STUDI "ULTRASONIFIKASI" PADA PREPARASI KATALIS ZnO/CaO TERHADAP KONVERSI REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK KELAPA SAWIT MENJADI BIODIESEL

SKRIPSI

TEKNIK KIMIA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

ELFRIDA BR PASARIBU
NIM. 135061100111024

DHINDA CLARIESTA
NIM. 145061101111006

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI "ULTRASONIFIKASI" PADA PREPARASI KATALIS ZnO/CaO TERHADAP KONVERSI REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK KELAPA SAWIT MENJADI BIODIESEL

SKRIPSI

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik

ELFRIDA BR PASARIBU
NIM. 135061100111024

DHINDA CLARIESTA
NIM. 145061101111006

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal 21 Desember 2018

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Bambang Poerwadi, M.S.	Rama Oktavian, ST., M.Sc
NIP. 19600126 198603 1 003	NIP.19861021 201404 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Ir. Bambang Poerwadi, M.S.
NIP. 19600126 198603 1 003

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 21 Desember 2018

Mahasiswa I,

ELFRIDA PASARIBU

NIM. 135061100111024

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 21 Desember 2018

Mahasiswa II,

DHINDA CLARIESTA

NIM. 145061101111006

Puji Syukur Kami Panjatkan kepada:

Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat-Nya

Shalawat & salam Kami sampaikan kepada:

Rasulullah Shallallahu alaihi wasallam, keluarga, & sahabat beliau

Teriring Ucapan Terima Kasih Kami kepada:

Ibunda & Ayahanda tercinta,

Serta Ibu & Bapak Dosen yang telah membimbing kami,

Tak Lupa teruntuk teman seperjuangan,

Keluarga Teknik Kimia 2013,

Yang telah melukiskan warna dan cerita

RINGKASAN

Dhinda Clariesta dan Elfrida Pasaribu, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2018, *Studi "Ultrasonifikasi" Pada Preparasi Katalis ZnO/CaO Terhadap Konversi Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel*, Dosen Pembimbing: Bambang Poerwadi dan Rama Oktavian.

Biodiesel merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan. Beberapa keuntungan biodiesel terus dikembangkan hingga saat ini. Biodiesel diproduksi melalui proses reaksi transesterifikasi antara minyak nabati ataupun lemak hewani dan alkohol dengan membutuhkan bantuan katalis. Pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi, dimana bila menggunakan katalis homogen ada beberapa kelemahan, antara lain pemisahan produk samping dan katalis dengan biodiesel yang dihasilkan, terbentuknya produk samping berupa sabun, dan limbah alkali yang dihasilkan memerlukan pemrosesan lebih lanjut. Dengan mempertimbangkan kekurangan tersebut, maka di pilih katalis heterogen sebagai alternatif katalis untuk pembuatan biodiesel. Katalis heterogen memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan katalis homogen yaitu katalis heterogen lebih stabil, rendah kemungkinan menyebabkan korosi pada peralatan, dan ramah lingkungan dibanding katalis homogen, karena berfasa padat, katalis ini mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan cara filtrasi, selain itu katalis padat dinilai lebih ekonomis karena berpotensi digunakan berkali-kali. Salah satu contoh katalis heterogen yang digunakan pada penelitian ini adalah CaO dengan *support* yang berbasis logam ZnO.

Pada penelitian ini mempelajari tentang pengaruh variasi waktu ultrasonifikasi (5menit, 10menit, 15menit, 20menit, 25menit, dan 30 menit) pada preparasi katalis saat proses impregnasi antara suspensi ZnO dan suspensi CaO terhadap konversi reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan metode konvensional dengan suhu reaksi 65°C selama 2 jam. Rasio molar minyak kelapa sawit dan metanol yang digunakan adalah 1:12 dan katalis yang digunakan sebanyak 5% dari berat minyak. Untuk mengetahui kadar metil ester di dalam biodiesel, biodiesel yang dihasilkan akan diuji kualitasnya dengan menggunakan *Gas Chromatography*.

Hasil penelitian ini menunjukkan konversi FAME yang dihasilkan pada biodiesel dengan bantuan katalis CaO dengan *support* ZnO yang diimpregnasikan menggunakan *ultrasonic homogenizer* dengan variasi waktu ultrasonifikasi selama 5menit, 10menit, 15menit, 20menit, 25menit, dan 30 menit berturut-turut adalah 5,38%; 8,76%; 49,80%; 64,51%; 72,41%; dan 28,14%. Dari hasil konversi-konversi tersebut menunjukkan hasil konversi yang paling optimum adalah dengan waktu ultrasonifikasi selama 25 menit. Namun, biodiesel yang dihasilkan dari keenam variabel memiliki kadar FAME yang masih rendah sehingga belum memenuhi syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182-2015 tentang biodiesel.

Kata kunci: biodiesel, FAME, katalis heterogen, ultrasonifikasi

SUMMARY

Dhinda Clariesta and Elfrida Pasaribu, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, December 2018, *Study of "Ultrasonification" on ZnO/CaO Catalyst Preparation of Transesterification Conversion of Palm Oil Into Biodiesel*, Supervisor: Bambang Poerwadi and Rama Oktavian

Biodiesel is one of the renewable energy. Some benefits of biodiesel are still being developed until now. Biodiesel is produced by transesterification reaction between vegetable oil or animal oil and alcohol with the aid of a catalyst. Making biodiesel is done by using a catalyst to accelerate the reaction, when using a homogeneous catalyst there are several disadvantages, including the separation of by-products and catalysts with the resulting biodiesel, the formation of by-products in the form of soap, and the resulting alkaline waste requires further processing. By considering these shortcomings, heterogeneous catalysts are chosen as an alternative catalyst for making biodiesel. Heterogeneous catalysts have several advantages compared to homogeneous catalysts, ie heterogeneous catalysts are more stable, less likely to cause corrosion in the equipment, and environmentally friendly than homogeneous catalysts, because they are dense, these catalysts are easily separated from the reaction mixture by filtration. economical because it has the potential to be used repeatedly. One example of heterogeneous catalyst used in this study is CaO with ZnO-based metal support.

This research studied about the effect of ultrasonification time variation (5minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20minutes, 25minutes, and 30minutes) on catalyst preparation during the impregnation process between ZnO suspension and CaO suspension on the conversion of transesterification reaction of palm oil into biodiesel. The transesterification reaction was carried out by conventional methods with a reaction temperature of 65oC for 2 hours. The molar ratio of palm oil and methanol used is 1:12 and the catalyst used is 5% of the weight of oil. To find out the level of methyl ester in biodiesel, the biodiesel produced will be tested for its quality using Gas Chromatography.

The results of this study indicate the conversion of FAME produced on biodiesel with the help of CaO catalyst with ZnO support which is impregnated using ultrasonic homogenizer with ultrasonification time variation for 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes, 25 minutes, and 30 minutes respectively is 5.38%; 8.76%; 49.80%; 64.51%; 72.41%; and 28.14%. From the results of these conversions, the most optimum conversion result is 25 minutes for ultrasonification. However, the biodiesel produced from the six variables has a low level of FAME, so it does not meet the biodiesel quality requirements based on SNI 7182-2015 about biodiesel.

Keywords: Biodiesel, FAME, heterogenous catalyst, ultrasonification

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warohmatullahi wabarokatuh., Puji syukur kami panjatkan kepada Allah Subhanallahu Wa Ta`ala atas segala limpahan nikmat, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga kami mampu menyelesaikan penyusunan naskah Skripsi ini. Shalawat serta salam semoga senantiasa dilimpahkan kepada junjungan kami, beliau Rasulullah shallallahu alaihi wasallam.

Penyusunan naskah skripsi yang berjudul "**STUDI ULTRASONIFIKASI PADA PREPARASI KATALIS ZnO/CaO TERHADAP KONVERSI REAKSI TRANSESTERIFIKASI MINYAK KELAPA SAWIT MENJADI BIODIESEL"** ini ditujukan sebagai syarat memperoleh gelar sarjana teknik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, membimbing, dan mendukung atas terselesaikannya skripsi ini, yaitu:

1. Ir. Bambang Poerwadi, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FT-UB dan Dosen Pembimbing I Skripsi Bidang Minat Rekayasa Energi Jurusan Teknik Kimia FT-UB, yang telah membimbing kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
2. Rama Oktavian, ST., MSc., Dosen Pembimbing II Skripsi Bidang Minat Rekayasa Energi Jurusan Teknik Kimia FT-UB, yang telah membimbing kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
3. Supriono, ST., MT. dan selaku Dosen Pendamping Skripsi Bidang Minat Rekayasa Energi Jurusan Teknik Kimia FT-UB yang telah mendampingi kami dalam proses pelaksanaan skripsi.
4. Evi Sulviani Nengseh., A.Md, selaku PLP Laboratorium OTK Jurusan Teknik Kimia yang telah membantu dalam proses penelitian skripsi.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Kimia FT-UB yang telah memberikan bekal ilmu, wawasan, serta pengalaman selama mengikuti perkuliahan hingga akhir penyusunan skripsi.
6. Seluruh staf Jurusan Teknik Kimia FT-UB serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi.

Tidak lupa, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada keluarga tercinta yang telah memberikan semua perhatian dan kasih sayang sehingga naskah Skripsi ini

dapat terselesaikan dengan baik., serta rekan-rekan Teknik Kimia FT-UB yang turut mendukung dan memberikan semangat pada kami.

Terakhir, penulis berharap naskah Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan informasi bagi para pembacanya. Setiap saran dan kritik dari berbagai pihak sangat diharapkan oleh penulis demi kebaikan penelitian ini. Demikian, penulis menyampaikan terima kasih.

Malang, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN ii
SUMMARY iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.1 Rumusan Masalah 3
1.2 Batasan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Biodiesel 5
2.2 Minyak Kelapa Sawit 7
2.3 Metanol 8
2.4 Proses Transesterifikasi 8
2.5 Katalis pada Proses Transesterifikasi 9
2.5.1 Katalis Homogen 8
2.5.2 Katalis Heterogen 9
2.6 Proses Impregnasi 9
2.7 Proses Homogenisasi 9
2.7.1 Homogenisasi Mekanik (*Mechanical Homogenizing*) 9
2.7.2 Homogenisasi Bertekanan (*Pressure Homogenizer*) 8
2.7.3 *Ultrasonic Homogenizer* 8
2.8 Penelitian Terdahulu 9
BAB III 20
METODE PENELITIAN 20
3.1. Jenis Penelitian 20
3.2 Alat dan Bahan 20
3.2.1. Bahan Penelitian 20
3.2.2. Alat Penelitian 20

3.3. Variabel Penelitian 21
3.4 Tahap Pelaksanaan dan Penelitian Data 2254
3.4.1. Preparasi Katalis Heterogen ZnO/CaO 22
3.4.2. Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel 22
3.4.4 Uji Kualitas Biodiesel 22
BAB IV 28
HASIL DAN PEMBAHASAN 28
4.1. Pengaruh waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO terhadap *yield crude* biodiesel 28
4.2. Pengaruh waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO terhadap Konversi Biodiesel 29
BAB V 28
KESIMPULAN DAN SARAN 29
5.1 Kesimpulan 29
5.2 Saran 29
DAFTAR PUSTAKA 38
LAMPIRAN I 38
DATA DAN PERHITUNGAN 38
A. Perhitungan Jumlah Reaktan 38
A.1 Minyak Kelapa Sawit 38
A.2 Metanol 38
A.3 Katalis ZnO/CaO 38
B. Hasil Uji Reaksi Transesterifikasi 38
B.1 Yield Biodiesel 38
B.2 Konversi Reaksi Transesterifikasi 38
C. Karakterisasi Biodiesel 38
C.1 Pengujian Densitas Biodiesel 38
C.3 Pengujian Viskositas Biodiesel 38
LAMPIRAN 2 38
HASIL UJI GAS CHROMATOGRAPHY (GC) 38
LAMPIRAN 3 38
DOKUMENTASI KEGIATAN 38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 6
Tabel 2.2 7
Tabel 2.3 9
Tabel 2.4 9
Tabel 3.1 27
Tabel 4.1 30
Tabel 4.2 33
Tabel 4.3 33
Tabel 4.4 34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 8
Gambar 2.2 11
Gambar 2.3 13
Gambar 2.4 15
Gambar 3.1 22
Gambar 3.2 24
Gambar 3.3 25
Gambar 4.1 29
Gambar 4.2 31
Gambar 4.3 32

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan pertumbuhan konsumsi energi cukup tinggi di dunia, yaitu sekitar 7% per tahun. Konsumsi energi Indonesia yang cukup tinggi tersebut hampir 95% dipenuhi dari bahan bakar fosil. Sebagai sumber energi tidak terbarukan, cadangan BBM Indonesia sangat terbatas sehingga tidak tertutup kemungkinan dalam jangka waktu yang tidak lama lagi cadangan energi fosil Indonesia akan habis kemudian. Guna mengatasi persoalan tersebut diperlukan upaya diversifikasi energi. Diversifikasi energi yaitu penganekaragaman pemakaian energi dengan meningkatkan pemanfaatan energi baru dan terbarukan. Salah satu sumber energi alternatif yaitu biodiesel (Setiadji, et al., 2017).

Beberapa keuntungan biodiesel untuk terus dikembangkan hingga saat ini antara lain memiliki sifat biodegradable, tidak mencemari lingkungan, diperoleh dari sumber yang dapat diperbarui, rendah emisi gas buang secara keseluruhan, kandungan sulfur terabaikan, mempunyai titik nyala yang unggul, efisiensi pembakaran yang lebih tinggi, dan membuka peluang ditemukannya pasar baru untuk produk hasil pertanian (Setiadji, et al., 2017). Biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati ataupun lemak hewani. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan dasar biodiesel adalah minyak kelapa sawit. Kelapa sawit berpotensi sebagai bahan baku biodiesel karena beberapa keuntungannya, seperti mengandung 44% massa minyak pada bagian inti (kernel), mudah didapat karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia dan relatif murah (Puspitaningati, et al., 2013). Reaksi transesterifikasi membutuhkan alkohol dengan kereaktifan yang besar (Kusumaningsih, et al., 2006). Menurut Bannon (1988), alkohol yang digunakan adalah metanol karena alkohol dengan jumlah atom karbon sedikit mempunyai kereaktifan lebih besar daripada alkohol dengan atom karbon lebih banyak.

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan bantuan katalis untuk mempercepat reaksi. Katalis homogen ada beberapa kelemahan, antara lain pemisahan produk samping dan katalis dengan biodiesel yang dihasilkan, terbentuknya produk samping berupa sabun, dan limbah alkali yang dihasilkan memerlukan pemrosesan lebih lanjut. Dengan mempertimbangkan kelemahan tersebut

maka di pilih katalis heterogen sebagai alternatif katalis untuk pembuatan biodiesel (Setiadji, et al., 2017). Katalis heterogen lebih stabil, rendah kemungkinan menyebabkan korosi pada peralatan, dan ramah lingkungan dibanding katalis homogen. Karena berfasa padat, katalis ini mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan cara filtrasi. Selain itu, katalis padat dinilai lebih ekonomis karena berpotensi digunakan berkali-kali. Berbagai jenis katalis heterogen telah digunakan untuk proses transesterifikasi, seperti oksida logam alkali tanah, logam alkali, dll (Joshi, 2016). Katalis heterogen yang sering digunakan pada penelitian sebelumnya yaitu ZnO/CaO, SiO, TiO2/ZrO2, dan Fe2O3/CaO, dimana konversi yield yang paling besar didapatkan pada penggunaan katalis heterogen ZnO/CaO sebesar 99% (Kesic, dkk. 2012).

Yield biodiesel yang dihasilkan dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya waktu reaksi, suhu, katalis, dan perbandingan rasio molar trigliserida dengan alkohol. Produksi biodiesel secara konvensional umumnya dilakukan pada suhu tinggi dengan sumber panas eksternal (Haryanto, et al., 2015). Pemanasan ini memerlukan energi yang besar dan waktu yang cukup lama, oleh karena itu dibutuhkan bantuan katalis untuk mempercepat terjadinya reaksi antara trigliserida dan metanol (Clark, 2004). Selain pengaruh suhu, dan waktu, terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi yield biodiesel, yaitu preparasi katalis. Proses preparasi katalis antara lain dilakukan dengan metode impregnasi dan homogenisasi. Impregnasi katalis dilakukan untuk mengisi pori-pori menggunakan larutan garam logam dengan konsentrasi tertentu, kemudian dilakukan proses kalsinasi sehingga terjadi dekomposisi precursor menjadi spesi aktif. Proses homogenisasi dilakukan mengggunakan dua jenis pengaduk yaitu *magnetic stirer* dan ultrasonifikasi. Keuntungan dari penggunaan ultrasonifikasi adalah homogenisasi yang dihasilkan lebih kuat dan waktu yang dibutuhkan lebih singkat dibandingkan dengan metode pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirer* (Georgogianni, et al., 2009).

Atas pertimbangan di atas, maka pada kajian ini digunakan katalis heterogen ZnO/CaO sebagai katalis untuk proses transesterifikasi minyak kelapa sawit. Waktu homogenisasi katalis divariasikan didalam alat ultrasonifikasi untuk mendapatkan waktu optimum terhadap konversi biodiesel yang dihasilkan. Karakteristik biodiesel yang dihasilkan dibahas secara sistematik dengan acuan Standart Nasional Indonesia (SNI 7182:2015).

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan bagaimana pengaruh waktu ultrasonifikasi pada preparasi katalis heterogen ZnO/CaO terhadap konversi reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel.

1.2 Batasan Masalah

1. Bahan dasar katalis adalah bubuk CaO dan bubuk ZnO
2. Minyak yang digunakan adalah minyak goreng kelapa sawit
3. Rasio mol pembuatan biodiesel dengan perbandingan 1:12 (Minyak : Metanol), waktu reaksi pembuatan biodiesel adalah 2 jam dengan suhu 65˚C (±1˚C) pengunaan katalis (*catalysts loading*) yang digunakan sebesar 5% dari berat minyak.
4. Precusor/pengemban yang digunakan adalah ZnO, dengan rasio molar CaO : ZnO adalah 2 : 1
5. Hasil Uji katalis ZnO/CaO ditinjau dari konversi biodiesel yang terbentuk.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh waktu ultrasonifikasi pada preparasi katalis heterogen ZnO/CaO terhadap konversi reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi cara pembuatan katalis heterogen yang menggunakan CaO dan ZnO dengan metode impregnasi basah dengan ultrasonifikasi.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel umumnya diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati dan atau minyak hewani dengan menggunakan alkohol dan bantuan katalis menghasilkan senyawa baru yaitu metil ester (Martin, 2006). Pada dasarnya, proses ini bertujuan untuk mengubah trigliserida menjadi asam lemak metil ester (FAME).

$$C_3H_5(OOCR)_3 + 3\ CH_3OH \rightarrow 3\ RCOOCH_3 + C_3H_5(OH)_3$$

Trigliserida Metanol Metil ester Gliserin

Kandungan asam lemak bebas (FFA) bahan baku merupakan salah satu faktor penentu jenis proses pembuatan biodiesel. Umumnya minyak murni memiliki kadar FFA rendah (sekitar ±2%) sehingga dapat diproses dengan metode transesterifikasi.

Biodiesel dapat diproduksi dari berbagai macam bahan baku. Bahan baku yang paling banyak digunakan diantaranya adalah minyak nabati seperti minyak kedelai, minyak kelapa sawit, dan minyak kelapa. Selain dari tumbuhan, bahan baku lain seperti lemak hewan dan minyak bekas juga dapat digunakan (Kusumaningsih, et al., 2006).

Keuntungan biodiesel dibandingkan dengan petrodiesel ialah biodiesel merupakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan (Budiman, et al., 2017), memiliki sifat biodegradable, tidak mencemari lingkungan, diperoleh dari sumber yang dapat diperbarui, rendah emisi gas buang secara keseluruhan, kandungan sulfur terabaikan, mempunyai titik nyala yang unggul dan efisiensi pembakaran yang lebih tinggi dan membuka peluang ditemukannya pasar baru untuk produk hasil pertanian (Setiadji, et al., 2017). Pada Tabel 2.1 disajikan perbandingan biodiesel dan petrodiesel.

Tabel 2.1. Perbandingan Biodiesel dan Petrodiesel

Aspek	Biodiesel	Petrodiesel
Sifat pembakaran	Lebih bersih	Menimbulkan polusi dan masalah kesehatan
Emisi CO2	78% lebih rendah dibandingkan petrodiesel	Emisinya sangat besar sehingga berkontribusi terhadap pemanasan global
Sifat pelumasan	Memiliki sifat pelumasan sehingga turut membersihkan bagian dalam mesin	Tidak memiliki sifat pelumasan
Emisi padat dan gas buang	Menghasilkan lebih sedikit jelaga, CO, hidrokarbon tidak terbakar, dan SO2	Mengemisikan kandungan sulfur yang tinggi dalam gas buang
Efek terhadap lingkungan	Tidak beracun, dapat diuraikan dan mengurangi efek tumpahan minyak	Sifat biodegradabilitasnya lebih rendah dibandingkan biodesel, pemicu efek gas rumah kaca.

Sumber: Budiman, et al., 2017

Standar mutu biodiesel di Indonesia ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia, SNI 7182:2015 tentang biodiesel. Standar tersebut menetapkan persyaratan mutu dan metode uji biodiesel sebagai substitusi atau campuran dengan petrodiesel. Persyaratan tersebut disajikan dalam tabel 2.2.

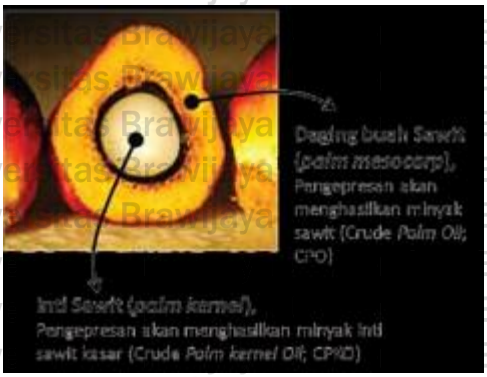
Tabel 2.2. Syarat Mutu dan Metode Uji Biodiesel (SNI 7182:2015)

No.	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
1.	Massa jenis pada 40°C	kg/m3	850-890
2.	Viskositas kinematik pada 40°C	mm2/s (cSt)	2,3-6,0
3.	Angka setana	Min	51
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	˚C, min	100
5.	Titik kabut	˚C, maks	18
6.	Angka asam	Mg-KOH/g, maks	0,5
7.	Gliserol bebas	%massa, maks	0,02
8.	Gliserol total	%massa, maks	0,24
9.	Kadar metil ester	%massa, min	96,5

Sumber: SNI 7182:2015

2.2 Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit adalah suatu sumber energi yang potensial yang dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk memproduksi biodiesel (Julianti, et al., 2014). Minyak kelapa sawit diperoleh dari proses pengempaan daging buah tanaman Elaeis guineensis Jacg (SNI 01-2901-2006). Kelapa sawit menghasilkan dua jenis minyak utama yang kedua-duanya bisa diproses dan diolah menjadi aneka jenis produk turunannya. Buah kelapa sawit merupakan buah yang kaya dengan minyak. Dalam tandan buah sawit yang dipanen, terdiri dari kulit dan tandan (29%), biji atau inti sawit (11%), dan daging buah (60%). Proses pengepresan daging buah sawit akan menghasilkan minyak sawit kasar (*crude palm oil*, CPO) dan inti sawit akan menghasilkan minyak inti sawit kasar (*crude palm kernel oil*, CPKO); sebagaimana terlihat pada Gambar 2.1. Pada prakteknya, dibandingkan CPKO, CPO lebih banyak diproses lanjut menjadi minyak goreng, yang sering disebut sebagai minyak kelapa sawit mentah. Minyak kelapa sawit mentah ini dapat diolah menjadi produk penting, salah satunya yaitu biodiesel (Hariyadi, 2010).



Gambar 2.1. Bagian Buah Kelapa Sawit

Minyak sawit berpotensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang sangat luas dan beragam; baik sebagai pangan, maupun untuk keperluan nonpangan. Dalam bidang pangan, minyak sawit banyak digunakan sebagai minyak goreng, shortening, margarin, vanaspati, cocoa butter substitutes, dan berbagai ingridien pangan lainnya. Aplikasi dalam bidang non-pangan juga terus berkembang, terutama sebagai oleokimia dan biodiesel (Hariyadi, 2010).

Minyak kelapa sawit merupakan senyawa yang tidak larut dalam air dengan komponen utamanya trigliserida dan non trigliserida. Seperti jenis minyak lain, minyak kelapa sawit tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O. Trigliserida merupakan ester dari gliserol dengan tiga molekul asam lemak, sedangkan senyawa non trigliserida yang ada pada minyak sawit adalah monogliserida, digliserida, fosfatida, karbohidrat, protein, bahan berlendir atau getah (gum) serta zat warna alami. Adanya senyawa tersebut berpengaruh terhadap kualitas minyak sawit, misalnya perubahan bau, warna yang ditunjukkan dalam bentuk kadar kotoran, kadar air, bilangan asam, bilangan peroksida, bilangan penyabunan, zat warna dan sebagainya (Astuti, et al., 2006). Komposisi minyak kelapa sawit yang berperan penting dalam pembuatan biodiesel yaitu trigliserida. Komposisi asam lemak dalam minyak kelapa sawit ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3. Komposisi Asam Lemak dari Minyak Kelapa Sawit

Jenis Asam Lemak	Komposisi (%)
Asam laurat	0,1 – 1
Asam miristat	0,9 – 1,5
Asam palmitat	41,8 – 45,8
Asam palmitoleat	0,1 – 0,3
Asam stearat	4,2 – 5,1
Asam oleat	37,3 – 40,8
Asam linoletat	9,1 – 11
Asam linolenat	0 – 0,6
Asam arakidonat	0,2 – 0,7

Sumber: Hariyadi, 2014

Berdasarkan SNI 7709:2012 tentang Minyak Goreng Sawit, secara spesifik, sifat fisik dan kimiawi dari minyak kelapa sawit ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Baku Mutu Minyak Kelapa Sawit

No.	Kriteria	Persyaratan
1.	Bau	Normal
2.	Rasa	Normal
3.	Warna	Merah/kuning
4.	Kadar air dan bahan menguap	Maks. 0,1 %
5.	Asam lemak bebas	Maks. 0,3 %
6.	Bilangan peroksida	Maks. 10 mek O_2/kg
7.	Cemaran logam, yaitu :	
	• Kadmium (Cd)	Maks. 0,2 mg/Kg
	• Timbal (Pb)	Maks. 0,1 mg/Kg
	• Raksa (Hg)	Maks. 0,05 mg/Kg
	• Timah (Sn)	Maks. 250 mg/Kg
	• Arsen	Maks. 0,1 mg/Kg

Sumber: SNI 7709:2012

2.3 Metanol

Metanol merupakan alkohol yang paling sederhana dengan rumus kimia CH_3OH, berat molekul 32,04 g/mol dan titik didih sekitar 64,5° C (147° F). Zat ini bersifat ringan, mudah menguap, tak berwarna, mudah terbakar, beracun dan berbau khas. Metanol digunakan secara luas pada industri mobil sebagai larutan pembersih kaca mobil, bahan anti beku, dan bahan campuran untuk produksi bahan bakar (Triningrat, et al., 2010).

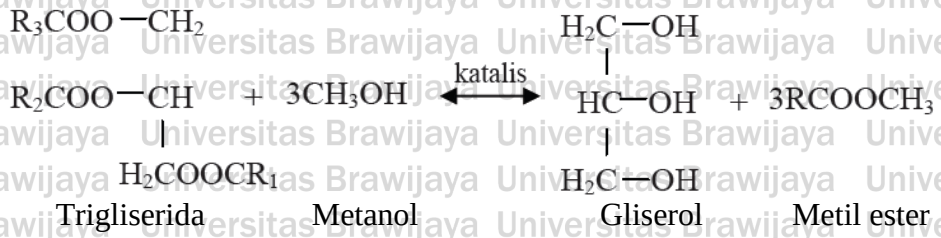
Dalam pembuatan biodiesel, jenis alkohol yang sering digunakan yaitu metanol dan etanol. Kedua jenis alkohol ini sering digunakan karena memiliki berat molekul yang rendah dibandingkan dengan jenis alkohol lainnya, sehingga berpotensi untuk digunakan dalam pembuatan biodiesel (Knothe, et al., 2005). Namun pada reaksi transesterifikasi membutuhkan alkohol dengan kereaktifan yang besar (Kusumaningsih, et al., 2006). Menurut Bannon (1988), alkohol yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi adalah metanol karena alkohol dengan jumlah atom karbon sedikit mempunyai kereaktifan lebih besar daripada alkohol dengan atom karbon lebih banyak.

Dalam reaksi transesterifikasi penggunaan metanol merupakan salah satu faktor yang cukup penting pada reaksi. Metanol berperan sebagai pelarut dan reaktan yang dapat menyeimbangkan anion yang terbentuk dari katalis setelah melepaskan proton, sehingga metanol membuat reaksi transesterifikasi menjadi optimal dan sehingga asam lemak bebas yang ada dalam minyak dapat seluruhnya teresterkan (Ningtyas, et al., 2013).

2.4 Proses Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi setimbang dan transformasinya terjadi oleh adanya pencampuran reaktan. Keberadaan katalis dapat mempercepat reaksinya. Untuk emperoleh yield ester yang tinggi, maka dapat digunakan alkohol yang berlebih (Manurung, 2006).

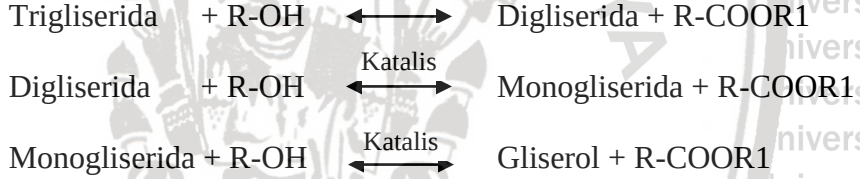
Pada transesterifikasi minyak nabati, trigliserida bereaksi dengan alkohol menggunakan katalis menghasilkan campuran *fatty acid* alkil ester dan gliserol. Alkohol yang digunakan pada reaksi transesterifikasi kebanyakan adalah metanol. Reaksi transesterifikasi antara mintak atau lemak alami dengan metanol dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Reaksi Transesterifikasi Trigliserida dan Metanol

Proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu, kecepatan pengadukan, jenis dan konsentrasi katalis, serta perbandingan alkohol dengan asam lemak. Menurut Schuchardt, et al., (1998) selain faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya, kemurnian reaktan terutama kandungan air dan kandungan asam lemak bebas (FFA) juga merupakan faktor yang mempengaruhi keberlangsungan transesterifikasi.

Transeterifikasi minyak nabati menjadi metil ester dilakukan dengan satu atau dua tahap proses, tergantung pada mutu awal minyak nabati. Proses transesterifikasi memerlukan katalis untuk mempercepat laju pembentukan ester (Manurung, 2006).



Pada reaksi transesterifikasi terdapat tiga tahap reaksi. Tahap pertama yaitu konversi trigliseroda menjadi digliserida, kemudian diikuti oleh konversi digliserida menjadi monogliserida dan terakhir adalah monogliserida menjadi gliserol. Tiap tahap tersebut menghasilkan satu senyawa ester. Secara stoikiometri, pada reaksi ini membutuhkan alkohol tiga kali lipat dari satu mol trigliseria (Manurung, 2006).

2.5 Katalis pada Proses Transesterifikasi

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama yaitu katalis homogen dan katalis heterogen (Hagen, 2006).

2.5.1 Katalis Homogen

Katalis homogen adalah katalis yang ada dalam fase yang sama dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisinya. Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya. Dalam penggunaan katalis homogen dalam reaksi transesterifikasi terdapat beberapa kerugian, antara lain seperti konsumsi energi yang tinggi dan proses pemisahan katalis dengan hasil reaksi yang sulit serta relatif mahal (Thanh, et al., 2012).

2.5.1.1 Katalis Asam

Pada pembuatan biodiesel, alternatif yang dapat digunakan adalah katalis asam. Katalis asam dapat digunakan untuk mengkatalisis reaksi transesterifikasi asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak tumbuhan menjadi biodiesel dengan reaksi berikut ini:

$$\underset{\text{(Asam Lemak Bebas)}}{R-COOH} + \underset{\text{(Metanol)}}{CH_3OH} \rightarrow \underset{\text{(Biodiesel)}}{R-COOCH_3} + \underset{\text{(Air)}}{H_2O}$$

Pada proses pretreatment, pada umumnya katalis asam digunakan pada bahan baku minyak tumbuhan dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi namun jarang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Karakteristik dari katalis asam homogen adalah sangat korosif misalnya pada katalis asam sulfat, selain itu juga katalis homogen akan sulit dipisahkan dari produknya dan tidak sedikit yang akan ikut terbuang saat pencucian sehingga tidak dapat digunakan kembali.

2.5.1.2 Katalis Basa

Katalis yang paling umum digunakan pada proses pembuatan biodiesel adalah katalis basa homogen, misalnya seperti NaOH (natrium hidroksida) dan KOH (kalium hidroksida) karena katalis ini dapat digunakan pada tekanan operasi dan temperatur yang relatif rendah serta sebagai katalisator yang tinggi. Namun, katalis basa homogen juga memiliki kekurangan yang sama seperti katalis asam homogen yaitu sangat sulit dipisahkan dari produk sehingga tidak dapat digunakan kembali dan akan terbuang ke lingkungan yang menyebabkan pencemaran lingkungan.

Meskipun katalis basa homogen merupakan katalisator yang tinggi dan harganya yang relatif murah dibandingkan dengan katalis asam homogen. Namun, untuk mendapatkan hasil yang baik pada reaksi transesterifikasi katalis basa memiliki beberapa persyaratan yaitu, 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% (Lotero et al., 2005). Kandungan air yang terdapat di dalam reaksi transesterifikasi harus diperhatikan karena air akan membuat alkil ester terhidrolisis menjadi asam lemak bebas. Kemudian, adanya kandungan asam lemak bebas pada reaksi akan membentuk reaksi penyabunan yang menggangu proses pembuatan biodiesel.

R – COOH		KOH		R – COOK		H_2O
(Asam Lemak Bebas)	+	(Alkali)	→	(Biodiesel)	+	(Air)

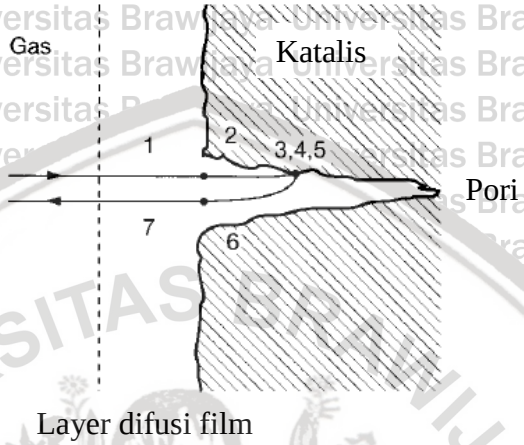
Sehingga, akibatnya katalis basa harus terus ditambahkan kedalam reaksi karena sebagian katalis basa akan habis bereaksi membentuk produk samping berupa sabun. Terbentuknya sabun akan meningkatkan pembentukkan gel dan viskositas pada produk biodiesel sertaakan menjadi penghambat saat katalis dipisahkan dari produk biodisel karena adanya pembentukan emulsi. Hal ini akan menyebabkan penurunan proses pada nilai ekonomis pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis basa.

2.5.2 Katalis Heterogen

Katalis heterogen tidak memiliki wujud sama dengan pereaksi, tetapi menyediakan permukaan yang menyebabkan reaksi dapat berlangsung. Katalis heterogen umumnya memiliki fasa padat dan memiliki sisi aktif yang tidak seragam. Selain itu, katalis heterogen biasanya memiliki sejumlah bahan tambahan selain bahan aktif yaitu penyangga, prekursor, dan promotor. Reaksi dengan menggunakan katalis heterogen terdiri atas tahapan reaksi kimia dan fisika. Pada saat terjadinya proses katalitik, reaktan ditransportasikan pada katalis. Selanjutnya pada katalis akan terjadi beberapa peristiwa seperti difusi, adsorpsi, dan desorpsi selama proses reaksi hingga reaksi selesai. Tahapan mekanisme yang terjadi pada saat reaksi katalitik dengan menggunakan katalis heterogen digambarkan pada gambar 2.3 dengan tahapan sebagai berikut (Hagen, 2006:99):

1. Difusi reaktan *(starting materials)* melalui *boundary layer* pada permukaan katalis.
2. Difusi reaktan *(starting materials)* ke dalam pori katalis *(pore diffusion)*.

3. Adsorpsi reaktan menuju permukaan bagian dalam pori.
4. Terjadinya reaksi kimia pada permukaan katalis.
5. Desorpsi produk hasil reaksi dari permukaan katalis.
6. Difusi produk keluar dari pori katalis.
7. Difusi produk melewati *boundary layer* dan menuju ke medium reaksi.



Gambar 2.3. Tahapan reaksi katalitik dengan menggunakan katalis heterogen

Sumber: Hagen (2006:99)

Tahapan adsorpsi pada permukaan katalis heterogen merupakan tahapan penting dalam proses reaksi, sehingga tahapan keempat yang merupakan proses terjadinya reaksi kimia tidak dapat dipisahkan dari tahapan adsopsi dan desorpsi (tahap ke-3 dan ke-5). Proses adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisika, terjadi gaya van der Waals dan tidak terjadi mekanisme transfer elektron di dalamnya. Sedangkan pada adsorpsi kimia, akan terbentuk ikatan kimia antara katalis dan reaktan dan terjadi transfer elektron. Luas permukaan katalis merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam proses adsorpsi. Proses katalisis dengan menggunakan katalis heterogen melibatkan proses adsopsi secara kimia. Peristiwa ini ditandai dengan adanya reaksi kimia antara molekul reaktan dengan atom-atom pada permukaan katalis yang terdapat pada sisi aktif katalis (Hagen, 2006:104).

2.5.2.1 Katalis Heterogen ZnO-CaO

Salah satu katalis heterogen yang paling banyak diaplikasikan dalam proses pembuatan biodiesel adalah katalis CaO. Katalis CaO merupakan katalis yang dapat dibuat dengan menggunakan proses kalsinasi $CaCO_3$ dari kulit telur. Kalsinasi $CaCO_3$ berfungsi untuk menghilangkan kadar air, karbon dioksida, serta kandungan senyawa organik yang

terdapat di dalam kulit telur. Kandungan air dan senyawa organik dapat dihilangkan dari kulit telur pada proses kalsinasi dengan temperatur di bawah 600°C sedangkan untuk kandungan karbon dioksida baru dapat dilepaskan dari kulit telur pada temperatur sekitar 700 – 800°C. Oleh karena itu, untuk mendapatkan katalis CaO yang baik dari kulit telur, temperatur kalsinasi yang digunakan harus di atas 800°C (Wei, et al., 2009).

Di sisi lain, katalis heterogen CaO memiliki kemampuan katalisator yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan katalis homogen, sehingga baik digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Untuk meningkatkan kemampuan katalis CaO pada proses transesterifikasi, ditambahkan pengemban (*precursor*) berupa *metal-based precursor* seperti Zn, Mn, Al, dan Fe. Fungsi dari pengemban untuk meningkatkan luas permukaan dari sisi aktif katalis CaO. Pengemban yang akan digunakan terbuat dari ZnO powder yang akan dicampurkan dengan CaO menggunakan metode impregnasi basah sehingga terbentuk katalis ZnO – CaO.

2.6 Proses Impregnasi

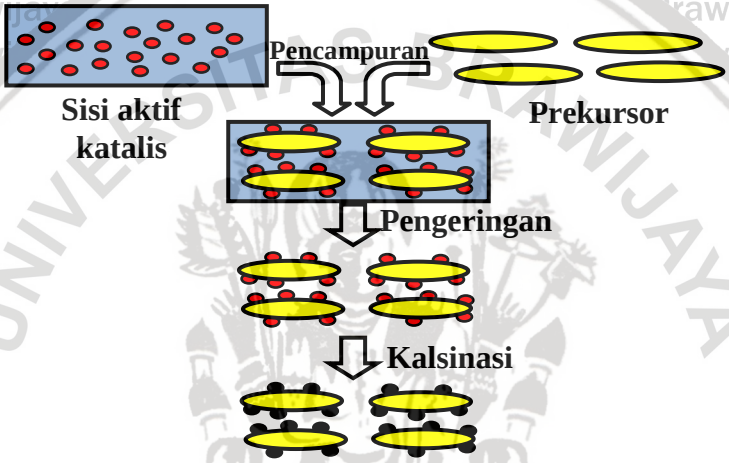
Sintesis katalis heterogen dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, salah satunya dengan menggunakan metode impregnasi. Impregnasi merupakan proses penjenuhan total suatu zat menggunakan zat tertentu. Metode ini paling banyak digunakan karena mudah dalam pengerjaannya. Tujuan dari proses impregnasi adalah untuk menempelkan *support* yang akan diembankan pada sisi aktif katalis. Setelah dilakukan proses impregnasi , kemudian dilakukan proses kalsinasi, sehingga terjadi dekomposisi precursor menjadi spesi aktif.

Pada proses impregnasi *support* yang akan digunakan memiliki beberapa pertimbangan sebagai berikut (Yates & Satterfield, 1991):

a. Bersifat inert dan tidak menghasilkan reaksi lain.
b. Memiliki sifat-sifat mekanik, termasuk ketahanan secara fisik.
c. Stabil.
d. Memiliki luas permukaan yang besar.
e. *Porous*
f. Harganya murah

Selanjutnya *support* yang akan digunakan harus dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan *impurities* dan kelembaban, kemudian *support* ditetesi garam logam, diaduk, dan dibiarkan selama 30 menit agar distribusi garam logam merata. Selanjutnya *support* dikeringkan untuk menghilangkan sisa-sisa air. Proses kalsinasi dilakukan untuk meningkatkan stabilitas katalis terhadap perubahan temperatur. Mekanisme proses impregnasi dapat dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu :

1. Kontak *support* dengan prekursor fasa aktif pada jangka waktu tertentu
2. Proses pengeringan *support*
3. Aktivasi katalis dengan proses kalsinasi



Gambar 2.4 Mekanisme Proses Impregnasi

Sumber; Joshi, et al., 2015

Metode impregnasi dibagi menjadi 2, yaitu:

2. Impregnasi basah (*wet impregnation*) , pada impregnasi basah ,jumlah larutan precursor fasa aktif ditambahkan ke penyangga melebihi volume pori penyangga. walaupun metode ini adalah yang termudah, tetapi dapat menghasilkan deposisi precursor fasa aktif yang sangat banyak pada bagian luar penyangga setelah dikeringkan dan menghasilkan distribusi fasa aktif mirip kulit telur pada bagian luar penyangga.
3. Impregnasi Kering (*incipient wetness impregnation*). Pada metode ini, jumlah larutan precursor aktif (impregnan) yang ditambahkan sama dengan jumlah volume penyangga. keuntungan dari metode ini adalah akurat dalam mengontrol komponen aktif yang akan digabungkan dalam katalis, kelemahannya yaitu sulit melakukan pembuatan dengan persen berat komponen aktif yang besar.

2.7 Proses Homogenisasi

Homogenisasi adalah suatu proses pencampuran yang melibatkan antara dua cairan atau senyawa yang secara alami tidak dapat bercampur satu sama lain. Penyeragaman ukuran dilakukan dengan proses pengecilan ukuran partikel pada fase terdispersi (Fellows, 2000). Dalam proses *homogenizing*, terdapat beberapa mekanisme yaitu pencampuran, pengemulsian, pendispersian, pengadukan, dll. Menurut Bylund (1995), pada homogenisasi menggunakan kecepatan putaran tinggi, pemecahan partikel disebabkan oleh aliran turbulensi yang ditimbulkan. Kecepatan putaran tinggi menghasilkan banyak aliran turbulen kecil yang memecahkan partikel yang bersentuhan dengan aliran tersebut sehingga menjadi lebih kecil. Proses homogenisasi biasanya dilakukan dengan bantuan alat yang disebut homogenizer.

Proses atau metode homogenisasi dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu *mechanical homogenizing*, *pressure homogenizing*, dan *ultrasonic homogenizing*.

2.7.1 Homogenisasi Mekanik (*Mechanical Homogenizing*)

Homogenisasi mekanik dibagi menjadi dua tipe, yaitu rotor-stator homogenizers dan blade type homogenizers.

Tipe homogenizer rotor-stator pertama kali dikembangkan untuk proses dispersi dan emulsi, serta homogenisasi sebagian besar jaringan biologis. Rotor terpasang di bagian stator yang terdapat slot atau lubang. Rotor berputar dengan kecepatan (rpm) yang sangat tinggi sehingga ukuran material berkurang oleh adanya turbulensi aliran yang tinggi dari rotor tersebut. Variabel yang akan dioptimalkan untuk efisiensi maksimum yaitu desain dan ukuran rotor-stator (generator), kecepatan rotor, ukuran awal sampel, viskositas media, waktu pengolahan, laju alir, volume media, konsentrasi sampel, dan posisi rotor-stator. Ukuran rotor stator dapat bervariasi berdasarkan volume sampel. Rotor-stator memiliki dimensi ukuran yang bervariasi meyesuaikan volume sampel. Pada prinsipnya, kecepatan rotor harus digandakan jika ukuran setengah diameter stator dipotong. Dalam skala laboratorium, rotor stator dapat memproses sampel dalam kisaran volume 0,01mL – 20 L. Kapasitas rotor stator harus disesuaikan dengan viskositas dan volume sampel yang akan diproses. Namun, pada proses ini sampel yang telah terhomogenisasi dapat terkontaminasi dengan partikel kaca atau *stainless steel*, serta dapat mengakibatkan adanya kavitasi. Kavitasi adalah terbentuknya vapor bertekanan rendah di dalam aliran liquid. Proses

kavitasi dapat terjadi akibat perpindahan objek padatan di dalam liquid pada kecepatan yang tinggi (Dhankhar, 2014).

Tipe yang kedua adalah tipe *Blade Homogenizer*. *Blade homogenizer* memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan *Rotor-Stator Homogenizer*. *Blade homogenizer* memiliiki pisau pemotong yang digerakkan dengan kecepatan 6000-50000 rpm. *Blade homogenizer* tersedia untuk berbagai ukuran sampel cair dari 0,01 ml sampai multi galon (Dhankhar, 2014).

2.7.2 Homogenisasi Bertekanan (*Pressure Homogenizer*)

Jenis homogenizer ini bekerja dengan memasukkan suspensi melalui saluran atau lubang yang sangat sempit di bawah tekanan. Proses homogenisasi terjadi akibat adanya kombinasi antara perbedaan tekanan yang besar, terbentuknya tipe aliran yang turbulen, serta adanya gaya gesek dengan dinding yang kuat. Semakin tinggi tekanan, semakin tinggi efisiensinya. Parameter operasi yang mempengaruhi efisiensi homogenizers bertekanan tinggi yaitu tekanan, suhu, jumlah lintasan, desain valve, dan laju alir (Dhankhar, 2014).

2.7.3 *Ultrasonic Homogenizer*

Ultrasonic homogenizer dikenal sebagai alat yang berguna untuk memperkuat perpindahan massa pada sistem heterogen cair-cair. Terdapat beberapa variabel eksternal yang harus dioptimalkan untuk keefesienan, yaitu intensitas, amplitudo, suhu, waktu, konsentrasi sampel, tekanan, dan kapasitas vessel. Getaran ditransmisikan pada 15-25 kHz (Dhankar, 2014). Dalam proses homogenisasi ultrasonik, terjadi pembentukan gelombang sonik pada media *liquid*. Gelombang tersebut akan menyebabkan terbentuknya aliran pada *liquid* dan pada kondisi tertentu, akan terbentuk gelembung-gelembung yang berukuran mikro dengan sangat cepat. Gelembung ini disebut sebagai gelembung kavitasi. Gelembung kavitasi tersebut akan tumbuh dan saling bergabung hingga mencapai ukuran resonansi tertentu, dan pada akhirnya akan terpecah. Pecahnya gelembung-gelembung akan menghasilkan *shockwave* dengan energi tertentu untuk memutus ikatan kovalen (Dhankhar, 2014).

Metode ultrasonik memberikan efek pencampuran yang kuat, reaksi dapat dilakukan pada suhu kamar. Penghomogenan yang dilakukan dengan menggunakan *ultrasonic homegenizer* menghasilkan banyak keunggulan seperti hasil FAME yang lebih tinggi dan

waktu yang dibutuhkan lebih singkat dibandingkan dengan metode pengadukan jenis mekanis (Georgogianni, et al., 2009).

2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, terdapat rujukan-rujukan penelitian yang dijadikan dasar untuk melakukan percobaan. Z. Kesic, dkk. (2012) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dengan menggunakan katalis ZnO/CaO dengan perbandingan rasio molar 2:1, 4:1, dan 2:1 (+ H_2O). Metode yang digunakan adalah transesterifikasi dengan kondisi suhu 60°C selama 1, 2, 3, 4 jam. Hasil optimum yang diperoleh adalah pada kondisi waktu reaksi selama 3 jam pada suhu 60°C dengan rasio molar ZnO/CaO 2:1 (+ H_2O). Konversi %FAME yang dihasilkan yaitu 99%

Sementara itu, Chen, et al. (2016) telah melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan katalis CaO – SiO_2. Namun dengan tambahan prekursor silika, justru menurunkan yield biodiesel yang diperoleh. Seiring meningkatnya rasio SiO_2 dari CaO, justru semakin menurunkan yield biodiesel, dari 90,2%, hingga 80,1%.

Irvan dan M.Rifqi (2017) telah melakukan penelitian tentang Aplikasi Katalis Heterogen Fe2O3/CaO pada pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit. Dengan impregnasi basah menggunakan *magnetic stirrer* dengan hasil konversi tertinggi sebesar 80,45%.

Sedangkan Joshi, et al. (2015) melakukan transesterifikasi minyak non-edible (algal, jatropha, dan pongomia) dengan menggunakan katalis dengan *metal-based precursor*, antara lain ZnO – CaO, Fe_2O_3 – CaO, MnO_2 – CaO, dan Al_2O_3 – CaO. Metode yang digunakan adalah transesterifikasi menggunakan sistem *microwave* dengan kondisi suhu reaksi 65°C pada waktu 2 jam. Katalis yang digunakan sebesar 5%wt dari minyak dengan rasio mol metanol : minyak 12 : 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya prekursor, mampu meningkatkan yield dari biodiesel, dimana katalis ZnO – CaO menghasilkan yield paling tinggi yaitu 98,2%

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan merupakan penelitan terapan, yang termasuk pada bidang eksakta melalui teknik eksperimen. Jumlah katalis dalam proses pembuatan biodiesel sebesar 5% dari berat minyak goreng sawit, dengan menggunakan rasio mol metanol : minyak sebesar 12 : 1 selama 2 jam dengan suhu 65^0 C ($\pm 1^0$C) di dalam waterbath. Rasio molar CaO : ZnO adalah 2:1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

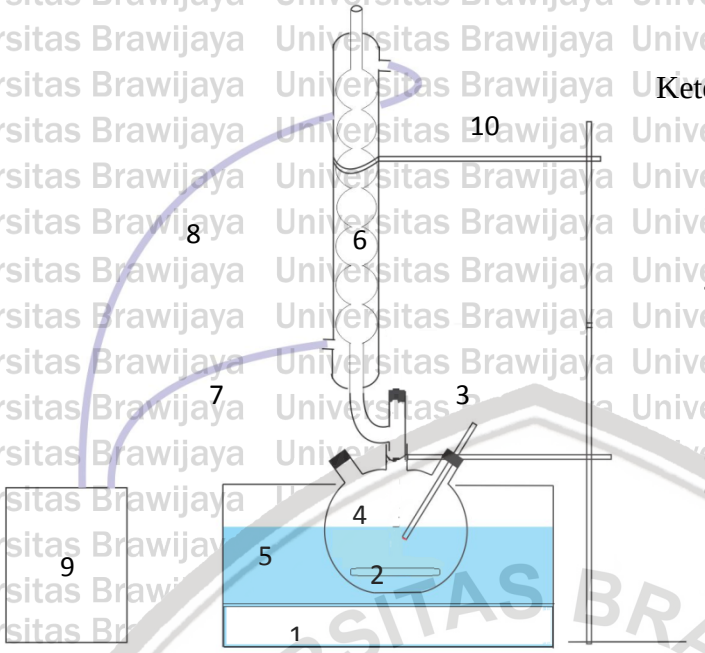
3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. CaO *powder* dan ZnO powder *pure analys*
2. Minyak goreng kelapa sawit
3. Metanol *pure analys*
4. *Demineralized water*
5. Kertas saring

3.2.2. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses transesterifikasi terdiri dari kondensor alilihn, labu leher tiga alas datar, *hot plate dan magnetic stirrer*, pompa, *thermometer*, baskom, *statif* dan *klem holder*. Rangkaian alat transesterifikasi dapat dilihat pada gambar 3.1



Keterangan:

1. Hot Plate and Magnetic Stirrer
2. Stirrer
3. Thrmometer
4. Labu leher tiga alas datar
5. Baskom berisi air
6. Kondensor alilihn
7. Aliran masuk
8. Aliran keluar
9. Pompa
10. Statif dan klem holder

Gambar 3.1 Rangkaian Alat Transesterifikasi

3.3. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat tiga variabel yaitu variabel tetap, variabel bebas, dan variabel terikat.

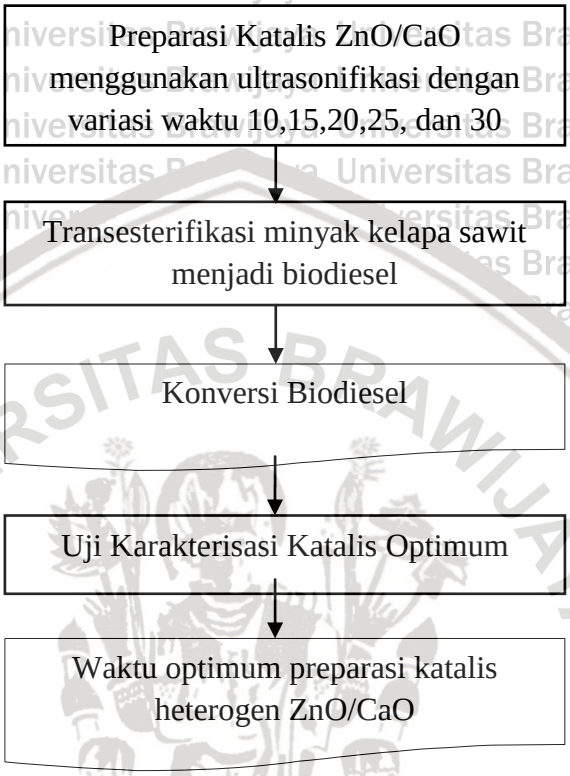
a. Variabel tetap, merupakan variabel yang nilainya telah ditetapkan pada setiap percobaan dan nilainya tidak berubah. Variabel tetap pada penelitian ini antara lain:

- Rasio mol ZnO : CaO = 1:2
- Jenis minyak = Minyak kelapa sawit
- Jenis alkohol = Metanol *pure analys*
- Temperatur reaksi transesterifikasi = 65°C
- Rasio mol minyak : metanol = 1 : 12
- Konsentrasi katalis (w/w%) = 5%
- Waktu reaksi transesterifikasi = 120 menit

b. Variabel bebas, meupakan variabel yang nilainya divariasikan pada setiap percobaan. Variabel bebas pada penelitian ini adalah waktu ultrasonifikasi pada proses impregnasi ZnO ke dalam CaO, waktu ultrasonifikasi terdiri atas lima variabel yaitu, 5 menit, 10 menit,15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit.

c. Variabel terikat, merupakan variabel yang nilainya bergantung pada variabel lain. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah kadar FAME yang dihasilkan dalam tiap biodiesel dengan variabel bebas yang divariasikan.

3.4 Tahap Pelaksanaan dan Penelitian Data



3.4.1. Preparasi Katalis Heterogen ZnO/CaO

3.4.1.1. Pembuatan Suspensi CaO

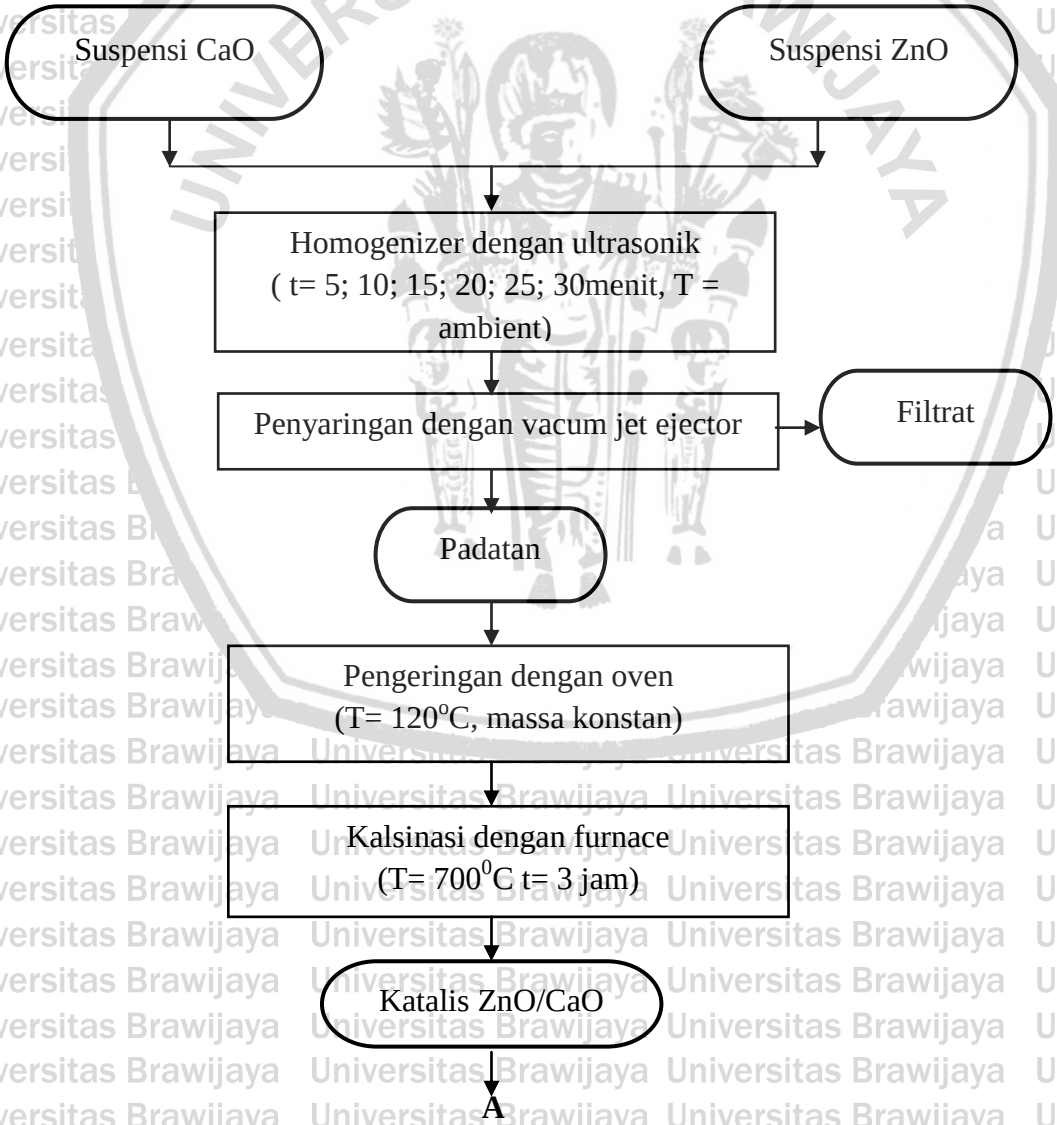
Proses impregnasi katalis memiliki beberapa tahapan proses antara lain, membuat suspensi CaO dengan cara 15 gram CaO dimasukkan kedalam beaker glass 250ml, kemudian ditambahkan 60 demineralized water lalu dicampur dengan menggunakan magnetic stirer hingga larutan suspensi menjadi homogen (Joshi, et al.,2015).

3.4.1.2. Pembuatan Suspensi ZnO

Untuk membuat larutan induk ZnO dilakukan dengan cara 10,58 gr ZnO dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan 30 ml demineralized water, kemudian dilakukan proses pengadukan dengan menggunakan magnetic stirer hingga homogen (Joshi, et al.,2015).

3.4.1.3 Impregnasi Katalis Heterogen ZnO/CaO

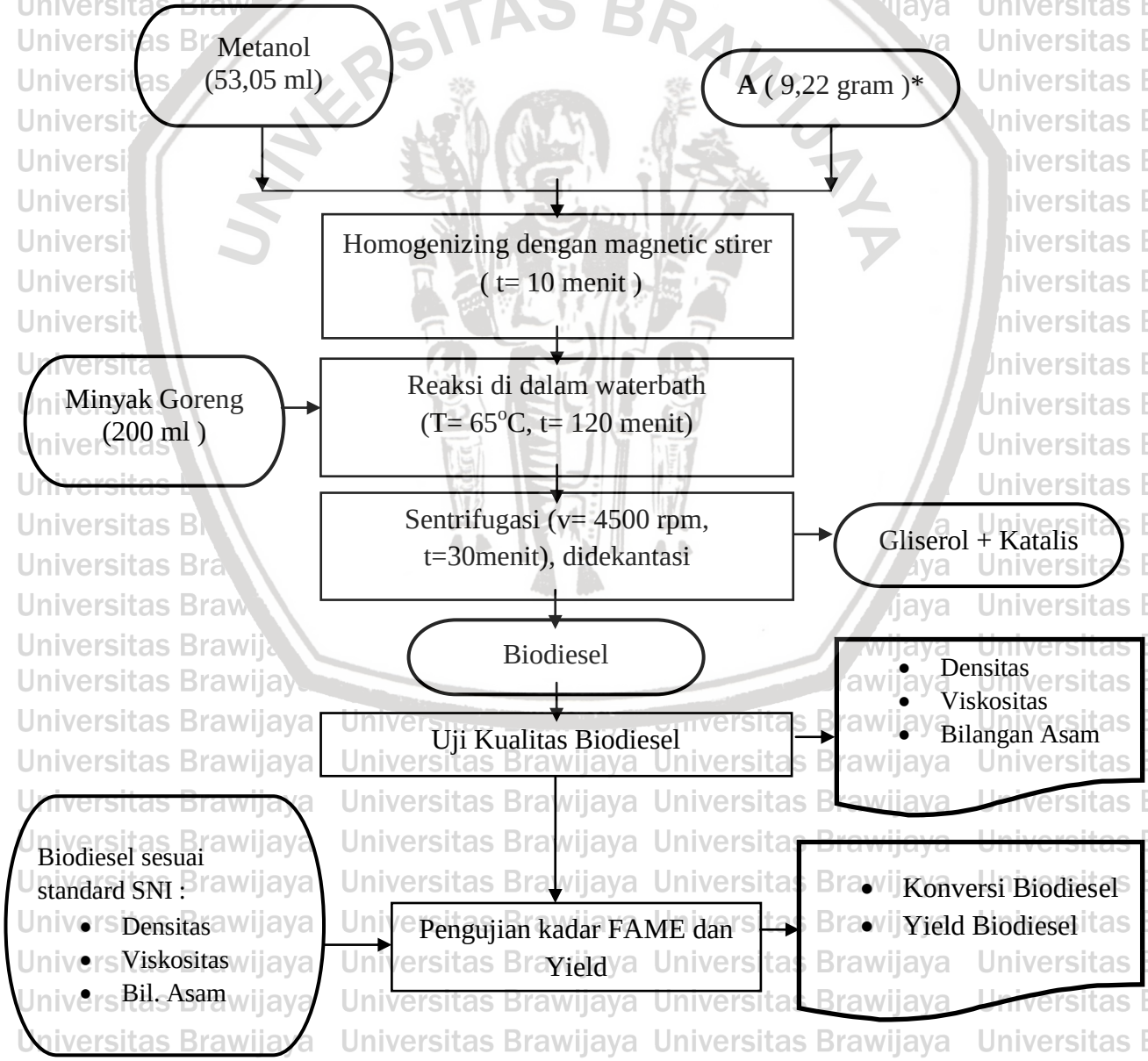
Setelah larutan suspensi Zno dan CaO masing-masing homogen, kedua larutan dicampur kedalam erlenmeyer. Kemudian, dilakukan proses homogenisasi dengan menggunakan jenis homogenizer yaitu ultrasonik homogenizer. Pada ultrasonik homogenizer dilakukan dengan variasi waktu masing-masing 10; 15; 20; 25; 30 menit pada temperatur ambient. Setelah itu, campuran ZnO/CaO disaring menggunakan vacum jet ejector, kemudian padatan yang diperoleh dikeringkan dengan oven pada suhu 120^0C. Tahapan terakhir dari proses impregnasi adalah kalsinasi dengan menggunakan furnace, dilakukan pada suhu 700^0C dan waktu 3 jam. Kemudian, katalis ZnO/CaO siap digunakan untuk proses pembentukan biodiesel. Alur kerja preparasi katalis heterogen ZnO/CaO dengan menggunakan magnetic stirer dan ultrasonifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3



Gambar 3.2 Preparasi Katalis Heterogen ZnO/CaO dengan metode Impregnasi Basah

3.4.2. Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel

Pada reaksi transesterifikasi ini digunakan reaktan berupa metanol dan minyak goreng sawit dengan bantuan katalis ZnO/CaO. Penggunaan rasio mol antara metanol : minyak goreng sawit adalah 12 : 1. Katalis yang digunakan 5% dari berat minyak. Kemudian, dilakukan pencampuran dengan menggunakan magnetic stirer antara katalis dengan metanol. Setelah tercampur, dimasukkan ke dalam waterbath untuk direaksikan dengan minyak goreng kelapa sawit pada suhu 65^{0}C selama 120 menit. Proses selanjutnya, dilakukan sentrifugasi selama 30 menit untuk mendapatkan biodesel yang sudah terpisahkan dari gliserol dan katalis. Setelah itu, biodiesel yang didapatkan dilakukan uji kuantitas dan kualitasnya.



Gambar 3.3 Reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel dari minyak goreng sawit

3.4.3 Uji Kuantitas Biodiesel

Sedangkan untuk mengetahui yield crude Biodiesel dan konversi FAME yang dihasilkan, dapat ditentukan melalui persamaan reaksi stoikiometri. Dimana 1 mol trigliserida akan bereaksi membentuk 3 mol FAME. Kemudian persamaan yield dan konversi dapat dihitung dengan persamaan 3.1 dan 3.2 :

$$\textit{Yield crude}\ \text{biodiesel (\%)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa minyak mula-mula}} \times 100\% \qquad \textbf{3.1}$$

Perhitungan konversi reaksi bertujuan untuk mengetahui jumlah trigliserida dalam minyak kelapa sawit yang terkonversi menjadi FAME. Untuk mengetahui jumlah FAME yang dihasilkan, maka dibutuhkan data berupa kadar FAME dalam biodiesel yang diperoleh melalui instrumen *Gas Chromatography* (GC).

$$\text{Konversi reaksi (\%)} = \frac{\text{mol minyak bereaksi}}{\text{mol minyak mula-mula}} \times 100\% \qquad \textbf{3.2}$$

Di mana, $mol\ \min yak\ bereaksi = \frac{1}{3}\ x\ mol\ biodiesel\ dihasilkan$

Setelah menghitung kuantitas dari biodiesel, adapun uji selanjutnya adalah uji kualitas biodiesel. Kualitas yang dapat diuji antara lain :

Tabel 3.1 Parameter uji kualitas biodiesel

No	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
1	Massa Jenis	kg/m^3	860 – 890
2	Viskositas Kinematik	mm^2/s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka Asam	mgKOH/g	maksimum 0,5
4	Kadar Metil Ester	% massa, min	96,5

Sumber: SNI 7182:2015 (Biodiesel)

3.4.4 Uji Kualitas Biodiesel

3.4.4.1 Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer. Prosedur pengukuran diawali dengan penimbangan piknometer 10 mL kosong untuk mendapatkan massa piknometer. Kemudian, piknometer diisi dengan aquades dan dilakukan penimbangan untuk mendapatkan massa piknometer berisi aquades. Selisih antara massa piknometer kosong dan massa piknometer berisi aquades menunjukkan massa aquades yang selanjutnya akan digunakan untuk kalibrasi volume piknometer sebenarnya.

Setelah mendapatkan volume piknometer sebenarnya, tahapan selanjutnya adalah menentukan densitas biodiesel. Sebelum dilakukan pengujian, biodiesel dipanaskan hingga 40°C karena standar densitas biodiesel pada SNI 7182:2015 diukur pada temperatur tersebut. Kemudian, biodiesel dimasukkan ke dalam piknometer dan dilanjutkan dengan penimbangan. Massa biodiesel diperoleh dari selisih antara massa piknometer yang berisi biodiesel dengan piknometer kosong. Dari data massa biodiesel dan volume piknometer yang sebenarnya, dapat dihitung densitas biodiesel sesuai dengan persamaan 3.3.

$$\text{Densitas biodiesel } (\rho) = \frac{m_1 - m_0}{V_p} \qquad \textbf{3.3}$$

Keterangan:

ρ = densitas biodiesel (g/mL)

m_1 = massa piknometer berisi biodiesel (g)

m_o = massa piknometer kosong (g)

V_p = volume piknometer sebenarnya (mL)

3.4.4.2 Viskositas Kinematik

Pengujian Viskositas dilakukan dengan menggunakan viskometer oswald dan menggunakan 2 macam sampel yaitu aquades dan biodiesel. Aquades digunakan untuk sebagai pembanding waktu dalam persamaan perhitungan viskositas. Pertama menghitung berapa waktu aquades yang diperoleh dari pengukuran dengan viskometer oswald, kemudian biodiesel diukur waktu yang dibutuhkan untuk mengalir dari batas atas ke batas bawah. Setelah diperoleh waktu dari kedua sampel, viskositas dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$\mu\, biodiesel = \frac{\rho\, biodiesel\ x\, t\, biodiesel}{\rho\, air\ x\, t\, air}\ x\, \mu\, air \qquad 3.4$$

3.4.4.3 Angka Asam

Untuk pengujian angka asam menggunakan metode titrasi menggunakan KOH 0,1N. Pertama, sampel biodiesel sebanyak 20 gram dimasukkan dalam erlenmeyer 250ml kemudian ditambahkan etanol 50ml dan indikator PP sebanyak 3 tetes. Setelah itu dititrasi dengan KOH 0,1N hingga warna berubah menjadi merah muda hingga tidak berubah warnanya. Kemudian bilangan asam biodiesel dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Bilangan\ Asam = \frac{mr\, KOH\ x\, N\, KOH\ x\, V\, KOH}{m\, biodiesel} \qquad 3.6$$

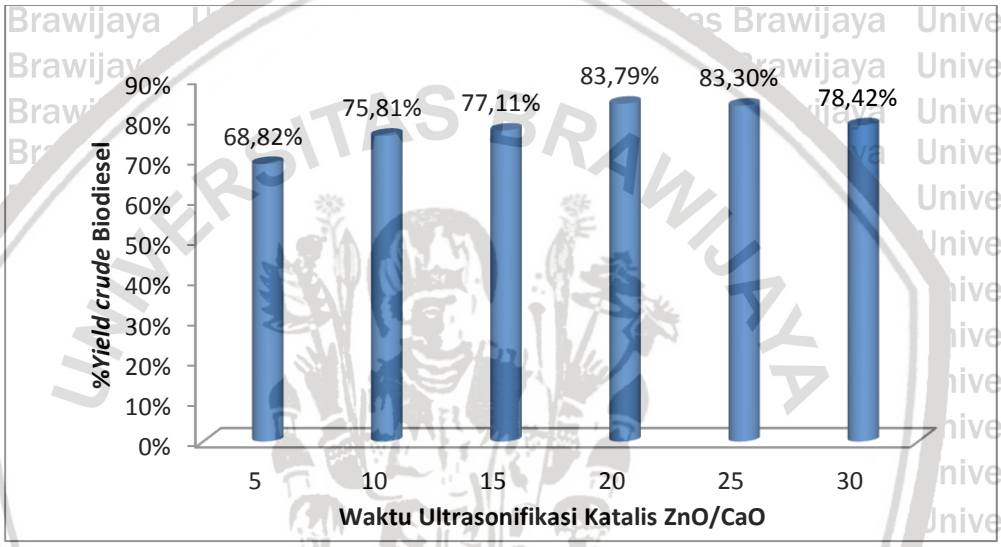
3.4.4.4 Kadar Metil Ester

Untuk uji kadar metil ester dan monogliserida dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Malang, dengan alat GC (*gas chromatography*). Kadar metil ester dalam biodiesel digunakan untuk melihat kadar FAME (*fatty acid metil ester*), sedangkan kadar FAME digunakan untuk mengihitung konversi reaksi transesterifikasi.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.Pengaruh waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO terhadap *yield crude* biodiesel

Yield crude biodiesel merupakan analisis yang dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan massa produk *crude* biodiesel dengan bahan baku minyak kelapa sawit. Biodiesel yang diperoleh merupakan *crude* biodiesel karena masih terdapat komponen yang belum bereaksi contohnya trigliserida. Gambar 4.1 menunjukkan *yield crude* biodiesel yang dihasilkan dari masing masing variabel perbedaan waktu preparasi katalis ZnO/CaO.



Gambar 4.1. Pengaruh waktu ultrasonifikasi katalis ZnO/CaO terhadap *yield crude* biodiesel.

Berdasarkan gambar 4.1, dapat diketahui bahwa *yield crude* biodiesel pada variabel 5 menit merupakan *yield* dengan nilai terendah yaitu sebesar 68,82% dan pada variabel 20 menit menghasilkan nilai *yield* tertinggi sebesar 83,89%. Hal ini dikarenakan pada ultrasonifikasi katalis ZnO/CaO dengan waktu 5 menit distribusi partikel antara CaO dengan ZnO belum mengalami homogenisasi yang sempurna sehingga menghasilkan nilai *yield* yang rendah. Seiring dengan meningkatnya waktu ultrasonifikasi katalis ZnO/CaO nilai *yield* yang dihasilkan semakin meningkat, akan tetapi pada waktu ultrasonifikasi katalis ZnO/CaO 30 menit nilai *yield* menurun dimungkinkan karena semakin lama waktu ultrasonifikasi partikel ZnO yang sudah tergabung dengan CaO mengalami pemisahan akibat adanya tumbukan antar partikel yang terlalu lama dan sebagian lainnya menyebabkan penumpukan antar sesama partikel, sehingga menutupi sisi aktif katalis dan

sisi aktif katalis tersebut tidak dapat brkontak dengan reaktan. Meskipun demikian, nilai *yield* biodiesel yang tinggi tidak dapat menunjukkan kualitas dari biodiesel yang diperoleh pada penelitian ini. Hal ini dikarenakan pada perhitungan *yield* biodiesel dilakukan berdasarkan massa *crude* biodiesel, tidak berdasarkan pada senyawa metil ester yang terkandung didalamnya. Dengan demikian, pada pengukuran massa *crude* biodiesel dimungkinkan masih terdapat komponen lain yang belum bereaksi.

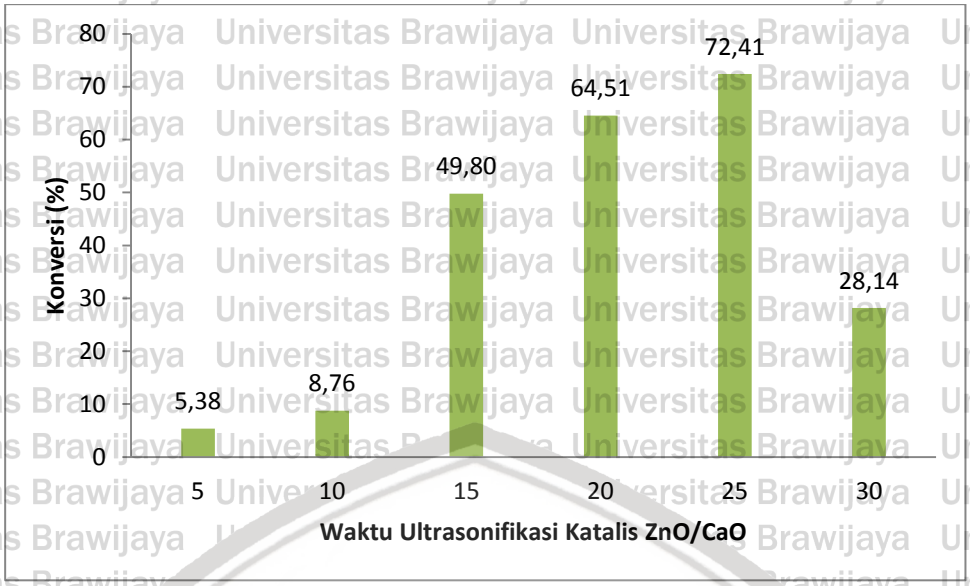
4.2.Pengaruh waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO terhadap Konversi Biodiesel

Nilai konversi biodiesel dipengaruhi oleh presentase kandungan FAME pada biodiesel yang dapat diketahui dengan analisis kuantitatif menggunakan *Gas Chromatorgraphy*. Kadar FAME pada tiap variabel ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Kadar FAME biodiesel hasil penelitian

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Kadar FAME (%)
5	7,5
10	11,07
15	61,90
20	73,81
25	83,33
30	34,40

Dari tabel 4.1 diatas dapat diketahui kadar FAME dari masing masing variabel dimana hal tersebut digunakan untuk mengetahui konversi FAME pada biodesel dari setiap variabel yang disajikan pada gambar 4.2



Gambar 4.2. Pengaruh waktu ultrasonifikasi katalis ZnO/CaO terhadap konversi biodiesel

Dari gambar 4.2, dapat diketahui pada variabel waktu ultrasonifikasi selama 5 dan 10 menit menghasilkan nilai konversi sebesar 5,38% dan 8,76%. Dua hasil konversi tersebut merupakan hasil konversi terkecil dibandingkan dengan hasil variabel yang lainnya. Kecilnya konversi ini dimungkinkan karena pada saat ultrasonifikasi katalis antara ZnO dan CaO terjadi proses impregnasi yang belum sempurna sehingga antara partikel ZnO dan CaO belum memiliki ikatan yang kuat yang menyebabkan terlepasnya ikatan antara partikel CaO dan ZnO. Pada variabel waktu ultrasonifikasi 15, 20, dan 25 menit mengalami kenaikan, yaitu sebesar 49,80%, 64,51%, dan 72,41%. Meningkatnya hasil konversi tersebut dimungkinkan karena semakin lama waktu ultrasonifikasi, maka dimungkinkan impregnasi antara ZnO dan CaO semakin baik sehingga ikatan yang terjadi semakin kuat. Menurut Joshi, *et al*. 2015, kontaknya *support* dan prekursor sisi aktif katalis memiliki jangka waktu tertentu. Berdasarkan penelitian kami pada ketiga variabel 15, 20, dan 25 menit dimungkinkan proses homogenisasi semakin optimum saat mencapai waktu 25 menit sehingga menghasilkan hasil konversi FAME tertinggi. Namun, terjadi penurunan konversi FAME pada waktu ultrasonifikasi selama 30 menit sebesar 28,14%. Hal ini dinyatakan juga oleh Suslick dan Bang, 2010, menurunnya hasil konversi dimungkinkan semakin lama waktu ultrasonifikasi pada saat pembentukan katalis menyebabkan *support* yang akan diembankan ke dalam katalis tidak teremban dengan baik yang dikarenakan semakin lama waktu antar partikel tersebut bertumbukan maka akan terjadi pemisahan antar partikel. Gelombang ultrasonik dapat menyebabkan tumbukan antar partikel yang

mengakibatkan adanya pemisahan atau penggabungan antar partikel (Falah, 2018), sehingga partikel ZnO yang akan diimpregnasikan ke dalam CaO tidak semuanya tergabung dan dimungkinkan semakin lamanya waktu ultrasonifikasi, partikel ZnO yang sudah tergabung dengan CaO mengalami pemisahan akibat adanya tumbukan antar partikel tersebut.

Proses penggabungan partikel ZnO dan CaO

Proses pemisahan partikel yang sudah tergabung

Gambar 4.3. Mekanisme saat proses ultrasonifikasi

Hasil karakterisasi biodiesel yang sudah dilakukan pada penelitian akan dibandingkan dengan standar kualitas biodiesel yang terdapat pada SNI biodiesel. Pada penelitian ini dilakukan pengujian densitas biodiesel dimana nilai densitas yang didapatkan dari biodiesel berada pada 842,0 – 862,0 kg/m^3. Sedangkan bila dilihat dari data SNI tahun 2015 nilai densitas biodiesel berada pada batas 850 – 890 kg/m^3. Tabel 4.2 menampilkan nilai densitas biodiesel tiap variabel dalam penelitian yang telah dilakukan. Dari hasil penelitian didapatkan nilai densitas biodiesel yang sudah memenuhi SNI tentang Biodiesel (SNI 7182:2015) ada 4 variabel sementara 2 variabel lainnya tidak memenuhi data baku SNI tahun 2015. Densitas biodiesel yang tidak sesuai berada pada variabel biodiesel dengan waktu ultrasonifikasi katalis selama 5 menit dan 10 menit dimana masing-masing sebesar 842,0 kg/m^3 dan 846 kg/m^3. Densitas dibawah SNI ini dimungkinkan terdapat pemutusan ikatan pada trigliserida menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih kecil, sehingga nilai densitas menjadi rendah. Densitas crude biodiesel tertinggi yaitu pada waktu ultrasonifikasi katalis selama 15 menit sebesar 862,0 kg/m^3. Adanya perbedaan nilai-nilai biodiesel tersebut dimungkinkan karena adanya trigliserida yang belum terkonversi menjadi metil ester maupun sisa dari metanol yang bereaksi. Nilai densitas biodiesel dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Densitas biodiesel hasil penelitian

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Densitas (kg/m^3)	SNI (kg/m3)
5	847	850-890
10	842	
15	862	
20	849	
25	859	
30	862	

Data hasil pengujian viskositas kinematik crude biodisel pada penelitian ini disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Viskositas biodiesel hasil penelitian

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Viskositas Kinematik (cSt)	SNI (cSt)
5	4,7 ± 0,000	2,3 – 6,0
10	4,5 ± 0,003	
15	4,8 ± 0,009	
20	5,2 ± 0,003	
25	4,4 ± 0,012	
30	5,5 ± 0,002	

Pada penelitian ini pengujian viskositas dilakukan sebanyak dua kali dan didapatkan hasil seperti yang tertera dalam tabel 4.3. Nilai viskositas yang telah dilakukan dalam penelitian ini berada pada batas yang telah ditetapkan SNI, dimana SNI tersebut berada pada rentang 2,3-6,0. Viskositas terendah pada variabel waktu preparasi katalis selama 10 menit sebesar 4,4 cSt. Viskositas tertinggi pada variabel waktu preparasi katalis selama 30 menit sebesar 5,5 cSt.

Dari tabel 4.3., didapat nilai viskositas dari produk biodiesel hasil penelitian berkisar antara 4,4 – 5,5 cSt. Viskositas kinematik dari crude biodiesel masih sesuai SNI, namun nilai viskositas kinematik diatas 4 cSt tergolong tinggi dibanding dengan bahan bakar diesel lainnya. Misalnya solar 48 memiliki viskositas pada rentang 2,0 – 4,0 cSt (Kementerian ESDM, 2016). Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan minyak goreng sawit yang digunakan memiliki komposisi asam lemak dengan ikatan tunggal yang lebih banyak, dimana asam lemak dengan ikatan tunggal dapat meningkatkan viskositas. Selain itu, terdapat perbedaan nilai viskoitas yang disebabkan karena adanya reaktan yang masih

terkandung di dalam biodiesel yang tidak bereaksi maupun katalis yang belum terpisah secara sempurna.

Data hasil pengujian angka asam pada penelitian ini disajikan pada tabel 4.4. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa produk biodiesel crude dari semua variabel memiliki nilai bilangan asam yang sesuai dengan SNI (maksimum 0,5 mgKOH/g). Nilai angka asam dari produk biodiesel crude yang terbentuk memiliki rentang antara 0,18 – 0,4 mgKOH/g. Angka asam yang terendah terdapat pada produk biodiesel dengan variabel waktu preparasi katalis 25 menit dan angka asam yang tertinggi terdapat pada produk biodiesel dengan variable waktu preparasi selama 15 menit.

Tabel 4. 4 Angka asam biodiesel hasil penelitian

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Angka Asam (mgKOH/g)	SNI
5	0,30	
10	0,20	
15	0,40	
20	0,30	0,5
25	0,18	
30	0,20	

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa karakteristik angka asam biodiesel hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan SNI. Nilai angka asam yang kecil ini mengindikasikan bahwa asam lemak bebas sudah dapat dihilangkan. Nilai angka asam biodiesel diartikan sebagai kadar asam lemak bebas yang masih terkandung di dalam biodiesel. Bilangan asam di dalam bahan bakar dapat mempengaruhi sifat korosinya terhadap mesin. Semakin tinggi bilangan asam maka korosivitasnya semakin tinggi. Bilangan asam yang terlalu tinggi tidak dikehendaki, karena pada suhu yang tinggi asam lemak bebas dapat bereaksi dengan logam seperti besi, seng, timbal, mangan, kobalt, timah dan logam lainnya, dimana kejadian tersebut dapat mempercepat kerusakan komponen mesin diesel.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa pada parameter densitas, bilangan asam, dan viskositas biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) biodiesel. Namun, pada parameter kadar FAME produk biodiesel belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) biodiesel. Data analisis kualitatif GC menunjukkan konversi FAME yang dihasilkan cukup rendah, konversi FAME dari

biodiesel yang dihasilkan hanya sebesar 72,41% sehingga dapat diketahui bahwa hanya sebagian kecil trigliserida yang terkonversi menjadi FAME. Dengan demikian, dapat disimpulkan masih terdapat senyawa non FAME yang belum terkonversi di dalam biodiesel. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka biodiesel yang dihasilkan hanya memenuhi tiga parameter dari empat parameter yang diujikan. Berdasarkan standar SNI 7182:2015, biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar substitusi atau campuran dengan bahan bakar fosil apabila memiliki kadar metil ester minimal 96,5%. Dari kelima variabel, biodiesel yang dihasilkan memiliki kadar metil ester kurang dari nilai tersebut sehingga belum bisa digunakan sebagai bahan bakar substitusi. Jika dibandingkan dengan penelitian yang menggunakan *magnetic stirrer* saat proses impregnasi selama 2 jam diperoleh hasil konversi FAME sebesar 80,45% sedangkan pada penelitian yang dilakukan menggunakan *ultrasonic homogenizer* dibutuhkan waktu selama 25 menit untuk mendapatkan nilai konversi FAME sebesar 72,41%. Oleh karena itu, penggunaan *ultrasonic homogenizer* lebih efisien dalam segi waktu preparasi katalis dibandingkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* .

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh waktu ultrasonifikasi terhadap preparasi katalis pada konversi biodiesel didapatkan waktu yang paling optimum digunakan pada katalis heterogen ZnO/CaO untuk pembuatan biodiesel adalah 25 menit, dengan konversi FAME sebesar 72,41% dengan densitas, viskotas, dan angka asam masing-masing sebesar 0,859 g/mL, 4,4 cSt, dan 0,18 mg KOH/g minyak.
2. Biodiesel yang dihasilkan dari keenam variabel memiliki kadar FAME yang masih rendah sehingga belum memenuhi syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182-2015.

5.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, perlu dikaji mengenai preparasi katalis CaO dengan ZnO dengan metode impregnasi basah dan memvariasikan rasio dari CaO dan ZnO untuk mendapatkan rasio optimum terhadap peningkatan konversi biodiesel.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR PUSTAKA

Astuti, Widi., Muhammad Amin, & Aprimal. 2006. *Pemucatan Minyak Kelapa Sawit (CPO) dengan cara Adsorbsi Menggunakan Zeolit Alam Lampung*. Jurnal Zeolit Indonesia. Vol. 5, No. 2

Bannon, Cecil D., Craske, John D., & Norman, Lynette M.. 1988. *Limitation of Ambient Temperature Methods for the Methanolysis of Triacylglycerols in the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters With High Accuracy and Realibility*. Journal of American Oil Chemist. 65 (2):1-8

Budiman, Arief., Ratna Dewi Kusumaningtyas, Yano Surya Prada, & Ni'mah Ayu Lestari. 2017. *Biodiesel: Bahan Baku, Proses, dan Teknologi*. Jakarta: Grasindo dan Gadjah Mada University Press

Bylund, G. 1995. *Dairy Processing Handbook*. Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB

Chen, Guanyi., Shan, Rui., Li, Shangyao., & Shi, Jiafu. 2016. *A Biometric Silicification approach to synthesize CaO-SiO_2 Catalyst for The Transesterification of Palm Oil Into Biodiesel*. Journal Fuel. 153:48-55

Dhankhar, Poonam. 2014. *Homogenization Fundamentals. IOSR Journal Of Engineering*. Vol. 04, Issue 05:1-8. ISSN:2278-8719

Falah, Ahmad Sulton Akbarul. 2018. *Modifikasi Katalis Zeolit Menggunakan Ultrasonik dengan Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida dan Aplikasinya untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak (Ricinus communis)*. Malang: Universitas Isalm Negeri Maulana Malik Ibrahim

Fellows, P. 2000. *Food Processing Technology*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Futura, S., Hiromi, M., Kazushi, R.. 2006. *"Green Disel Fuel Production with Solid Amorphous-Zirconia Catalyst in Fixed Bed Reactor"*. Journal Biomass And Bioenergy. Vol. 30:870-873

Georgogianni, K.G., Kontominas, M.G., Tegou, E., Avlonitis, D., Gergis, V.. *Biodiesel Production: Reaction and Process Parameters of Alkali-Catalyzed Transesterification of Waste Frying Oils*. Journal Energy Fuels. 21:3023–3027

Hagen, Jens. 2006. *Industrial Catalysis: A Practical Approach Second Extended Edition*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Hariyadi P. 2010. *Sepuluh Karakter Unggul Minyak Sawit*. Info sawit. Ed Oktober.

Haryanto, Agus., Ully Silviana, Sugeng Triyono, & Sigit Prabawa. 2015. *Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel*. Jurnal Agritech Vol. 35, No. 2

Joshi, Girdhar., Rawat, D.S., Lamba, B.Y., Bisht, K.K., Kumar, Pankaj., Kumar, Nayan., & Kumar, Sanjay. 2015. *Transesterification of Jatropha and Karanja Oils by Using Waste Egg Shell Derived Calcium Based Mixed Metal Oxides*. Journal Energy Conversion and Management. 96:258-267

Julianti, Niar Kurnia., Tantri Kusuma Wardhani, Ignatius Gunardi, & Achmad Roesyadi. 2014. *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit RBD dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ Alumina (CaO/MgO/ γ-Al2O3) dalam Reaktor Fluidized Bed*. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 3, No. 2. ISSN:2337-3539

Kementrian ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral). 2016. Executif Summary Pemutakhiran Data danNeraca Sumber Daya Mineral. Jakarta: Badan Geologi Kementrian ESDM

Kesic, Z., I Lukic, Zdujic, M., Liu, H., & Skala, D.. 2012. *Mechanochemically Synthesized CaO·ZnO Catalyst For Biodiesel Production*. Procedia Engineering. 42:1169-1178

Knothe, G., Gerpen JV., & Krahl J. 2005. *The Biodiesel Handbook*. USA: AOCS Press

Kusumaningsih, Trana., Pranoto, & Ragil Sayoso. 2006. *Pembuatan Bahan Bakar Biodisel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa*. Jurnal Bioteknologi.3 (1):20-26. ISSN:0216-6887

Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D. E., Suwannakarn, K., Bruce, D. A., & Goodwin, J.G.. 2005. *Synthesis of Biodiesel Via Acid Catalysis*. South Carollina: American Chemical Society

Manurung, Renita. 2006. *Transesterifikasi Minyak Nabati*. Jurnal Teknologi Proses. 5 (1):47-52. ISSN:1412-7814

Martin, Paul. 2006. *Biodiesel For The Small Producer*. East Brunswick: Grown Fuel

Ningtyas, Diah Probo., Siti Ari Budhiyanti, & Latif Sahubawa. 2013. *Pengaruh Katalis Basa (NaOH) Pada Tahap Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biofuel Dari Minyak Tepung Ikan Sardin*. Jurnal Teknosains. Vol. 2, No. 2: 71-158

Puspitaningati, Sunu R., Renata Permatasari, & Ignatius Gunardi. 2013. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Katalis Berpromotor*

Ganda Berpenyangga Γ-Alumina (Cao/KI/Γ-Al2O3) Dalam Reaktor Fluidized Bed. Jurnal Teknik Pomits. Vol. 2, No. 2. ISSN:2337-3539

Schuchardt, U., Sercheli, R., & Vargas, R. Matheus. 1998. Transesterification of Vegetable Oil: A Review. Journal Bras Chem Society. 9 (1):19-210

Setiadji, Soni., Nila Tanyela B., Tety Sudiarti, Eko Prabowo H., & Bebeh Wahid N.. 2017. *Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (Ricinus Communis) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin*. Jurnal Kimia Valensi. Vol. 3, No. 1:1-10

SNI 01-2901-2006. 2006. *Minyak Kelapa Sawit (Crude Palm Oil)*. Jakarta: Badan Standar Nasional

SNI 7182:2015. 2015. *Biodiesel*. Jakarta: Badan Standar Nasional

SNI 7709:2012. 2012. *Minyak Goreng Sawit*. Jakarta: Badan Standar Nasional.

Sunlick, K.S., dan Bang, B. J. H. 2010. *Applications of Ultrasound to Materials Chemistry*. *Advanced Materials*. 22: 295-326

Sutarni & Rachmat Pratomo. 1995. *Pengaruh Suhu Dan Waktu Kalsinasi Amonium Uranil Karbonat(AUK) Proses Gas Terhadap Sifat U_3O_8 Hasil*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah ISSN:0216-3128. Yogyakarta: PPNY-BATAN

Thanh, Le Tu., Kenji Okitsu, Luu Van Boi, & Yasuaki Maeda. 2012. *Catalytic Technologies for Biodiesel Fuel Production and Utilization of Glycerol: A Review*. Journal Catalyst. 2:191-222

Triningrat, AA Mas Putrawati., Ni Made Kartika Rahayu, & IB Putra Manuaba. 2010. *Visual Acuity of Methanol Intoxicated Patiens Before and After Hemodialysis, Methylprednisolone and Prednisone Therapy*. Jurnal Oftalmologi Indonesia. Vol. 7, No. 4

Wei, Z., Xu, C., & Li, B., 2009. *Application of Waste Eggshell as Low-Cost Solid Catalyst for Biodiesel Production*. Journal Bioresource Technology. 100(11): 2883-2885

Yates, I.C. & Satterfield, C.N., 1991. *Intrinsic Kinetics of The Fischer-Tropsch Synthesis on a Cobalt Catalyst*. Journal Energy & Fuels. 5(1): 168-173

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

LAMPIRAN I
DATA DAN PERHITUNGAN

A. Perhitungan Jumlah Reaktan

A.1 Minyak Kelapa Sawit

Berat molekul MKS = 847,3 g/mol (Diahrahmawati, 2017)

Densitas MKS = 0,922 g/ml (Diahrahmawati, 2017)

Volume MKS yang digunakan = 200 ml

Rumus densitas MKS yaitu :

$$\text{Densitas MKS } (\rho) = \frac{\text{massa MKS (g)}}{\text{Volume MKS (ml)}}$$

Massa MKS = Densitas MKS x Volume MKS

= 0,922 g/ml x 200 ml

= 184,4 g

*NB : massa MKS digunakan untuk menentukan kebutuhan metanol dan katalis ZnO/CaO

A.2 Metanol

Rasio mol metanol : MKS = 12 : 1

Densitas metanol = 0,79 g/ml

Berat molekul metanol = 32,04 g/mol

Rumus mol MKS, yaitu :

$$\text{Mol MKS} = \frac{\text{massa MKS (g)}}{\text{berat molekul MKS (g/mol)}}$$

$$= \frac{184{,}4 \text{ g}}{847{,}3 \text{ g/mol}}$$

= 0,218 mol

$$\text{Mol metanol} = \frac{12}{1} \times 0{,}218 \text{ mol MKS}$$

= 2,616 mol

Massa metanol = mol metanol x berat molekul metanol

= 2,616 mol x 32,04 g/mol

= 83,816 g

$$\text{Volume metanol} = \frac{\text{massa metanol (g)}}{\text{densitas metanol } (\frac{g}{ml})}$$

$$= \frac{83{,}816\ g}{0{,}79\ g/ml}$$

$$= 66{,}214\ ml$$

A.3 Katalis ZnO/CaO

Jumlah katalis = 5% x massa MKS

= 5% x 184,4 g

= 9,220 g

B. Hasil Uji Reaksi Transesterifikasi

B.1 Yield Biodiesel

Berikut ini contoh perhitungan *yield* biodiesel secara kuantitatif untuk variabel 1:

Massa biodiesel variabel 1 = 126,9 g

Massa MKS = 184,4 g

Rumus perhitungan yield biodiesel, yaitu :

$$\textit{Yield}\text{ biodiesel (\%)} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa minyak kelapa sawit}}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{126{,}9}{184{,}4}\ x\ 100\%$$

$$= 68.82\%$$

Data *yield* biodiesel untuk variabel 1-5 ditunjukkan pada tabel B.1.

Tabel B.1 Data pengujian *yield* biodiesel

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Yield Biodiesel (%)
5	68,82
10	75,81
15	77,11
20	83,79
25	83,30
30	78,42

B.2 Konversi Reaksi Transesterifikasi

Berikut ini contoh perhitungan konversi reaksi untuk variabel 1 berdasarkan data kadar FAME yang diperoleh melalui pengujian *Gas Chromatography* (GC).

Massa biodiesel = 126,9 g

Berat molekul FAME = 270,457 g/mol (Diahrahmawati, 2017)

Massa minyak = 184,4 g

Berat molekul minyak = 847,3 g/mol

Kadar FAME = 7.50%

$$\text{Konversi reaksi (\%)} = \frac{\text{mol minyak bereaksi}}{\text{mol minyak mula-mula}} x\ 100\%$$

$$= \frac{\frac{1}{3} x \text{ mol FAME}}{\text{mol minyak mula-mula}} x\ 100\%$$

$$= \frac{\frac{1}{3} x \frac{\text{Massa Biodiesel} \times \text{Kadar FAME}}{\text{BM biodiesel}}}{\frac{\text{Massa minyak}}{BM\ minyak}} x\ 100\%$$

$$= \frac{\frac{1}{3} x \frac{137,131}{270,457} \times 7.50\%}{\frac{184,4}{847,3}} x\ 100\%$$

$$= 5,38\%$$

Data konversi reaksi untuk variabel 1-5 terdapat pada tabel B.2

Tabel B.2 Data pengujian *yield* biodiesel

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Konversi Reaksi (%)
5	5,38
10	8,76
15	49,80
20	64,51
25	72,41
30	28,14

C. Karakterisasi Biodiesel

C.1 Pengujian Densitas Biodiesel

Rumus densitas biodiesel, yaitu :

$$\text{Densitas biodiesel } (\rho) = \frac{m1 - mo}{Vp}$$

dimana:

ρ = densitas biodiesel (g/mL)

m_1 = massa piknometer berisi biodiesel (g)

m_o = massa piknometer kosong (g)

V_p = volume piknometer sebenarnya (mL)

Data pengukuran massa dan contoh perhitungan densitas biodiesel yang dilakukan pada temperatur 40°C untuk variabel 1 dan pengukuran pertama ditunjukkan pada tabel C.1.

Tabel C.1 Data pengukuran massa biodiesel pada temperatur 40°C

Pengukuran ke-	**Massa piknometer + biodiesel, m1 (g)**	**Densitas biodiesel (ρ 40°C) (g/mL)**	**Densitas biodiesel (ρ 40°C) (kg/m^3)**
1	24,15	0,846	846
2	24,17	0,848	848
Densitas minyak kelapa sawit rata-rata (kg/m^3) =			847 ± 0,10

Massa piknometer kosong (m_o) = 15,69 g

Volume piknometer (V_p) = 10 ml

$$\text{Densitas biodiesel } (\rho) = \frac{m1 - mo}{Vp}$$

$$= \frac{24{,}17 - 15{,}69 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$$

$$= 0{,}846 \text{ g/ml} = 847 \text{ kg/m}^3$$

Nilai densitas biodiesel untuk variabel 1-5 ditunjukkan pada tabel C.2.

Tabel C.2 Data pengujian densitas biodiesel pada temperatur 40°C

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Densitas biodiesel, ρ 40°C (kg/m^3)
5	847
10	842
15	862
20	849
25	859
30	862

C.3 Pengujian Viskositas Biodiesel

Viskositas biodiesel ditentukan melalui rumus perhitungan berikut ini.

$$\eta \text{ biodiesel} = \frac{\rho \text{ biodiesel} \times t \text{ biodiesel}}{\rho \text{ akuades} \times t \text{ akuades}} \times \eta \text{ akuades}$$

Keterangan:

ρ = densitas (g/ml)

t = waktu alir (detik)

η = viskositas (cp atau cSt)

Tabel C.3 Data pengujian viskositas biodiesel variabel 1 pada temperatur 40°C

Pengukuran ke-	Waktu alir	Viskositas minyak (cp)
1	20’12’’ (1212 detik)	4,403
2	20’12’’ (1212 detik)	4,403
Viskositas rata-rata biodiesel		4,403

Berikut ini contoh perhitungan viskositas biodiesel untuk variabel 1 pada data Pertama. ρ akuades = 0,992 g/ml

t akuades = 154 detik

η akuades = 0,656 cp

$$\eta \text{ biodiesel} = \frac{\rho \text{ biodiesel} \times t \text{ biodiesel}}{\rho \text{ akuades} \times t \text{ akuades}} \times \eta \text{ akuades}$$

$$\eta \text{ biodiesel} = \frac{0{,}922 \times 1212}{0{,}992 \times 154} \times 0{,}656$$

$$\eta \text{ biodiesel} = 4{,}403 \text{ cp}$$

$$\eta \text{ biodiesel} = 4{,}770 \text{ cSt}$$

Nilai viskositas untuk setiap variabel ditunjukkan pada tabel C.4.

Tabel C.4 Data pengujian viskositas biodiesel

Waktu Ultrasonifikasi Katalis ZnO/CaO (menit)	Viskositas biodiesel (cSt)
5	4,7 ± 0,000
10	4,5 ± 0,003
15	4,8 ± 0,009
20	5,19 ± 0,003
25	4,4 ± 0,012
30	5,5 ± 0,002

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

LAMPIRAN 2

HASIL UJI GAS CHROMATOGRAPHY (GC)

STANDARD VALIDASI

1 DITIMBANG STANDARD FAME DENGAN BERBAGAI KONSENTRAS
2 DITIMBANG AMYL ALCOHOL SEBAGAI PEMBANDING
3 DIANALISIS DENGAN GC
4 DIANALISIS HASIL GC UNTUK MENENTUKAN VALIDASI FAME
5 DIDAPATKAN PERSAMAAN DAN KOEFISIEN KORELASINYA

PENENTUAN SAMPEL FAME

1 DITIMBANG SAMPEL FAME (Gr)
2 DITIMBANG AMYL ALCOHOL SEBAGAI PEMBANDING (Gr)
3 DIANALISIS DENGAN GC
4 DIANALISIS HASIL GC UNTUK MENENTUKAN KADAR (%) FAME

KONDISI OPERASI

1 NAMA ALAT = HP 5890
2 KOLOM = HP 632
3 GAS PEMBAWA = NITROGEN
4 KECEPATAN = 1.5 ML/MENIT
5 INITIAL TEMP = 150
6 INITIAL TIME = 3 MENIT
7 RATE = 10 DEG/MENIT
8 FINAL TEMP = 250
9 DETEKTOR = FID

REKAPITULASI PERHITUNGAN FAME

NO File (Spl)	Kode	BERAT (gr)		AREA							RATIO	BERAT		
		SAMPEL	AM ALCOHOL	AM ALCOHOL	UNKNOWN 1	NO	NO	NO	NO	TOTAL	FAME	AREA	TERUKUR	ERHITUNG (g	PERSEN
1	20	0,4227	0,3976	4.704.356,19						7.800.301,60	3.095.945,41	0,658	0,35	0,1410	73,81%
2	10	0,3973	0,4005	3.713.425,56						4.121.387,28	407.961,72	0,110	0,06	0,0251	11,07%
3	25	0,4159	0,4117	3.656.223,75						6.734.003,47	3.077.779,72	0,842	0,45	0,1862	83,33%
4	30	0,4362	0,4002	3.796.878,09						5.220.603,21	1.423.725,12	0,375	0,20	0,0816	34,4%
5	5	0,4462	0,399	4.307.220,12						4.668.281,77	361.061,65	0,084	0,05	0,0195	7,5%
6	15	0,4377	0,4006	4.683.653,63						8.460.678,16	3.777.024,53	0,806	0,43	0,1737	61,9%

Malang, 08 September 2018

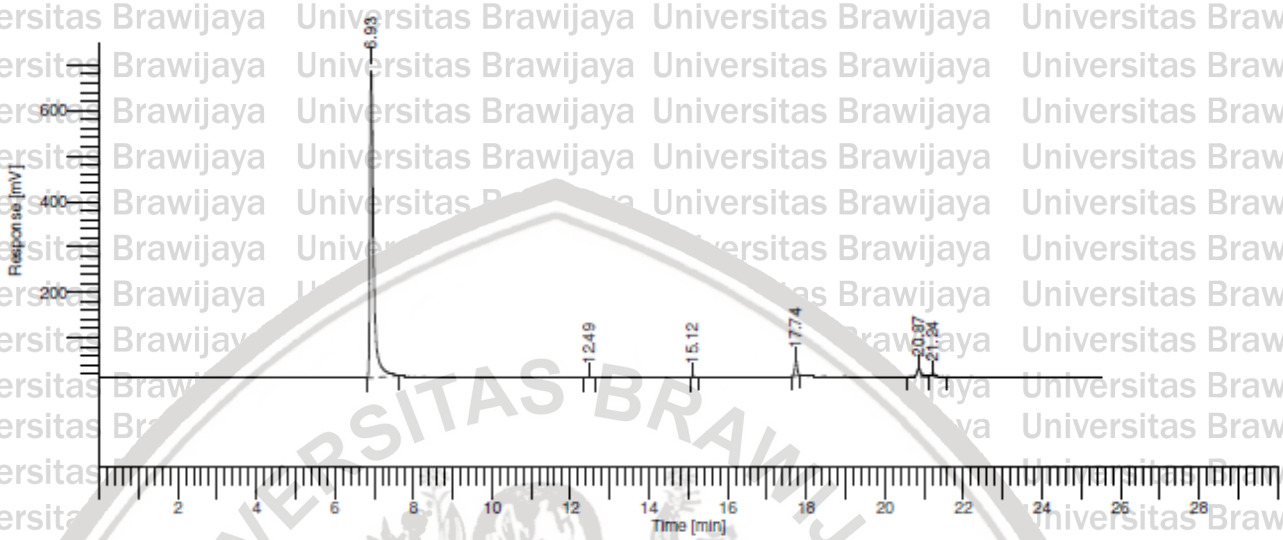
Pelaksana

Kaliawan

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
Sample Name : Fame_9
Instrument Name : HP 5890
Rack/Vial : 0/0
Sample Amount : 1.000000
Cycle : 1

Date : 9/09/2018 9:53:05 AM
Data Acquisition Time : 9/09/2018 9:27:06 AM
Channel : A
Operator : JurTeknikKimia
Dilution Factor : 1.000000

Result File :
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Fame2018.seq



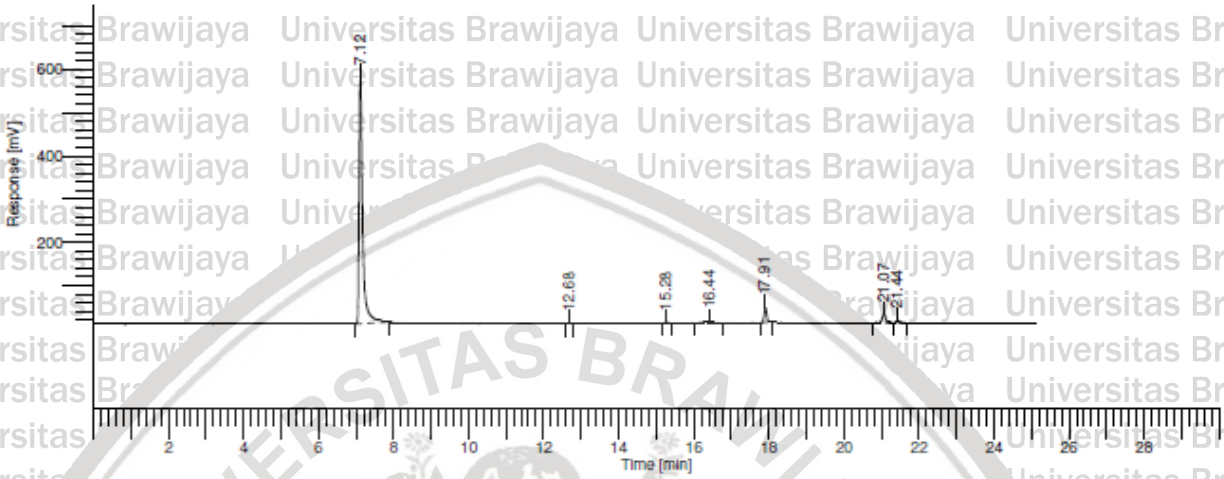
DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	6.927	4307220.12	680168.64	92.27
2	12.489	5475.61	981.61	0.12
3	15.117	8725.67	2001.14	0.19
4	17.742	150388.31	31614.96	3.22
5	20.869	149595.61	18466.04	3.20
6	21.239	46876.46	5263.02	1.00
		4668281.77	738495.41	100.00

Missing Component Report
Component Expected Retention (Calibration File)

Software Version	: 6.2.1.0.104:0104	Date	: 9/09/2018 8:57:46 AM
Sample Name	: Fame_7	Data Acquisition Time	: 9/09/2018 8:32:21 AM
Instrument Name	: HP 5890	Channel	: A
Rack/Vial	: 0/0	Operator	: JurTeknikKimia
Sample Amount	: 1.000000	Dilution Factor	: 1.000000
Cycle	: 1		

Result File :
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Fame2018.seq



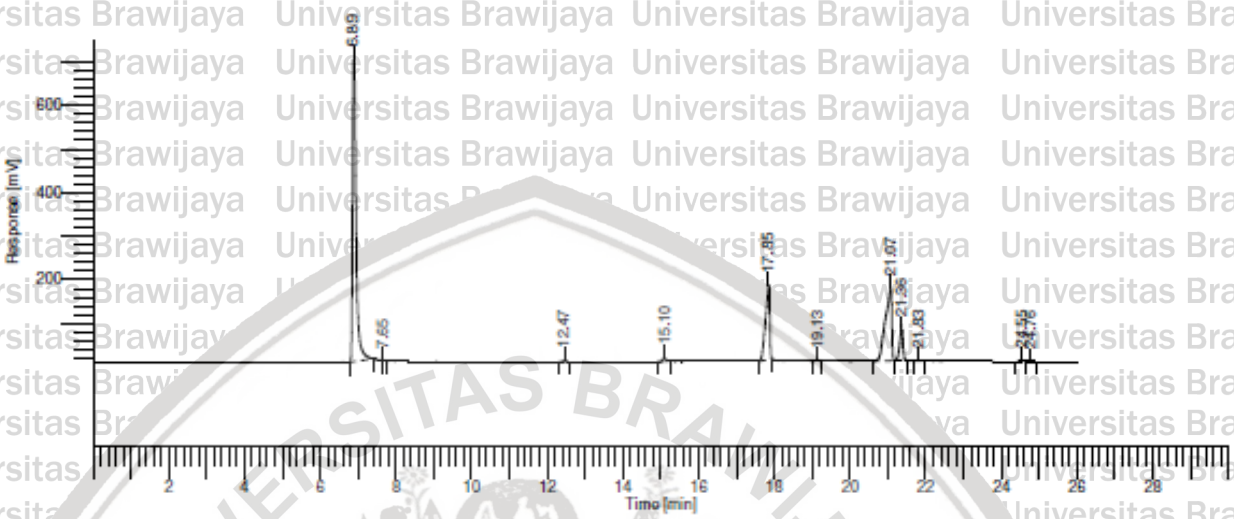
DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	7.117	3713425.56	563606.95	90.10
2	12.685	3609.24	753.42	0.09
3	15.281	8933.60	1991.24	0.22
4	16.444	49666.23	2413.88	1.21
5	17.912	159732.20	32364.33	3.88
6	21.069	149915.02	20528.52	3.64
7	21.443	36105.42	5154.72	0.88
		4121387.28	626813.05	100.00

Missing Component Report
Component Expected Retention (Calibration File)

Software Version	: 6.2.1.0.104:0104	Date	: 9/09/2018 10:20:56 AM
Sample Name	: Fame_10	Data Acquisition Time	: 9/09/2018 9:54:06 AM
Instrument Name	: HP 5890	Channel	: A
Rack/Vial	: 0/0	Operator	: JurTeknikKimia
Sample Amount	: 1.000000	Dilution Factor	: 1.000000
Cycle	: 1		

Result File :
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Fame2018.seq

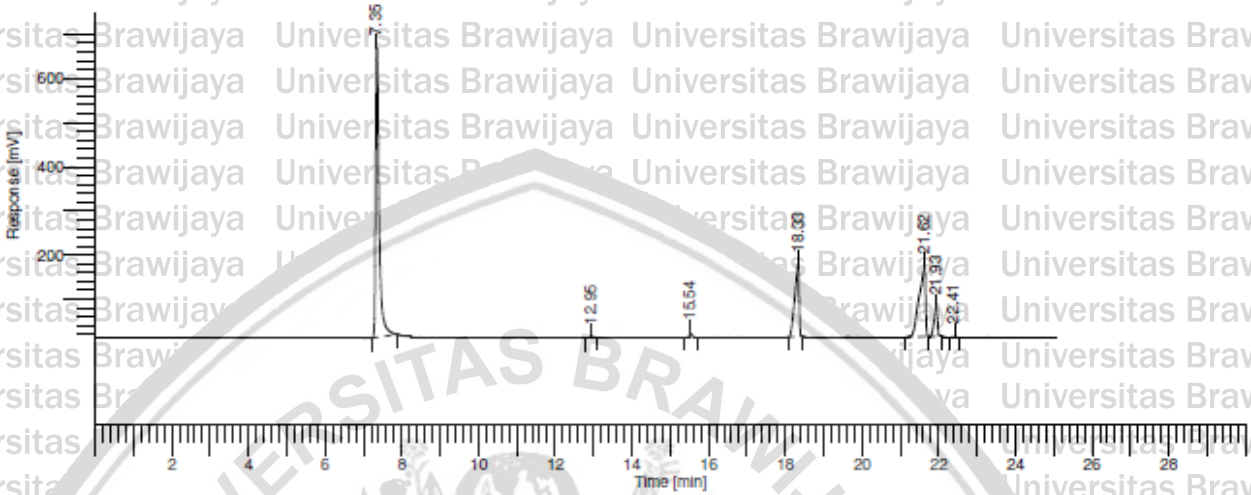


DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	6.891	4683653.63	807998.62	55.36
2	7.653	2845.79	695.47	0.03
3	12.470	10045.53	2087.20	0.12
4	15.095	39246.74	8739.64	0.46
5	17.847	1344070.43	172719.93	15.89
6	19.132	2779.01	595.58	0.03
7	21.070	1921745.92	170984.70	22.71
8	21.365	426939.93	70616.44	5.05
9	21.827	7342.99	1215.52	0.09
10	24.550	14847.35	1943.72	0.18
11	24.761	7160.83	952.73	0.08
		8460678.16	1.24e+06	100.00

Software Version	: 6.2.1.0.104:0104	Date	: 9/09/2018 8:31:11 AM
Sample Name	: Fame_6	Data Acquisition Time	: 9/09/2018 8:05:43 AM
Instrument Name	: HP 5890	Channel	: A
Rack/Vial	: 0/0	Operator	: JurTeknikKimia
Sample Amount	: 1.000000	Dilution Factor	: 1.000000
Cycle	: 1		

Result File :
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Fame2018.seq



DEFAULT REPORT

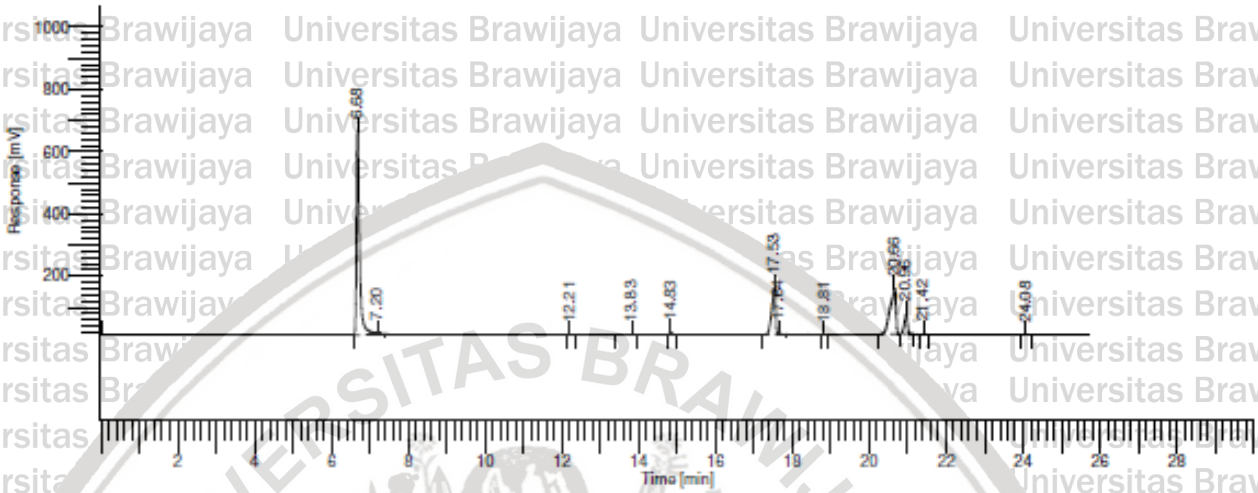
Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	7.351	4150434.86	648074.06	53.21
2	12.947	9481.85	1932.78	0.12
3	15.537	39408.03	8563.95	0.51
4	18.326	1303696.83	167526.51	16.71
5	21.622	1874735.88	165612.00	24.03
6	21.930	415619.28	66443.55	5.33
7	22.413	6924.87	1132.79	0.09
		7800301.60	1.06e+06	100.00

Missing Component Report
Component Expected Retention (Calibration File)

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
Sample Name : Fame_17
Instrument Name : HP 5890
Rack/Vial : 0/0
Sample Amount : 1.000000
Cycle : 1

Date : 9/09/2018 2:22:54 PM
Data Acquisition Time : 9/09/2018 1:56:49 PM
Channel : A
Operator : JurTeknikKimia
Dilution Factor : 1.000000

Result File :
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Fame2018.seq



DEFAULT REPORT

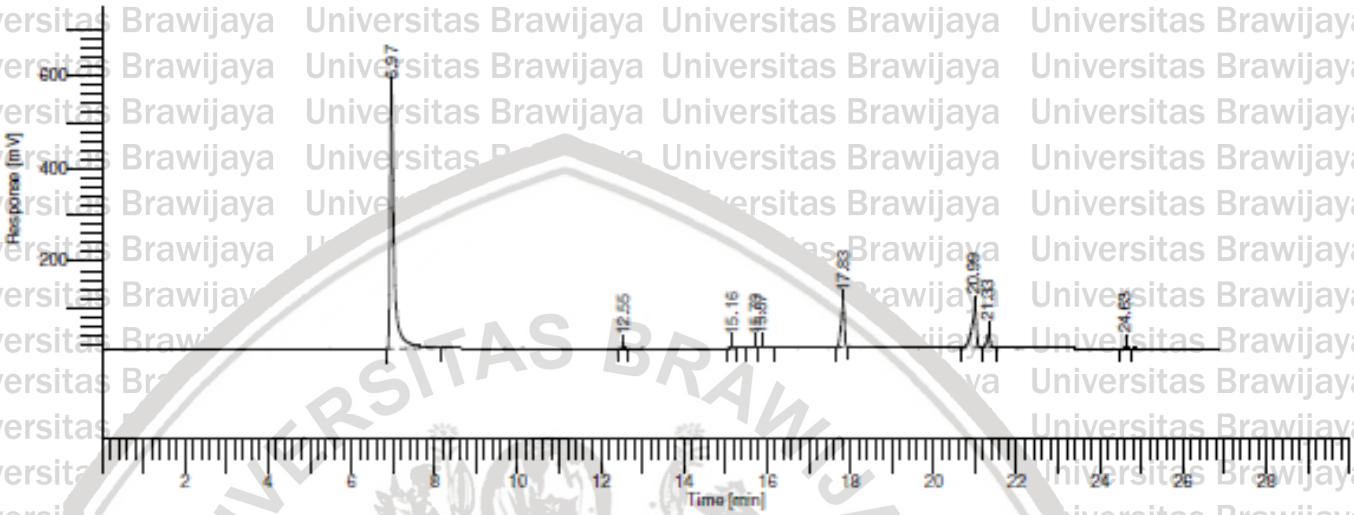
Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	6.685	3656223.75	643697.66	54.29
2	7.200	38968.45	3144.94	0.58
3	12.208	6922.42	1498.07	0.10
4	13.832	11628.69	412.32	0.17
5	14.832	29910.69	6848.99	0.44
6	17.529	1059006.04	151752.05	15.73
7	17.642	12425.13	2195.37	0.18
8	18.809	2595.84	518.90	0.04
9	20.657	1542282.91	149940.30	22.90
10	20.959	359453.23	62702.70	5.34
11	21.424	5270.06	945.75	0.08
12	24.082	9316.27	1422.32	0.14
		6734003.47	1.03e+06	100.00

Missing Component Report
Component Expected Retention (Calibration File)

All components were found

Software Version : 6.2.1.0.104:0104
Sample Name : Fame_8
Instrument Name : HP 5890
Rack/Vial : 0/0
Sample Amount : 1.000000
Cycle : 1
Result File :
Sequence File : C:\PenExe\TcWS\Ver6.2.1\Examples\Fame2018.seq

Date : 9/09/2018 9:26:05 AM
Data Acquisition Time : 9/09/2018 8:58:56 AM
Channel : A
Operator : JurTeknikKimia
Dilution Factor : 1.000000



DEFAULT REPORT

Peak #	Time [min]	Area [uV*sec]	Height [uV]	Area [%]
1	6.968	3796878.09	548539.57	72.73
2	12.549	4471.03	940.12	0.09
3	15.162	15400.23	3452.11	0.29
4	15.733	12690.69	1312.83	0.24
5	15.866	19131.04	1528.64	0.37
6	17.825	524899.39	92451.50	10.05
7	20.995	683857.01	83699.36	13.10
8	21.326	159501.26	27595.91	3.06
9	24.632	3774.46	550.48	0.07
		5220603.21	760070.52	100.00

Missing Component Report

Component	Expected Retention (Calibration File)

LAMPIRAN 3

DOKUMENTASI KEGIATAN

No.	Gambar	Kegiatan
1.		CaO Pure Analysis
2.		ZnO Pure Analysis
3.		Proses pembuatan suspensi CaO

No.	Gambar	Kegiatan
4.		Proses pembuatan suspensi ZnO
5.		Proses homogenisasi suspensi CaO/ZnO dengan ultrasonik
6.		Proses kalsinasi katalis CaO/ZnO

No.	Gambar	Kegiatan
7.		Proses transesterifikasi
8.		Proses sentrifugasi biodiesel
9.		Proses dekantasi biodiesel

No.	Gambar	Kegiatan
10.		Katalis Cao/ZnO
11.		Produk biodiesel

Universitas Brawijaya

LAMPIRAN 5
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Mahasiswa 1

ELFRIDA BR PASARIBU

Tempat, tanggal lahir : Bontang, 4 Mei 1995

Jenis Kelamin : Perempuan

Alamat : Jl. Surabaya No. 12, Bontang

Nomor Telepon : +6285245532417

Email : elfridaelf@gmail.com

Riwayat Pendidikan Formal

	SD	SMP	SMA	S1
Nama Institusi	SD Yayasan Pupuk Kaltim	SMP Bethlehem Bontang	SMA Negeri 1 Bontang	Universitas Brawaijaya
Jurusan	-	-	IPA	Teknik Kimia
Tahun masuk-lulus	2001-2007	2007-2010	2010-2013	2013-2018

Pengalaman Organisasi

2008	Ketua Osis SMP Bethlehem Bontang
2014	Koordinator Humas IPPTM Malang
2015	Anggota Kerohanian PPGT Surabaya cab.Malang
2017	Koordinator Div.Sosial dan Humas PPGT Surabaya cab.Malang

Pengalaman Pekerjaan

2017	Praktik Kerja Lapang di Petrokimia Gresik Department Product 1A Ammoniac

Profesional Skill

Microsoft Office (Word, Excel dan Powerpoint)

Bahasa

- **Indonesia** (native)
- **Inggris** (intermediet)

Universitas Brawijaya

Mahasiswa 2

DHINDA CLARIESTA

Tempat, tanggal lahir : Surabaya, 5 November 1996

Jenis Kelamin : Perempuan

Alamat : Taman Pinang Indah D5/26, Sidoarjo

Nomor Telepon : +628381205858

Email : dclariesta@gmail.com

Riwayat Pendidikan Formal

	SD	SMP	SMA	S1
Nama Institusi	SDN Pucang 2 Sidoarjo	SMPN 4 Surabaya	SMAN 6 Surabaya	Universitas Brawaijaya
Jurusan	-	-	IPA	Teknik Kimia
Tahun masuk-lulus	2002-2008	2008-2011	2011-2014	2014-2018

Pengalaman Organisasi

2015	Staff Humas Kongres Mahasiswa Teknik
2015	Staff Humas I-Challenge 2015
2016	Staff Humas Rapat Koordinasi Nasional BKKMTKI
2016	Staff Konsumsi I-Challenge 2016
2016-2017	Staff Dep. Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Brawijaya

Pengalaman Pekerjaan

2017	Praktik Kerja Lapang di Semen Gresik Department of Product & Application RD Pabrik Gresik
2018	Asisten Laboratorium Operasi Teknik KimiaUniversitas Brawijaya

Penghargaan & Prestasi

2016	Peserta Plant Design Competition Institut Teknologi Bandung
2018	Asisten laboratorium Operasi Teknik Kimia praktikum Operasi Teknik Kimia

Profesional Skill

Microsoft Office (Word, Excel dan Powerpoint)

Bahasa

- **Indonesia** (native)
- **Inggris** (intermediet)

Universitas Brawijaya