
Pengaruh Katalis CaO Dari Cangkang Bekicot Pada Pembuatan Biodiesel Dari Lemak Sapi Dengan Proses Transesterifikasi

Reni Listia Nirmala, Eko Malis*, Rosyid Ridho

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas PGRI Banyuwangi

*email korespondensi : malisgsn@gmail.com

ABSTRAK

Lemak sapi merupakan produk hasil ikutan (*by product*) dari pemotongan sapi yang potensi ketersediaannya cukup tinggi dan masih dianggap sebagai limbah pemotongan karena pemanfaatannya belum maksimal sehingga dapat diarahkan pada produksi biodiesel sebagai alternatif energi yang ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh jenis katalis CaO Cangkang bekicot serta rasio lemak dengan metanol terhadap optimalisasi biodiesel. Kegunaan penelitian ini adalah sebagai metode penerapan teknologi bidang pengolahan limbah hasil ternak dalam mendukung energi yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui (*renewable*). Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental berdasarkan dengan mencari nilai optimum dari 3 variasi mol metanol dan lemak sapi (1:9, 1:10, 1:11) Jumlah katalis (4, 5, 6 dan 7) w/w% dan Suhu 55, 60, 60 dan 65°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai optimum yang didapat dari masing-masing variasi adalah 1:10, 5 w/w % dan 60°C sedangkan hasil karakterisasi Inframerah CaO Cangkang bekicot menunjukkan adanya pita gelombang pada bilangan gelombang kurang dari 600 cm^{-1} yang menunjukkan Katalis CaO, Hasil karakterisasi Metil Ester menunjukkan munculnya puncak pada spektrum dibilangan gelombang 2922,42 cm^{-1} dan 2852,80 cm^{-1} yang menunjukkan adanya $-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$ pada bilangan gelombang 1742,99 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karbonil C=O (Ester) dan pada bilangan gelombang antara 1300-1000 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus karboksil C-O, sedangkan hasil karakterisasi GC-MS menunjukkan 3 peak tertinggi merupakan senyawa ester dengan nama Metil palmitat ($\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$) sebesar 33,64%, Metil Stearat ($\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$) sebesar 24,76% dan Metil Oleat ($\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$) sebesar 17,39.

Kata kunci : Transesterifikasi, Katalis, CaO, Cangkang Bekicot.

PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi manusia di bumi mengakibatkan kebutuhan akan energi semakin meningkat. Bahan bakar minyak bumi adalah salah satu sumber energi utama yang banyak digunakan berbagai negara di dunia pada saat ini. Kebutuhan bahan bakar ini selalu meningkat, seiring dengan penggunaannya di bidang industri maupun transportasi. Setiap hari jutaan barel minyak mentah bernilai jutaan dolar dieksplotasi tanpa memikirkan bahwa minyak tersebut merupakan hasil dari proses evolusi alam yang berlangsung selama ribuan bahkan jutaan tahun yang lalu dan tidak bisa diperbaharui (*unrenewable*), sehingga untuk memperoleh bahan bakar minyak bumi dalam waktu yang singkat menjadi tidak mungkin. Besarnya kebutuhan akan minyak bumi yang tidak diimbangi ketersediaan kuantitasnya membuat harga minyak sangat mahal. Selain itu, muncul berbagai dampak buruk yang diakibatkan efek rumah kaca sehingga mendorong usaha penemuan bahan bakar alternatif yang dapat mengurangi dampak tersebut (Elisabeth dan Haryati, 2001). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menggantikan atau melengkapi bahan bakar yang berasal dari bahan bakar fosil seperti diesel adalah mengembangkan suatu energi alternatif yang disebut dengan biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar dari minyak tumbuhan dan minyak hewan yang telah dikonversi menjadi bentuk metil ester, asam lemak yang ramah lingkungan sehingga dapat membantu ketersediaan minyak diesel. Biodiesel pada umumnya diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek (umumnya metanol) dengan bantuan katalis. Biodiesel yang dihasilkan harus memiliki harga yang lebih murah serta proses produksi yang ramah lingkungan, agar dapat bersaing dengan minyak diesel dari fosil (Ma dan Hanna, 1999; Knothe, 2010; Zhang dkk., 2003; Leung dkk., 2010;). Pada penelitian ini akan digunakan bahan baku biodiesel yang bersumber dari lemak sapi karena bahan sangat mudah untuk didapat dengan adanya perubahan diet manusia yang cenderung mengurangi makanan berlemak.

Proses transesterifikasi pada tahap pembuatan biodiesel selama ini dilakukan dengan alkohol menggunakan bantuan katalis homogen NaOH atau KOH. Namun, beberapa kelemahan dari penggunaan katalis homogen adalah katalis tidak dapat digunakan kembali atau diregenarasi karena katalis bercampur dengan minyak dan metanol, terbentuknya produk samping berupa sabun dan pemisahan antara katalis dan produk lebih rumit serta kurang ramah lingkungan karena membutuhkan banyak air untuk proses pemisahan antara produk dan katalis. Untuk mengatasi kelemahan tersebut di atas, mulai dikembangkan penggunaan katalis heterogen (padat) untuk menggantikan katalis homogen tersebut. Beberapa contoh katalis heterogen misalnya kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), Strontium oksida (SrO), Zeolit, Aluminium trioksida (Al₂O₃), Zink oksida (ZnO), Titanium dioksida (TiO₂), dan ZrO telah digunakan dalam proses transesterifikasi. Diantara katalis ini, logam alkali oksida (misalnya MgO, CaO, dan SrO) memiliki aktivitas tinggi untuk digunakan dalam proses transesterifikasi. Dari beberapa logam alkali oksida ini, CaO lebih mudah ditemukan di lingkungan. Umumnya, kalsium nitrat {Ca(NO₃)₂}, kalsium karbonat (CaCO₃), atau Ca(OH)₂ adalah bahan baku untuk memproduksi katalis CaO. Ada beberapa sumber kalsium alam yang berasal dari limbah untuk mensintesis katalis CaO seperti kulit telur, kulit moluska dan tulang. Alasan dipilih CaO dari limbah cangkang bekicot ini karena tidak hanya menghilangkan biaya pengelolaan limbah, tetapi juga katalis dengan efektivitas tinggi dapat secara bersamaan dicapai untuk industri biodiesel. Penggunaan katalis ini diharapkan dapat meningkatkan laju reaksi transesterifikasi minyak hewani menjadi biodiesel.

METODE PENELITIAN

Preparasi Katalis dari Cangkang Bekicot

Kulit atau cangkang dibersihkan untuk menghilangkan protein dan zat-zat lain kemudian dicuci dengan air panas beberapa kali. Cangkang kemudian dikeringkan menggunakan oven 105°C, selama semalam. Cangkang yang diperoleh kemudian

digerus dan diayak sehingga lolos 100 mesh. Untuk memperoleh katalis CaO, cangkang dikalsinasi pada suhu 800°C selama 4 jam. Katalis ini disimpan di desikator agar tidak bereaksi dengan udara. Fase kristalin dari sampel yang dikalsinasi dianalisis dengan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Preparasi Lemak Sapi

Lemak sapi dipanaskan pada suhu 110°C untuk menguapkan air. Setelah dipanaskan selanjutnya lemak cair didekantasi untuk memisahkan pengotor padatan yang terlarut.

Penentuan Asam Lemak Bebas

Lemak sapi yang telah dibersihkan diambil sebanyak 20 g dicampurkan dengan metanol kemudian dipanaskan selama 20 menit pada suhu 65°C. Kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan beberapa tetes indikator Fenoftalein kemudian dititrasi dengan menggunakan NaOH 0,1 M sampai tepat warna merah jambu kemudian dihitung kandungan asam lemak bebasnya.

Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi dilakukan dalam reaktor *batch*. esterifikasi yang 50 g lemak sapi berada dalam labu 500 cm³ dan dilengkapi dengan refluks kondensor diaduk pada suhu 60°C. Campuran metanol dan katalis CaO ditambahkan ke dalam minyak. Kemudian reaksi transesterifikasi dilakukan dalam berbagai kondisi rasio mol metanol dan minyak sapi (1:9, 1:10, 1:11) suhu reaksi (55, 60, 65 dan 70) oC dan jumlah katalis CaO (4, 5, 6 dan 7) w/w%. Dan campuran reaksi diaduk dengan pengaduk mekanis pada 900 rpm. Reaksi dihentikan setelah 90 menit, dan campuran reaksi dituang ke dalam corong pemisah . Campuran reaksi dibiarkan dingin dan terjadi pemisahan dari tiga lapisan. Lapisan atas terdiri dari metanol yang tidak bereaksi, metil ester, dan trigliserida yang tidak bereaksi, lapisan tengah terdiri dari gliserol, dan lapisan bawah terdiri dari campuran CaO padat dan sejumlah kecil gliserol. Setelah pemisahan dari tiga lapisan dengan sedimentasi, lapisan atas dicuci dengan air tiga kali. Tahap pencucian berfungsi untuk menghilangkan sisa metanol. Kemudian metil

ester yang telah dicuci dipanaskan pada suhu 105°C selama 10 menit untuk menghilangkan sisa air. Produk sebelum dan sesudah pengeringan ditimbang untuk menghitung *hasil* metil ester dengan membagi berat akhir metil ester dengan berat awal minyak.

Analisis Produk

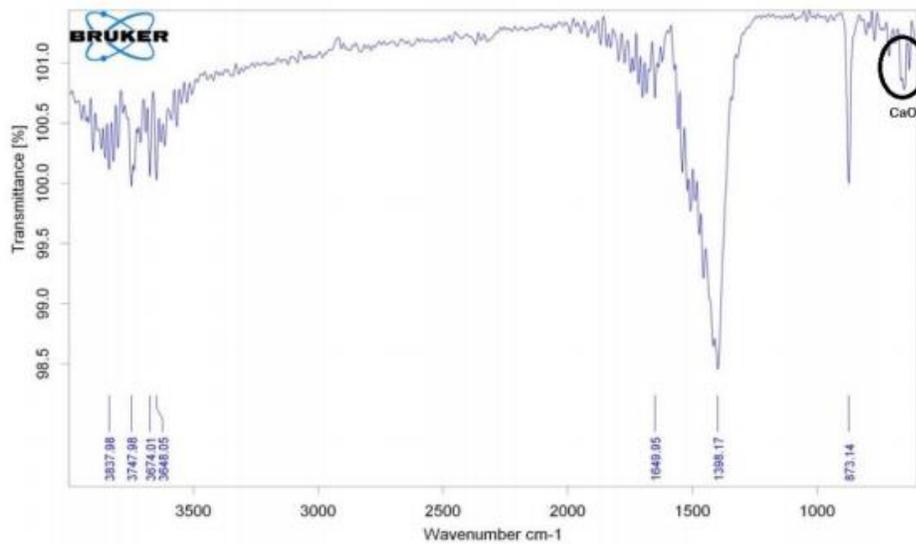
Komposisi metil ester dari limbah lemak sapi ditentukan menggunakan kromatografi gas (GC-MS), analisis katalis menggunakan XRD dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Katalis

Analisis FTIR CaO Cangkang Bekicot

Sampel katalis CaO yang dibuat dari cangkang bekicot dikalsinasi pada suhu 800°C selama 4 jam menghasilkan data sebagai berikut:



Gambar 4.1 Spektrum FTIR CaO Cangkang Bekicot

Karakteristik puncak dari spektra inframerah sampel CaO dari cangkang bekicot diatas menunjukkan adanya pita dari gugus OH, CO, dan CaO seperti pada Tabel 4.1. Pita absorpsi dari gugus OH (hidroksil) pada daerah sekitar 3837,98 - 3648,05 cm⁻¹. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh (Liu dkk, 2008) bahwa spektra inframerah dari Ca(OH)₂ ditunjukkan dari gugus OH yang muncul pada daerah antara 4000-3600 cm⁻¹. Pada hasil penelitian (Granados dkk, 2007) menyebutkan bahwa gugus OH dari (Ca(OH)₂) tampak pada 3837 cm⁻¹ dan OH bending sebagai fisorbsi molekul air pada permukaan padatan pada 1649,95 cm⁻¹. Sedangkan menurut (Albuquerque dkk, 2009), penyerapan air (fisorbsi) ditunjukkan pada pita 3470 cm⁻¹ dan 1660 cm⁻¹. Spektra dari katalis dengan kandungan kalsium yang tinggi ditunjukkan pada puncak 3640 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi OH dari permukaan gugus hidroksil (Ca(OH)₂).

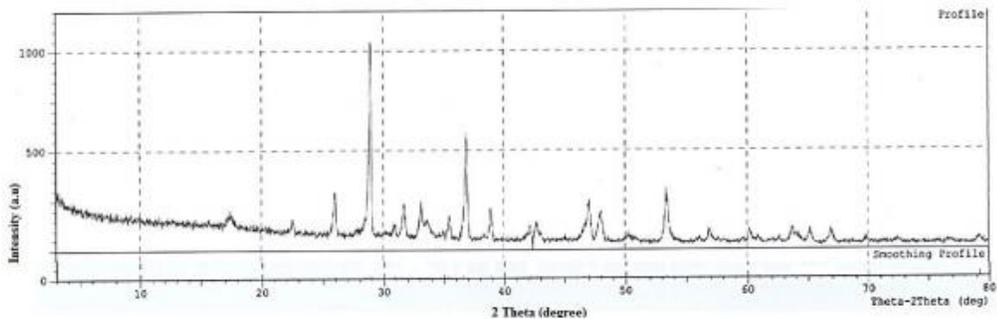
Tabel 4.1 Karakteristik puncak gugus CaO Cangkang Bekicot dan CaO Standar

Nama sampel	Panjang gelombang (cm ⁻¹) karesteristik puncak gugus			
	OH	CH	CO	CaO
CaO Standard (Qoniah I., Prasetyoko, 2011)	3645,58 3433,41	2924,18 2854,74 2515,26 2376,38	1797,72 1778,43 1523,82 1411,94 1157,33 1118,75 875,71 713,69	405.06
CaO Cangkang bekicot	3837,98 3747,98 3674,01 3648,05	-	1649,95 1398,17 873,14	600 - 400

Karakterisasi XRD CaO Cangkang Bekicot

Analisis menggunakan *X-ray diffraction* bertujuan untuk memberikan informasi tentang terbentuknya atau tidaknya gugus-gugus pada CaO Cangkang Bekicot. Karakterisasi XRD CaO Cangkang Bekicot yang dikalsinasi dengan suhu 800°C

selama 4 jam diperoleh data sebagaimana yg terdapat pada gambar 4.2, Pada gambar 4.2 menunjukkan CaO Cangkang Bekicot memiliki serapan CaO yang cukup tinggi pada daerah 2θ : 28° ; 36° dan 53° serta terbentuk serapan dengan intensitas sedang pada daerah 2θ : 32° ; 36.8° ; 53° dan 64° menunjukkan terbentuknya serapan CaO sesuai dengan data standard CaO yang tertera pada gambar 4.3 bahwa puncak karakteristik kalsium oksida (CaO) mulai muncul pada 2θ : $32,16^\circ$; $37,15^\circ$; $53,54^\circ$; $64,16^\circ$ dan $67,5^\circ$ yang dikonfirmasi sesuai dengan standard CaO (JCPDS No. 82-1690). Namun dalam CaO Cangkang Bekicot masih terdapat Serapan dari CaCO_3 yang belum terkonversi menjadi CaO yang ditunjukkan pada daerah 2θ : $25,9^\circ$; $30,9^\circ$; $36,5^\circ$; $38,9^\circ$; 43° ; $50,2^\circ$ dan $47,9^\circ$ serapan tersebut sesuai dengan standard CaCO_3 yang muncul pada gambar 4.3 sebagaimana berikut:

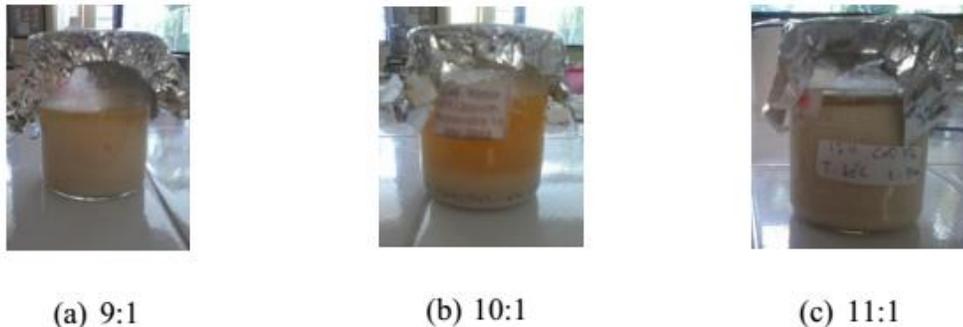


Gambar 4.2 Difraktogram XRD CaO Cangkang Bekicot

Reaksi Transesterifikasi

Pengaruh Rasio mol Metanol dan Minyak Sapi

Untuk menentukan rasio mol metanol dan lemak sapi dilakukan dengan memvariasikan rasio mol metanol dan minyak sapi dari, 9:1, 10:1, 11:1 dengan suhu reaksi, jumlah katalis, pengadukan dan waktu reaksi dibuat konstan yaitu 60°C dan 5 w/w%, 900 rpm dan waktu 90 menit. Hasil dari pengaruh rasio mol metanol dan lemak sapi seperti yang dijelaskan diatas ditunjukkan pada gambar 4.4 sebagaimana berikut:

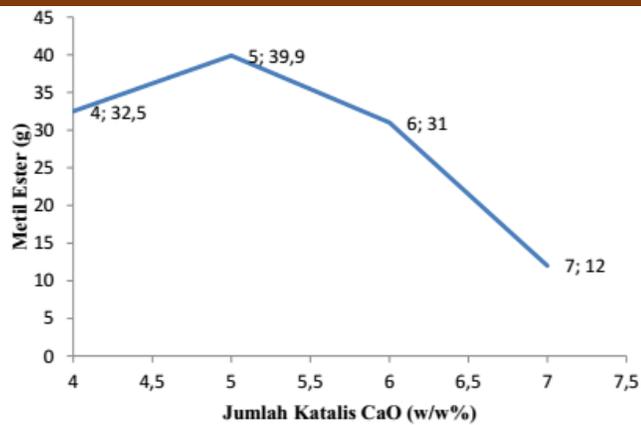


Gambar 4.4 Rasio mol metanol dan minyak sapi

Pada gambar 4.4 diatas tampak jelas hasil dari rasio mol metanol dan minyak sapi didapat bahwa rasio mol b dapat menghasilkan minyak lebih baik dalam perlakuan yang sama dari rasio mol a dan c. Hal ini disebabkan karena pada saat proses transesterifikasi, metanol akan teruapkan dan terkondensasi kemudian mengekstrak kembali, sehingga menghasilkan rendemen yang tinggi, sesuai dengan pendapat Priyanto (2007), yang menyatakan bahwa proses transesterifikasi merupakan reaksi kesetimbangan sehingga diperlukan alkohol untuk mendorong reaksi ke arah kanan sehingga dihasilkan metil ester. Dan penggunaan metanol yang berlebih juga akan meningkatkan pembentukan gliserol sehingga memperbesar kemungkinan tumbukan antara molekul zat yang bereaksi sehingga kecepatan reaksinya bertambah besar. Hal ini sesuai dengan pendapat Yitnowati (2008) keberadaan gliserol yang tinggi dalam larutan alkil ester akan mendorong reaksi berbalik ke arah kiri membentuk monogliserida, sehingga hasil *alkil ester* (biodiesel) menjadi berkurang.

Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Hasil Metil Ester

Penentuan jumlah katalis dilakukan dengan variasi jumlah katalis CaO pada konsentrasi 4, 5, 6, dan 7 w/w% dari minyak dengan waktu reaksi selama 90 menit, perbandingan mol minyak dengan metanol 1:10, kecepatan pengadukan dan suhu adalah 900 rpm dan 60oC. Pada gambar 4.5 menunjukkan data yang dihasilkan berdasarkan perlakuan diatas:

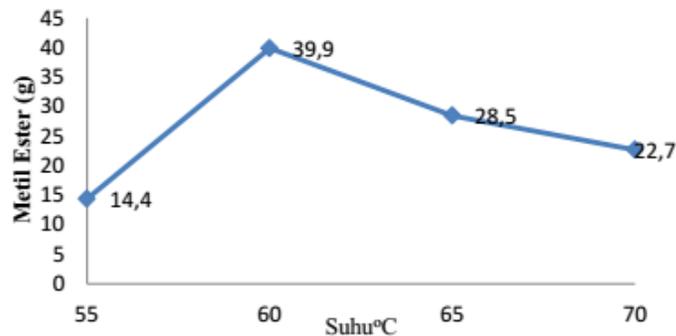


Gambar 4.5 Pengaruh jumlah katalis terhadap Hasil Metil Ester (g)

Gambar 4.5 tersebut menunjukkan hubungan antara jumlah katalis terhadap hasil metil ester dengan variasi jumlah katalis CaO pada waktu reaksi 90 menit dan rasio mol metanol dan minyak sapi 1:10. Katalis adalah zat yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi tetapi zat tersebut tidak mengalami perubahan kimia pada akhir reaksi. Katalis tidak berpengaruh pada energi bebas $\Delta G < 0$, jadi juga tidak berpengaruh terhadap tetapan kesetimbangan k . Umumnya kenaikan konsentrasi katalis juga menaikkan kecepatan reaksi, jadi katalis ini ikut dalam reaksi tetapi pada akhir reaksi diperoleh kembali (Sukardjo, 2002). Namun, peningkatan konsentrasi katalis tidak selalu meningkatkan konversi malah sebaliknya akan mempersulit terbentuknya produk. Dan dalam penelitian ini pengaruh jumlah katalis untuk menghasilkan minyak terbaik diabaikan ketika massa CaO dari minyak meningkat diatas 5 w/w% hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah katalis, campuran katalis dan reaktan menjadi terlalu rapat mengikat yang digunakan adalah katalis heterogen sehingga bermasalah dalam pencampuran untuk menghasilkan metil ester. disisi lain, ketika jumlah katalis tidak cukup, hasil maksimum metil ester tidak dapat tercapai. Jumlah katalis terbaik adalah 5 w/w% dari minyak.

Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Metil Ester yang dihasilkan

Penentuan suhu reaksi dilakukan dengan variasi suhu 55, 60, 65, 70 oC dengan jumlah katalis 5 w/w% dari berat minyak dan perbandingan rasio mol minyak sapi dan meanol 1:10 dalam reaksi selama 90 menit.



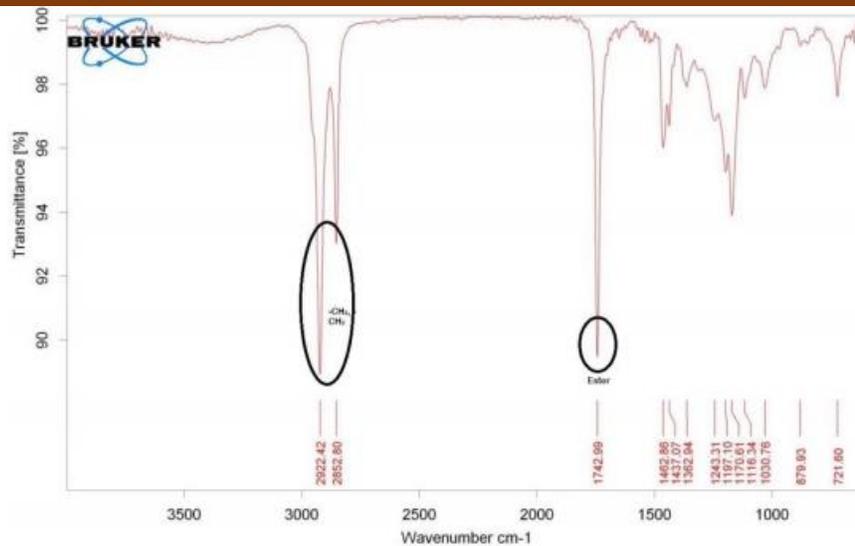
Gambar 4.6 Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Hasil Metil Ester (g)

Gambar 4.6 diatas menunjukkan suhu berpengaruh terhadap hasil metanolisis dari lemak sapi. Laju reaksi lambat pada suhu rendah karena resistensi difusi, katalis heterogen membentuk 3 fase, minyak-metanol-katalis. Dan ketika reaksi dengan suhu terlalu telalu tinggi juga akan berpengaruh dalam kinerja katalis karena semakin tinggi suhu maka semakin cepat kinerja katalis, namun suhu juga dapat mempengaruhi produk karena reaksi antara gliserol dan metanol dalam penelitian ini menghasilkan nilai optimum 60oC. Jika lebih dari itu metanol akan berubah menjadi fase gas dan akan mengurangi jumlah metanol dalam sistem sehingga terbentuknya metil ester menjadi terganggu.

Karakterisasi Metil Ester dari Lemak Sapi

Spektrum FTIR Metil Ester dari Lemak sapi

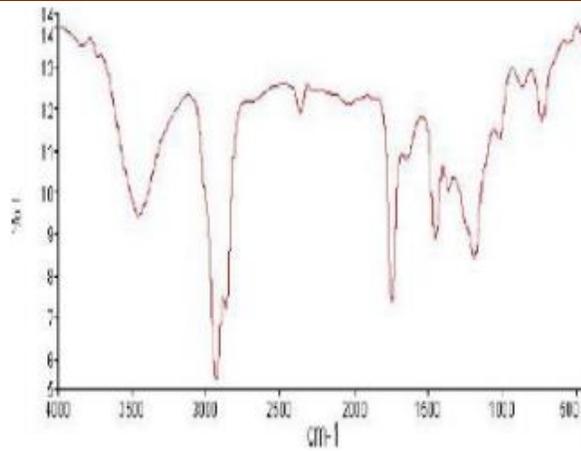
Proses transesterifikasi dilakukan dalam reaktor beach dengan paramenter suhu reaksi 60°C, jumlah katalis 5 w/w%, pengadukan 900 rpm, waktu reaksi 90 menit dan perbandingan mol minyak dan metanol 1:10 menghasilkan data sebagai berikut:



Gambar 4.7 Spektrum FTIR Metil Ester dari minyak sapi

Pada gambar 4.7 dijelaskan bahwa reaksi transesterifikasi dari minyak sapi dengan bantuan katalis CaO sebagaimana jumlah dan perlakuan yang didapat dari nilai optimum menghasilkan produk yang diinginkan (Metil Ester) dengan karakteristik yang munculnya puncak pada spektrum dibilangan gelombang 2922,42 cm-1 dan 2852,80 cm-1 yang menunjukkan adanya C-C pada bilangan gelombang 1742,99 cm-1 menunjukkan adanya gugus karbonil C=O (Ester) dan pada bilangan gelombang antara 1300-1000 cm-1 menunjukkan adanya gugus karboksil C-O.

Sedangkan spektrum FTIR metil ester standard ditunjukkan pada gambar 4.8 sebagaimana berikut:

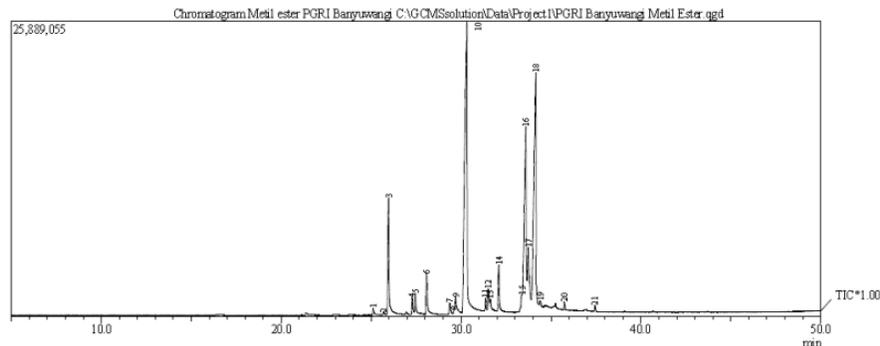


Gambar 4.8 Spektrum FTIR Metil Ester Standard (Cahyono E., Tjahjani S., 2014)

Gambar 4.8 merupakan spektra FTIR untuk metil ester standard (biodiesel), terdapat spektrum serapan pada bilangan gelombang 1741 cm^{-1} yang menunjukkan gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari senyawa ester, 1165 cm^{-1} dan 1018 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan $\text{C}-\text{O}$ sedangkan pada bilangan gelombang sekitar 1650 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan $\text{C}=\text{C}$. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa telah terbentuk metil ester pada hasil transesterifikasi minyak sapi dengan bantuan katalis CaO (Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S. 1982)

Analisis GC-MS Metil Ester Minyak Sapi

Analisis GCMS dilakukan pada dua variasi suhu dan jumlah katalis dengan waktu dan pengadukan yang konstan yaitu metil ester hasil transesterifikasi terbaik dari variasi suhu dan jumlah katalis dengan hasil yang diperoleh yaitu jumlah katalis 5 w/w% , suhu 60°C , pengadukan dan waktu yang konstan adalah 900 rpm dan 90 menit, menghasilkan data sebagai berikut :



Gambar 4.9 Kromatogram Metil Ester dari Minyak Sapi

Kromatogram yang dihasilkan oleh analisa GC menggunakan detektor MS dilakukan dengan pelarut helium dengan temperatur injeksi 300oC, tekanan injeksi 12.0 kPa, total aliran 15.0 mL/min, aliran column 0,53 mL/min menunjukkan adanya 21 puncak yang terdeteksi sebagai metil ester asam lemak hal ini terlihat pada (tabel 4.3). tiga puncak dengan persen area terbesar ditunjukkan pada (tabel 4.2) Puncak tertinggi pertama terletak pada nomer 10 yaitu metil palmitat, (C17H34O2) sebesar 33,64% dengan waktu retensi 30,322 menit; Puncak ke 18 yaitu metil stearat, (C19H38O2) sebesar 24,76% dengan waktu retensi 34,150 menit; Puncak ke 16 yaitu metil oleat, (C19H36O2) sebesar 17,39% dengan waktu retensi 34,150 menit. Dalam ketentuan biodiesel terdapat syarat adanya bilangan setana di mana memiliki atom C sebanyak 16 atau lebih. Jadi ketiga jenis metil ester ini yaitu metil palmitat, metil stearat, dan metil oleat, memenuhi ketentuan untuk dikatakan sebagai biodiesel karena memiliki atom C lebih dari 16. metil palmitat, mempunyai rantai karbon yang paling pendek sehingga puncaknya muncul lebih awal dibandingkan metil stearat, dan metil oleat. Sedangkan puncak metil stearat, muncul lebih dulu dari karena berat molekul metil oleat, lebih besar dari pada berat molekul metil stearat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sampel katalis kalsium oksida (CaO) yang dibuat dari cangkang bekicot melalui dekomposisi termal dengan kalsinasi suhu 800oC terbentuk dengan baik hal tersebut

dapat di lihat dari sektrum FTIR pada serapan 600-400 cm⁻¹ dan difraktogram pada 2 θ : 32^o; 36.8^o; 53^o dan 64^o. 2. Rasio mol minyak sapi dengan metanol optimum yang didapat dari penelitian ini yaitu 1:10. 3. Suhu optimum yang didapat dari penelitian ini adalah 60^oC dengan metil ester yang dihasilkan yaitu 39.9 g. 4. aktivitas katalis yang baik pada penelitian ini dalam produksi metil ester (biodiesel) dari limbah lemak sapi mendapatkan nilai optimum yaitu 5 w/w%. 5. sampel metil ester yang dibuat dari lemak sapi dapat terbentuk dengan baik berdasarkan kromatogram dari GC-MS dan Spektrum FTIR yang dihasilkan.

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk sampel katalis dengan suhu kalsinasi optimum yaitu 900^oC sesuai yang didapat oleh (Qoniah I., Prasetyoko D., 2015) yang berasal dari cangkang bekicot pada variasi waktu, kecepatan pengadukan dan pengujian prodak seperti uji viscositas, densitas, titik nyala dan lain sebagainya.

REFERENSI

- A Pilot Plant to Produce Biodiesel from High Free Fatty Acid Feedstocks” An ASAE Meeting Presentation, Paper Number: 01-6049*
- Chai, Ming; Tu, Qingshi; Yang, Jeffrey Y.; and Lu, Mingming, "Esterification pretreatment of free fatty acid in biodiesel production, from laboratory to industry" (2014). *U.S. Environmental Protection Agency Papers*. Paper 212.
- Darnoko, D, Cheryan M., 2000. *Kinetics of Palm Oil Transesterification in Batch Reactor. J. Am. Oil Chem. Soc.* 77:1263-1237. Elisabet, 2001.
- Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan*. Warta Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Encinar, J.M., González, J.F., Pardal, A., Martínez, G., 2010
- “Transesterification of Rapeseed Oil With Methanol in the Presence of Various Co-Solvents”* Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice Endalew, A.K., Kiros, Y., Zanzi, R., “Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production from *Jatropha curcas* Oil (JCO)”, *Energy*, pp. 1-8, 2011.
- Hameed, B. H., Lai, L. F., Chin, L. H., “Production of Biodiesel from Palm Oil

- (*Elaeis guineensis*) Using Heterogeneous Catalyst : An Optimized Process”, *Fuel Processing Technology*, 90, pp. 606-610, 2009.
- Jazie, A.A., Pramanik, H., Sinha, A.S.K., “Egg Shell As Eco-Friendly Catalyst for Transesterification of Rapeseed Oil : Optimization for Biodiesel Production”, *Special Issue of International Journal of Sustainable Development and Geen Economics (IISDGE)*, Vol. 2 No.1, pp. 27-32, 2013.
- Kombe, G.G., Temu, A.K., Rajabu, H. M.,” *Pre-Treatment of High Free Fatty Acids Oils by Chemical Re-Esterification for Biodiesel Production—A Review*” *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2013, pp. 242- 247
- Lee, Dae-Won., Park, Young-Moo dan Lee, Kwan-Young., “Heterogeneous Base Catalysts for Transesterification in Biodiesel Synthesis”, *Catal Surv Asia*, 13, pp. 63-77, 2009. Lotero, E., Liu, Y., Lopez, D.E., Suwannakarn, K., Bruce, D.A., dan Goodwin, J.G. (2005).
- Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 44(14), 5353–5363.
- Martono Tjukup,. Efendi Abdullah,. 2011.” Biodiesel dari Lemak Hewani (Ayam Broiler) dengan Ktalis Kapur Tohor” Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Netti, H dan Hendra, G. 2003.
- Qoniah Imroatul., Prastyoko.,2011 ”*Penggunaan Cangkang Bekicot Sebagai Katalis Untuk Reaksi Transesterifikasi Refined Palm Oil*” Jurusan Kimia Institut Teknologi Sepuluh november, Surabaya. Rahadiyan, M., dkk., 2010.
- “*Pengaruh Katalis Basa-Heterogen Campuran (CaO.MgO) Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit*”. Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya. Palembang, Indonesia.
- Saryanto, H., "High Temperature Oxidation Behavior of Fe₈₀Cr₂₀ Alloys Implanted with Lanthanum and Titanium Dopant" Master Thesis, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia, 2011. Susilo, 2006.

Biodiesel revisi sumber energy alternative pengganti solar yang terbuat dari ekstraksi minyak jarak pagar, Trubus agrisarana. Surabaya. Suwannakarn, Kaewta, "Biodiesel Production From High Free Fatty Acid Content Feedstocks" (2008). All Dissertations. Paper 207. Syah, 2006.

Efficient Preparation of Biodiesel from Rapeseed Oil Over Modified CaO, Applied energy 88, 2735 – 2739 Van Gerpen, Jon. 2004. Biodiesel Production and Quality. Department of Biological and Agricultural Engineering. University of Idaho, Moscow. Wei, Z., Xu, C., Li, B., 2009.

“Pengaruh Suhu Reaksi dan Jumlah katalis pada Pembuatan Biodiesel dari Limbah Lemak Sapi dengan Menggunakan katalis Heterogen CaO Dari Kulit Telur Ayam” Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 4. Yitnowati, U., Yoeswono, Wahyuningsih, T., D. & Tahir, I. 2008.