Dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi proses meliputi variasi rasio metanol dengan PFAD (yang dimodelkan melalui kecepatan laju aliran). Sementara itu untuk menguji ketahanan katalis maka akan dilakukan proses uji penggunaan katalis amberlite secara berulang pada kondisi optimum proses. Hal ini penting untuk melihat performa katalis (lifetime) dan produk biodiesel yang dihasilkan akan dibandingkan dengan standar mutu biodiesel Indonesia.

1.2. Identifikasi Masalah

1. Minyak bumi sebagai bahan bahan fosil memiliki ketersediaan yang terbatas sehingga diperlukan substitusi dari penggunaan bahan bakar alternatif, biodiesel datang sebagai solusi.
2. Proses pembuatan biodiesel tetap memiliki tantangan karena bahan bakunya yang kebanyakan berasal dari minyak konsumsi pangan (*edible oil*) sehingga diperlukan bahan baku alternatif kebutuhan pangan, PFAD merupakan bahan baku alternatif yang dapat dimanfaatkan karena tidak bersaing dengan kebutuhan pangan, harganya murah karena merupakan limbah dari proses pemurnian olein dan stearin.
3. Tantangan lain datang dari proses pengolahan biodiesel, penggunaan katalis asam kuat mampu membuat kerusakan pada peralatan proses plant. Selain itu penggantian katalis dalam proses industri pembuatan biodiesel memakan biaya yang sangat tinggi sehingga diperlukan solusi alternatif berupa penggunaan katalis yang tidak korosif, aman digunakan, dan harganya murah ataupun dapat digunakan berulang. Amberlite merupakan katalis heterogen yang berpotensi untuk digunakan karena sifatnya yang dapat digunakan berulang dan tidak korosif. Namun tetap perlu dikaji bagaimana efisiensi penggunaannya pada rasio metanol : PFAD tertentu dan penggunaan yang berulang sehingga ditemukan kondisi optimum.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian dibatasi pada variasi laju aliran dan penggunaan berulang katalis amberlite pada kondisi laju aliran maksimum.

1.4. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh kecepatan laju aliran terhadap laju konversi PFAD menjadi biodiesel menggunakan katalis amberlite.
2. Bagaimana pengaruh penggunaan katalis amberlite secara berulang terhadap laju konversi dan karakter katalis.
3. Bagaimana karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan dari kondisi optimum jika dibandingkan dengan standar mutu biodiesel Indonesia.

1.5. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh kecepatan laju aliran terhadap laju konversi PFAD menjadi biodiesel menggunakan katalis amberlite.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan katalis amberlite secara berulang terhadap laju konversi dan karakter katalis.
3. Mengetahui karakteristik produk biodiesel yang dihasilkan dari dari kondisi optimum jika dibandingkan dengan standar mutu biodiesel Indonesia.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang proses pembuatan biodiesel dari PFAD menggunakan katalis amberlite.
2. Memberikan informasi kepada industri dan pelaku usaha tentang pentingnya memilih katalis dengan performa dan kondisi reaksi yang efisien untuk memproduksi biodiesel.
3. Memberikan informasi secara umum tentang beberapa parameter yang perlu diperhatikan dan ditentukan untuk menghasilkan biodiesel dengan kualitas yang baik.