

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Bahan bakar berbasis minyak bumi merupakan sumber energi utama yang digunakan di seluruh dunia hingga sekarang. Dewasa ini kebutuhan akan bahan bakar semakin meningkat seiring dengan peningkatan populasi dan perkembangan teknologi, sementara cadangan minyak bumi semakin menipis karena sifatnya yang tidak terbarukan. Untuk mengatasi kebutuhan akan sumber energi yang terus meningkat, langkah yang terus dilakukan adalah pengembangan bahan bakar alternatif dan terbarukan, salah satunya adalah biodiesel (Pravitasari, 2009; Syani, 2014).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif dan terbarukan sehingga ketersediaannya terjamin. Di samping itu, biodiesel bersifat lebih ramah lingkungan, dapat terurai, memiliki sifat pelumasan yang baik terhadap piston mesin piston karena termasuk kelompok minyak tidak mengering, dan mampu mengurangi efek rumah kaca karena menghasilkan lebih sedikit gas CO<sub>2</sub> dibanding solar petrokimia. Kelebihan lainnya adalah biodiesel tidak mengandung sulfur, bilangan asap (*Smoke Number*) rendah, dan angka setana (*Cetana Number*) berkisar antara 57-62 sehingga efisiensi pembakaran lebih baik, dan dapat terbakar sempurna (Hambali, 2006).

Secara kimia, biodiesel adalah senyawa ester asam lemak yang terdapat dalam minyak nabati maupun lemak hewan. Umumnya biodiesel merupakan monoalkil ester yang dihasilkan dengan mengganti gugus gliserida menjadi alkil sederhana, terutama gugus metil atau etil, melalui reaksi antara minyak nabati dengan alkohol sederhana, yang secara umum dikenal sebagai transesterifikasi. Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari beragam tanaman, antara lain kacang kedelai (Yin *et al.*, 2014; Sun *et al.*, 2014), kelapa (Syani, 2014; Zanuttini *et al.*, 2014), kelapa sawit (Habibullah *et al.*, 2014; Rashid *et al.*, 2014), kapas (Athalye *et al.*, 2013; Jin-hua *et al.*, 2010), jarak pagar (Zhu *et al.*, 2006), dan bunga matahari (Granados *et al.*, 2007).

Minyak nabati tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel karena mengandung ester asam lemak yang dapat diubah menjadi monoalkil ester melalui reaksi transesterifikasi. Pada penelitian ini digunakan minyak kelapa sebagai bahan baku uji pembuatan biodiesel karena minyak kelapa melimpah di Indonesia. Selain itu, kandungan asam lemak terbesar dalam minyak kelapa adalah asam laurat yang memiliki rantai karbon yang lebih pendek sehingga pada reaksi transesterifikasi dapat berjalan lebih cepat dibandingkan dengan bahan baku lainnya yang mengandung asam lemak dengan rantai karbon yang lebih panjang.

Reaksi transesterifikasi antara minyak nabati dengan alkohol dengan menggunakan katalis akan menghasilkan biodiesel. Pada beberapa penelitian biasanya jenis alkohol yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah metanol karena memiliki berat molekul paling rendah sehingga bobot molekul

biodiesel juga paling rendah, lebih murah, dan lebih reaktif dibanding etanol (Prihandana dkk., 2006).

Dewasa ini salah satu fokus penelitian untuk produksi biodiesel adalah mencari katalis yang baik untuk proses pembuatan biodiesel. Secara tradisional, katalis yang sering digunakan dalam produksi biodiesel adalah katalis homogen berupa asam kuat misalnya  $H_2SO_4$  (Hayyan *et al.*, 2011),  $HNO_3$  (Su, 2013), dan  $HCl$  (Su, 2013), dan basa kuat misalnya  $NaOH$  (Rodriguez-Guerrero *et al.*, 2013) dan  $KOH$  (Baroutian *et al.*, 2010).

Katalis homogen merupakan katalis yang memiliki fasa yang sama dengan reaktan dan produk, sehingga pemisahan katalis dari produknya cukup rumit dan memerlukan pengolahan lanjut biodiesel yang dihasilkan (Herman and Zahrina, 2006). Selain itu, katalis homogen tersebut dapat bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun sehingga akan menurunkan rendemen biodiesel dan mempersulit proses pemurnian (Gozan *et al.*, 2007; Nasikin *et al.*, 2004).

Karena kekurangan katalis homogen, saat ini katalis heterogen menjadi salah satu fokus penelitian sebagai pengganti katalis homogen. Katalis heterogen merupakan katalis yang mempunyai fasa yang tidak sama dengan reaktan dan produk, sehingga dapat dipisahkan dengan mudah dan sederhana. Di samping itu, katalis heterogen tidak bersifat korosif, kestabilan termalnya relatif tinggi sehingga dapat digunakan untuk reaksi yang memerlukan suhu yang tinggi dan memungkinkan untuk digunakan ulang (Moffat, 1990; Frenzer and Maier, 2006).

Secara garis besar, katalis heterogen terdiri dari dua komponen utama yakni situs aktif dan penyangga. Situs aktif bertanggung jawab terhadap reaksi utama dan

berfungsi untuk mempercepat dan mengarahkan reaksi. Situs aktif merupakan logam-logam transisi yang memiliki orbital d kosong atau memiliki elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga membentuk ikatan baru dengan kekuatan ikatan tertentu (Campbell, 1998). Reaksi katalisis biasanya terjadi pada situs aktif permukaan katalis, sehingga semakin banyak situs aktif maka reaksi akan berjalan semakin baik.

Situs aktif yang dapat digunakan pada katalis adalah logam, seperti Fe (Kusworo dkk., 2013), Zn (Jitputti *et al.*, 2006; Xie *et al.*, 2007), Zr (Jitputti *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2007), Ti (Chen *et al.*, 2007) dan sebagainya. Akan tetapi logam tersebut dalam katalis belum umum digunakan dalam produksi biodiesel dikarenakan biaya katalis yang cukup tinggi (Refaat, 2011). Logam lainnya yang dapat digunakan sebagai situs aktif katalis salah satunya adalah oksida logam alkali tanah yang diketahui memiliki unjuk kerja baik dalam reaksi transesterifikasi dan juga biaya katalis yang cukup murah. Beberapa jenis oksida logam alkali tanah yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya adalah katalis CaO (Watcharathamrongkul *et al.*, 2010) yang menghasilkan rendemen biodiesel minyak kedelai hingga 96,3%, MgO (Nurjannah, 2014), dan SrO (Liu *et al.*, 2007) yang menghasilkan rendemen biodiesel minyak kedelai hingga 95%.

Berdasarkan unjuk kerjanya yang baik, dalam penelitian ini akan disintesis katalis heterogen dengan situs aktif oksida logam alkali tanah CaO. Penggunaan katalis CaO pada proses transesterifikasi telah banyak diteliti. Pada penelitian ini digunakan  $\text{CaCO}_3$  sebagai sumber CaO karena kalsium karbonat dapat diperoleh dengan mudah dan harganya yang murah. Penggunaan katalis CaO pada proses transesterifikasi juga memiliki keuntungan, seperti aktivitasnya yang tinggi,

kondisi reaksi yang ringan, waktu hidup katalis yang panjang, serta harga katalis yang cukup murah. Menurut Reddy *et al.* (2006) pada pembuatan biodiesel, nanokristalin CaO merupakan katalis yang efisien dengan hasil yang cukup tinggi pada suhu ruang.

Komponen lain penyusun katalis heterogen adalah penyangga atau *support* yang berfungsi untuk memberikan luas permukaan yang lebih besar bagi fasa aktif, memperbaiki kekuatan mekanik, serta meningkatkan stabilitas termal dan efektivitas katalis. Peran penyangga sangat penting dimana logam aktif didispersikan di permukaan penyangga. Penyangga harus tahan terhadap perubahan termal, sehingga seharusnya mempunyai titik leleh sedikit diatas komponen aktif. Beberapa contoh penyangga yang sering digunakan adalah  $\gamma$ -alumina (Wang and Liu, 1998), silika (Pandiangan dkk., 2009; Benvenuti and Gushikem, 1998; Yang *et al.*, 2006), dan zeolit (Syani, 2014; Breck, 1974). Keberadaan penyangga tersebut mempengaruhi sifat permukaan katalis yang dibuat dan menunjukkan aktivitas katalitik yang sangat berbeda.

Pada penelitian ini, silika sekam padi digunakan sebagai penyangga katalis. Sekam padi merupakan hasil samping pada penggilingan padi. Pada penggilingan padi biasanya diperoleh sekam padi sekitar 20-30% dari bobot gabah (Widowati, 2001). Menurut Sharma *et al.* (1984) pada sekam padi tersebut terdapat silika sekitar 22%. Karena kandungan silika pada sekam padi yang cukup banyak maka sekam padi dapat digunakan sebagai sumber silika yang akan digunakan sebagai penyangga pada penelitian ini. Silika sekam padi tersebut diekstraksi menggunakan larutan alkalis karena kelarutannya yang tinggi pada pelarut

tersebut, misalnya NaOH dan KOH (Kalaphathy *et al.*, 2000; Daifullah dkk., 2003; Pandiangan dkk., 2008; Suka dkk., 2008).

Katalis CaO/SiO<sub>2</sub> dipersiapkan dengan menggunakan metode sol gel. Metode ini digunakan karena metode ini memiliki keuntungan yaitu relatif mudah dilakukan, tidak memerlukan waktu yang lama (Sriyanti dan Taslimah, 2005), memiliki homogenitas yang tinggi (Petrovic *et al.*, 2001).

Selain ditentukan jenis situs aktif dan penyangga, unjuk kerja katalis heterogen juga ditentukan oleh komposisi katalis, dalam arti nisbah situs aktif terhadap penyangga. Atas dasar ini, dalam penelitian ini akan disintesis katalis dengan perbandingan antara Ca dan SiO<sub>2</sub> yang bervariasi, sehingga akan didapatkan komposisi katalis dengan unjuk kerja terbaik. Faktor penentu lainnya adalah suhu kalsinasi, yang diperlukan untuk mengubah CaCO<sub>3</sub> menjadi CaO. Dalam penelitian ini, katalis akan dikalsinasi pada suhu 600 °C. Pemilihan suhu ini didasarkan pada sifat silika yang masih berada dalam fasa amorf pada suhu di atas, sementara pada suhu yang lebih tinggi silika akan berubah menjadi fasa kristalin dan mengurangi efektifitasnya sebagai penyangga katalis. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas yang akan dipelajari pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh katalis CaO/SiO<sub>2</sub> dan komposisi CaCO<sub>3</sub> yang efektif terhadap proses transesterifikasi minyak nabati menjadi biodiesel.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini :

1. Untuk mengetahui karakteristik struktur, mikrostruktur, dan luas permukaan katalis  $\text{CaO/SiO}_2$  dengan nisbah  $\text{CaO/SiO}_2$  yang berbeda.
2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi katalis  $\text{CaO/SiO}_2$  terhadap unjuk kerja pada reaksi transesterifikasi minyak nabati menjadi biodiesel.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Informasi ilmiah yang didapatkan dari penelitian ini, diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai dasar untuk pengembangan katalis heterogen yang mampu bekerja efektif dari bahan baku yang murah. Di samping itu, hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai tambah dari pertanian padi melalui pemanfaatan silika sekam padi yang selama ini belum bernilai ekonomis.