



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang diproduksi dengan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol. Reaksinya membutuhkan katalis yang umumnya merupakan basa kuat, sehingga akan memproduksi senyawa kimia baru yang disebut metil ester (Van Gerpen, 2005). Minyak nabati memiliki potensi sebagai sumber bahan bakar yang terbarukan, sekaligus sebagai alternatif bahan bakar minyak yang berbasis petroleum (petrodiesel). Kelebihan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel (solar) antara lain: (1) Biodiesel berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui; (2) Biodiesel memiliki kandungan aromatik dan sulfur yang rendah (Ma & Hanna, 1999); (3) Biodiesel memiliki *cetane number* yang tinggi (Zhang et al., 2003).

Biodiesel mempunyai sifat kimia dan fisika yang serupa dengan minyak solar sehingga dapat digunakan langsung untuk mesin diesel atau dicampur dengan minyak solar. Penggunaan biodiesel murni 100% biasa dikenal dengan B100. Namun harus diperhatikan bahwa biodiesel merupakan ester yang dapat melunakkan komponen polimer karet, sehingga komponen tersebut harus diganti dengan bahan yang tahan terhadap ester. Sebagai alternatif dilakukan pencampuran antara solar dan biodiesel dengan perbandingan antara 95% solar dan 5% biodiesel (B5) hingga 80% solar dan 20% biodiesel (B20). Campuran ini dapat digunakan secara langsung tanpa memerlukan penggantian komponen mesin yang terbuat dari bahan karet (Setyadji, 2017).

1. Perbedaan Biodiesel dengan Minyak Solar

Biodiesel mempunyai rantai karbon antara 12 sampai 20 serta mengandung oksigen. Adanya oksigen pada biodiesel membedakannya dengan minyak solar yang komponen utamanya hanya terdiri dari hidrokarbon. Jadi komposisi biodiesel



dan minyak solar sangat berbeda. Biodiesel terdiri dari metil ester asam lemak nabati, sedangkan minyak solar adalah hidrokarbon. Biodiesel mempunyai sifat kimia dan fisika yang serupa dengan minyak solar sehingga dapat digunakan langsung untuk mesin diesel atau dicampur dengan minyak solar. Energi yang dihasilkan oleh biodiesel relatif tidak berbeda dengan minyak solar, sehingga *engine torque* dan tenaga kuda yang dihasilkan juga sama. Walaupun kandungan kalori biodiesel serupa dengan minyak solar, tetapi karena biodiesel mengandung oksigen, maka *flash point*-nya lebih tinggi sehingga tidak mudah terbakar. Biodiesel juga tidak menghasilkan uap yang membahayakan pada suhu kamar, maka biodiesel lebih aman daripada minyak solar dalam penyimpanan dan penggunaannya. Di samping itu, biodiesel tidak mengandung sulfur dan senyawa benzena yang karsinogenik, sehingga biodiesel merupakan bahan bakar yang lebih bersih dan lebih mudah ditangani dibandingkan dengan minyak solar (Sipangkar, 2012).

2. Keunggulan Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar yang dapat terurai dan hampir tidak mengandung sulfur. Biodiesel terdiri dari metil atau etil ester, hasil transesterifikasi baik dari trigliserida atau esterifikasi dari asam lemak bebas (Leung et al., 2010). Pengembangan produk biodiesel dari minyak tumbuhan seperti minyak sawit, juga diarahkan pada sifat bahan bakunya yang dapat diperbaharui. Disamping itu, penggunaan biodiesel juga dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon total, partikel, dan sulfur dioksida. Emisi nitrogen oksida juga dapat dikurangi dengan penambahan konverter katalitik. Kelebihan lain dari segi lingkungan adalah tingkat toksisitasnya yang 10 kali lebih rendah dibandingkan dengan garam dapur dan kemampuan untuk terurainya sama dengan glukosa, sehingga sangat cocok digunakan di perairan untuk bahan bakar kapal. Biodiesel tidak menambah efek rumah kaca seperti halnya minyak solar karena karbon yang dihasilkan masih dalam siklus karbon (Sipangkar, 2012).

Selain mereduksi efek rumah kaca, penggunaan biodiesel juga akan meningkatkan kualitas udara dengan mereduksi emisi gas berbahaya, seperti karbon



monooksida (CO), ozon (O_3) dan hidrokarbon reaktif lainnya, serta asap dan partikel yang dapat terhirup. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kadar emisi gas buang seperti CO, CO_2 , NO_x , SO_2 , dan hidrokarbon dari bahan bakar campuran biodiesel dan solar lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar solar murni. Penggunaan biodiesel juga dapat mereduksi polusi tanah, serta melindungi kelestarian perairan dan sumber air minum (Sipangkar, 2012).

3. Karakterisasi Biodiesel

Spesifikasi biodiesel dapat dilihat dari berbagai aspek diantaranya :

a. Angka Setana

Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*auto ignition*). Skala untuk angka setana biasanya menggunakan referensi berupa campuran antara normal setana ($C_{16}H_{34}$) dan alfa metil naftalena ($C_{10}H_7CH_3$) atau dengan hepta metil nonana ($C_{16}H_{34}$). Normal setana memiliki angka setana 100, alfa metil naftalena memiliki angka setana 0, dan hepta metil nonana memiliki angka setana 15. Angka setana suatu bahan bakar biasanya didefinisikan sebagai persentase volume dari normal setana dengan campurannya tersebut.

b. Massa Jenis

Massa jenis menunjukkan perbandingan berat persatuan volume. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar.

c. Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang dimiliki fluida yang dialirkan dalam pipa kapiler terhadap gaya gravitasi. Biasanya dinyatakan dalam waktu yang diperlukan untuk mengalir pada jarak tertentu. Jika viskositas semakin tinggi maka tahanan untuk mengalir semakin tinggi. Karakteristik ini sangat penting karena mempengaruhi kinerja injektor pada mesin diesel.

d. Titik nyala atau titik kilat (*Flash point*)

Titik nyala atau titik kilat (*Flash point*) adalah titik suhu terendah yang menyebabkan bahan bakar menyala. Penentuan titik nyala ini berkaitan



dengan keamanan dalam proses penyimpanan dan penanganan bahan bakar biodiesel tersebut.

e. Titik kabut atau titik awan (*Cloud Point*)

Titik kabut atau titik awan (*Cloud Point*) adalah suhu saat minyak mulai berkeruh seperti berkabut dan tidak lagi jernih pada saat didinginkan. Jika suhu diturunkan lebih lanjut akan didapat titik tuang.

f. Titik tuang (*Pour Point*)

Titik tuang (*Pour Point*) adalah suhu terendah yang menunjukkan mulai terbentuknya kristal parafin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar. Titik ini dipengaruhi oleh derajat ketidakjenuhan (angka iodin). Semakin tinggi ketidakjenuhan, titik tuang akan semakin rendah. Titik tuang juga dipengaruhi panjang rantai karbon. Semakin panjang rantai karbon maka semakin tinggi titik tuangnya.

g. Kadar air (*Water Content*)

Kadar air (*Water Content*) yang nilainya diatas ketentuan akan menyebabkan reaksi yang terjadi pada konversi minyak tidak sempurna (terjadi penyabunan). Bila terjadi hidrolisis pada biodiesel akan meningkatkan bilangan asam, menurunkan pH dan meningkatkan sifat korosif.

h. Gliserol bebas (*Free Gliserol*)

Gliserol bebas (*Free Gliserol*) adalah gliserol yang hadir sebagai molekul gliserol dalam bahan bakar biodiesel. Gliserol bebas ada karena proses pemisahan antara ester dan gliserol yang tidak sempurna.

i. Gliserol Total (*Total Glycerol*)

Gliserol Total (*Total Glycerol*) adalah jumlah gliserol bebas dan gliserol terikat. Gliserol terikat (*bonded glycerol*) adalah gliserol yang dalam bentuk molekul mono-, di- dan trigliserida.

j. Angka Asam Total (*Total Acid Number*)

Angka Asam Total (*Total Acid Number*) adalah banyaknya miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam bebas di dalam 1 gram contoh biodiesel. Angka asam yang tinggi merupakan indikator biodiesel



masih mengandung asam lemak bebas, berarti biodiesel bersifat korosif dan dapat menimbulkan jelaga atau kerak di injektor mesin diesel.

k. Angka penyabunan (*Saponification Number*)

Angka penyabunan (*Saponification Number*) adalah banyak miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram contoh biodiesel.

l. Angka Iodin (*Iodine Number*)

Angka Iodin digunakan sebagai indikator dari kejenuhan biodiesel atau untuk mengukur jumlah ikatan rangkap dalam biodiesel. Bahan bakar dengan angka Iodin yang tinggi cenderung terjadi polimerisasi dan membentuk deposit pada lubang injektor ketika dipanaskan.

m. Kadar Ester (*Ester Content*)

Kadar ester (*Ester Content*) adalah banyak kadar ester dalam persentase. Spesifikasi biodiesel ditentukan oleh Badan Standardisasi Nasional melalui Standar Nasional Indonesia (SNI 04-7182-2015).

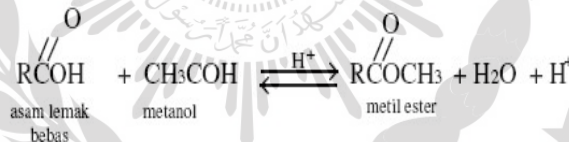
Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel Alkil Ester

No.	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai
1.	Massa jenis (40 ⁰ C)	Kg/m ³	ASTM D 1298	850 - 890
2.	Viskositas kinematik (40 ⁰ C)	mm ² /s	ASTM D 445	2,3 – 6,0
3.	Angka setana		ASTM D 613	Min. 51
4.	Flash point	⁰ C	ASTM D 93	Min. 100
5.	Cloud point	⁰ C	ASTM D 2500	Maks. 18
6.	Pour point	⁰ C	ASTM D97	Maks. 18
7.	Distillation 90% recovered	⁰ C	ASTM D86	Maks. 370
8.	Residu karbon	% massa	ASTM D189	Maks. 0,05
9.	Angka iodium	%-massa (g-I ₂ /100g)	AOCS Cd 1- 25	Maks. 115
10.	Angka asam	mg KOH/g	ASTM D664	Maks. 0,5
11.	Air dan sedimen	%-volume	ASTM D 1796	Maks. 0,05
12.	Cu.Strip Corrosion 3 hrs/100 ⁰ C		ASTM D130	No. 1

Sumber: BPPT, 2015

B. Minyak Goreng Bekas

Minyak yang telah dipakai menggoreng biasa disebut minyak goreng bekas (minyak goreng bekas). Kebanyakan minyak goreng bekas sebenarnya merupakan minyak yang telah rusak. Minyak yang tinggi kandungan LTJ (Lemak Tak Jenuh)-nya memiliki nilai tambah hanya pada gorengan pertama saja, sementara yang tinggi ALJ (Asam Lemak Jenuh)-nya bisa lebih lama lagi, meski pada akhirnya akan rusak juga. Oleh proses penggorengan sebagian ikatan rangkap akan menjadi jenuh. Penggunaan yang lama dan berkali-kali dapat menyebabkan ikatan rangkap teroksidasi, membentuk gugus peroksida dan monomer siklik yang bias mengakibatkan penyakit kanker, dan dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya. Untuk itu perlu penanganan yang tepat agar limbah minyak goreng bekas dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan, kegunaan lain dari minyak goreng bekas adalah sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Minyak goreng bekas mengandung asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*, FFA) yang dihasilkan dari reaksi oksidasi dan hidrolisis pada saat penggorengan.



Gambar 2.1 Reaksi Hidrolisis

Minyak goreng bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk produksi biodiesel karena minyak ini masih mengandung trigliserida. Minyak goreng bekas merupakan limbah yang berpotensi menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi. Sementara untuk menekan biaya produksi sebagian pedagang biasanya tidak membuang minyak goreng bekas tersebut. Minyak goreng bekas yang digunakan kembali sebagai bahan makanan tidak baik untuk kesehatan karena dapat mengakibatkan kerusakan pada hati, ginjal, jantung dan bersifat karsinogenik (Hanif, 2009). Oleh karena itu perlu dilakukan usaha-usaha lain dalam pemanfaatan minyak goreng bekas tersebut. Salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam produksi biodiesel.



Tabel 2.2 Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Goreng Bekas

Asam Lemak	Majalah Sasaran No.4, 1996	Ketaren, 2005	Mahreni, 2010
Oleat	38-50	30 – 45	30,71
Linoleat	5-14	7 - 11	54,35
Miristat	1-2	1,1 – 2,5	0,19
Palmitat	32-47	40 – 46	8,9
Stearat	4-10	3,6 – 4,7	3,85
Laurat	1	1	9,95
Linolenat	1	1	0,27

Minyak goreng bekas juga dapat diproses menjadi minyak yang bermutu, misalnya pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas. Akan tetapi minyak goreng bekas yang akan diproses untuk pembuatan biodiesel ini harus melalui proses pemurnian yang menggunakan katalis dalam proses esterifikasi dan transesterifikasi (Gareso, 2010).

Pemanfaatan minyak goreng bekas dapat dilakukan dengan dua cara. Cara yang pertama dengan melakukan beberapa proses pada minyak goreng bekas tersebut hingga menjadi seperti solar. Misal dengan proses transesterifikasi. Hasilnya, minyak goreng bekas tersebut dapat digunakan untuk bahan bakar pada metode pembakaran dalam (*internal combustions*) maupun pembakaran luar (*external combustions*). Tetapi, proses tersebut membutuhkan waktu yang relatif cukup lama karena ada tahapan pengendapan, penyaringan dan pencucian. Selain waktunya lama, proses tersebut juga membutuhkan biaya, yaitu untuk aditif dan katalisatornya. Proses ini juga tidak efisien bila volume minyak goreng bekas hanya dalam skala kecil. Cara kedua adalah dengan memanfaatkannya secara langsung sebagai bahan bakar pembakaran luar. Cara tersebut relatif cukup praktis karena



tidak membutuhkan proses yang rumit. Proses yang perlu untuk dilakukan hanyalah penyaringan, sehingga minyak goreng bekas terbebas dari terak, kotoran ataupun agregat. Pemanfaatan dengan cara ini bisa dilakukan untuk berbagai skala volume, dan sangat sesuai terutama bila volumenya dalam skala yang kecil. Ketersediaan minyak goreng bekas juga relatif terjaga karena pada saat ini, produksi maupun konsumsi minyak goreng di Indonesia terus meningkat (Hutomo, 2013).

Minyak goreng bekas merupakan salah satu pilihan yang menarik untuk digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki beberapa keunggulan antara lain kandungan energi yang dimiliki cukup besar, sehingga dengan bobot atau volume yang tidak besar terdapat potensi kalor yang cukup tinggi, kondisinya relatif masih dalam fase cair sehingga pengaturan dalam operasional pembakaran relatif mudah, tidak gampang meledak sehingga aman dan penyimpanan persediaannya tidak membutuhkan prosedur ataupun persyaratan khusus (Hutomo, 2013).

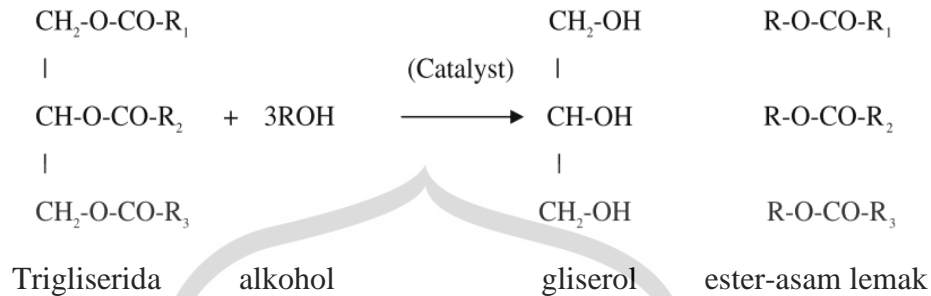
C. Transesterifikasi

Transesterifikasi atau alkoholisis adalah reaksi pertukaran gugus alkohol dari suatu ester dengan ester lain. Penambahan katalis basa akan mempercepat reaksi transesterifikasi dalam pembentukan ester. Minyak nabati dan hewani dikenal dengan nama trigliserida. Trigliserida adalah ester dari tiga molekul asam lemak dan mengandung sejumlah atom oksigen dalam strukturnya, sedangkan asam-asam lemak tersebut mempunyai perbedaan dalam panjang rantai karbonnya dan jumlah ikatan gandanya (Istadi, 2011). Alkohol-alkohol yang dapat digunakan pada proses transesterifikasi trigliserida adalah metanol, etanol, propanol, butanol, dan amil alkohol.

Biodiesel dapat berupa metil ester atau etil ester tergantung jenis alkohol yang digunakan. Tetapi yang paling sering diproduksi adalah metil ester karena metanol mudah didapat dan tidak mahal. Metanol lebih reaktif dibandingkan dengan etanol, sehingga penggunaan metanol menghasilkan mono dan diasilgliserol yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan etanol pada kondisi reaksi yang sama (Utami et al., 2011). Secara umum reaksi



transesterifikasi antara trigliserida dan alkohol (metanol) dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi antara Trigliserida dan Metanol

Secara teoritis perbandingan mol trigliserida dengan alkohol adalah 1 : 3. Reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol merupakan reaksi yang bersifat bolak-balik. Oleh karena itu, alkohol harus ditambahkan berlebih untuk membuat reaksi berjalan ke arah kanan mengikuti *pseudo first order*. Menurut azas Le Chatelier bahwa: “Setiap perubahan pada salah satu variabel sistem keseimbangan akan menggeser posisi keseimbangan ke arah tertentu yang akan menetralkan/meniadakan pengaruh variabel yang berubah tadi”. *Yield* biodiesel akan meningkat ketika perbandingan mol alkohol dengan trigliserida di atas 3. Namun penambahan alkohol lebih lanjut di atas perbandingan optimal tidak akan meningkatkan *yield*, tapi akan meningkatkan biaya *recovery* alkohol.

Adanya katalis dalam reaksi (asam atau basa kuat) dapat mempercepat reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi trigliserida dapat menghasilkan ester alkil asam lemak dan gliserol. Fasa gliserol akan terpisah di bagian bawah reaktor. Mekanisme dasar transesterifikasi dengan katalis basa melalui beberapa tahap antara lain (Schuchardt et al., 1998) :

1. Reaksi katalis basa dengan alkohol, menghasilkan alkoksida dan katalis terprotonasi.



2. Serangan nukleofilik dari alkoksida pada gugus karbonil dari trigliserida yang menghasilkan senyawa intermediet tetrahedral.



dinetralisasi. Jika terdapat air dalam reaksi, sabun akan terbentuk terlebih dahulu membentuk emulsi dengan metanol dan minyak, sehingga reaksi metanolisis tidak dapat terjadi. Adanya sabun akan mengakibatkan naiknya koefisien viskositas dan pembentukan gel yang akan mengganggu jalannya reaksi transesterifikasi serta berpengaruh terhadap proses pemisahan gliserol.

Sebagai bahan bakar alternatif, biodiesel terdiri dari *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Selama bahan baku memiliki kandungan trigliserida tinggi, maka bahan tersebut dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Namun, bilangan asam yang tinggi membutuhkan persiapan terlebih dahulu melalui proses esterifikasi untuk menghilangkan kadar FFA sebelum melalui proses transesterifikasi. Penetrulan dilakukan untuk menghilangkan FFA yang kadarnya kurang dari 2,5%, sedangkan untuk kadar FFA lebih dari 2.5 % dibutuhkan proses esterifikasi asam lemak (Leung et al., 2010).

D. Katalis

Katalis didefinisikan sebagai zat kimia yang dapat menaikkan laju reaksi dan terlibat dalam reaksi kimia walaupun zat itu sendiri tidak ikut bereaksi secara permanen. Peningkatan laju reaksi ini diakibatkan oleh adanya jalur reaksi baru yang diciptakan dengan energi aktivasi yang lebih rendah, sehingga katalis dapat berfungsi mengarahkan reaksi ke arah reaksi yang diinginkan. Katalis tersebut dapat mengarahkan reaksi untuk mendapatkan produk yang diinginkan dengan selektivitas yang lebih tinggi (Istadi, 2011). Pada dasarnya katalis dibagi menjadi tiga bagian yaitu katalis homogen, katalis heterogen dan katalis enzim.

1. Katalis Homogen

Pada sistem katalis homogen, katalis mempunyai fasa yang sama dengan reaktan dan produk reaksi. Sebagai contoh adalah hidrolisis ester dengan asam (cair-cair). Proses katalisis terjadi melalui perubahan senyawa kompleks dan terjadi perubahan susunan molekul dan ligan katalis. Reaksi kimia dapat pula spesifik dengan *yield* produk yang tinggi. Saat ini hampir seluruh reaksi pengolahan biodiesel skala komersial menggunakan katalis basa homogen. Katalis basa lebih umum digunakan pada reaksi transesterifikasi karena menghasilkan metil ester



yang tinggi dan waktu yang cepat. Konsentrasi katalis yang umum digunakan adalah 0,5 – 4% dari berat minyak (Mittelbach et al., 2004).

2. Katalis Heterogen

Pada sistem katalis heterogen, katalis dan pereaktan berbeda fasanya. Biasanya katalis adalah berupa padatan dengan reaktan berupa cairan atau gas, atau kadang-kadang fasa cair-gas. Dengan perbedaan fasa antara katalis dan pereaktan, maka mekanisme reaksi menjadi sangat kompleks. Fenomena antarmuka menjadi sesuatu yang sangat penting dan berperan. Laju reaksi dikendalikan oleh fenomena-fenomena adsorpsi, absorpsi dan desorpsi (Istadi, 2011).

3. Katalis Enzim

Enzim adalah molekul-molekul protein dengan ukuran koloid yang berada diantara ranah homogen molekular dan heterogen makroskopik. Enzim merupakan gaya penggerak di dalam reaksi-reaksi biokimia. Biasanya enzim merupakan katalis yang sangat efisien dan selektif (Istadi, 2011). Namun, enzim hanya dapat bereaksi pada rentang suhu tertentu dikarenakan apabila terlalu tinggi maka protein akan terdenaturasi dan enzim tidak dapat bekerja secara optimal.

E. Katalis CaO

Dalam penelitian ini katalis yang digunakan adalah CaO. Katalis CaO dapat dibuat melalui proses kalsinasi CaCO_3 . Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan air, senyawa organik, serta karbon dioksida. Air dan senyawa organik umumnya dapat dihilangkan pada temperatur di bawah 600°C sementara karbon dioksida baru dapat dilepaskan pada temperatur sekitar $700 - 800^\circ\text{C}$.

Suhu kalsinasi batu gamping untuk mendapatkan kapur tohor (CaO) bervariasi, tergantung dari bahan material penyusun batu gamping itu sendiri. Sukandarrumidi (1999) menyatakan bahwa suhu kalsinasi untuk mendapatkan CaO pada batu gamping dolomit adalah 600°C dan batu gamping kalsium adalah 900°C . Menurut Kirk dan Othmer (1982), suhu kalsinasinya adalah $925-1340^\circ\text{C}$, sedangkan menurut Kunii dan Levenspiel (1991), kalsinasi dapat dilakukan di dalam *fluidized bed* pada suhu 1000°C . Ada juga yang menyatakan bahwa



temperatur minimum untuk disosiasi kalsium karbonat adalah 898°C , namun untuk proses produksi, kalsinasi dilakukan pada suhu $945-1066^{\circ}\text{C}$. Penelitian yang dilakukan oleh Suhardin, A. et al., 2018 mendapatkan suhu kalsinasi optimum batu kapur terdapat pada suhu 950°C dengan persentase CaO sebesar 96,59%.

Katalis basa heterogen seperti CaO, meskipun memiliki kemampuan katalisator yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan katalis basa homogen, dapat menjadi alternatif yang baik dalam proses pembuatan biodiesel. Katalis basa heterogen dapat dengan mudah dipisahkan dari campuran reaksi sehingga dapat digunakan kembali, mengurangi biaya pengadaan dan pengoperasian peralatan pemisahan yang mahal serta meminimasi persoalan limbah yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan.

Meskipun katalis basa memiliki kemampuan katalisator yang tinggi serta harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan katalis asam, untuk mendapatkan performa proses yang baik, penggunaan katalis basa dalam reaksi transesterifikasi memiliki beberapa persyaratan penting, diantaranya alkohol yang digunakan harus dalam keadaan anhidrous dengan kandungan air $< 0.1 - 0.5\%$ berat serta minyak yang digunakan harus memiliki kandungan asam lemak bebas $< 0.5\%$ (Loterio et al., 2005). Keberadaan air dalam reaksi transesterifikasi sangat penting untuk diperhatikan karena dengan adanya air, alkil ester yang terbentuk akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas. Lebih lanjut, kehadiran asam lemak bebas dalam sistem reaksi dapat menyebabkan reaksi penyabunan yang sangat mengganggu dalam proses pembuatan biodiesel (Herry et al., 2013).