

PENGEMBANGAN KATALIS CaO DARI CANGKANG TELUR AYAM DENGAN IMPREGNASI KOH DAN APLIKASINYA TERHADAP PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK JARAK

Syarifuddin Oko^{1*}, Mohammad Feri²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

Jalan. Dr. Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan Po.Box. 1293
Telepon (0541) 260588 (PABX)-260553 Fax 260355, Samarinda 75131

*Email: syarif_oko96@yahoo.com

Diterima: 14 Februari 2019

Direvisi: 28 Maret 2019

Disetujui: 3 April 2019

ABSTRAK

Kandungan CaCO_3 yang tinggi pada cangkang telur ayam sehingga dapat dijadikan katalis heterogen (CaO) melalui proses kalsinasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi KOH pada impregnasi katalis CaO serta pengaruh penambahan katalis terhadap pembuatan biodiesel dari minyak jarak. Pembuatan katalis dilakukan dengan meng-impregnasi CaO dengan memvariasikan konsentrasi KOH 8,9,10,11,12 dan 13% yang selanjutnya di aplikasikan terhadap pembuatan biodiesel dari minyak jarak dengan variasi katalis CaO/ K_2O 1, 2, 3, 4 dan 5% dari berat minyak, rasio mol minyak : metanol (1:12) dan suhu reaksi transesterifikasi 65°C . Pada penelitian ini didapatkan konsentrasi KOH terbaik pada 11% dengan nilai kebasaaan 6,19 mmol asam benzoat/gram dan kandungan CaO/ K_2O masing-masing 31,15/41,72 % (w/w), sedangkan biodiesel terbaik didapatkan pada penambahan katalis 3% dari berat minyak dengan rendemen 96,0739%, viscositas kinematic 5,4575 cSt, kadar air 0,0397 dan densitas 0,8730 gram/ml. Hasil analisa biodiesel yang diperoleh memenuhi standar SNI 7182:2015.

Kata kunci: Cangkang telur, katalis CaO, impregnasi, biodiesel, minyak jarak.

ABSTRACT

High CaCO_3 content in chicken eggshells can be used as heterogeneous catalyst (CaO) through the calcination process. The purpose of this study was to determine the effect of the concentration of KOH on the impregnation of CaO catalysts and the effect of adding catalysts to the manufacture of biodiesel from castor oil. The catalyst was made by impregnating CaO by varying the concentration of KOH 8,9,10,11,12 and 13% which was then applied to the manufacture of biodiesel from castor oil with variations of CaO / K_2O catalyst 1, 2, 3, 4 and 5% of oil weight, oil: methanol (1:12) mole ratio and 65°C transesterification reaction temperature. In this study the best concentration of KOH was obtained at 11% with a basic value of 6.19 mmol benzoic acid / gram and the content of CaO / K_2O each was 31.15 / 41.72% (w / w), while the best biodiesel was obtained by adding a catalyst 3% of the weight of oil with yield of 96.0739%, kinematic viscosity 5.4575 cSt, moisture content 0.0397 and density 0.8730 gram / ml. The results of biodiesel analysis obtained in accordance with the standards of SNI 7182: 2015.

Keywords: Chicken Eggs, Catalyst CaO, Impregnation, Biodiesel, Castor oil

PENDAHULUAN

Menurut BPS (2015) produksi telur ayam ras di Kalimantan Timur tahun 2017 sebesar 6623,04 ton/tahun. Apabila cangkang telur berkisar 8-11% dari berat total telur (Koswara., 2009) maka dalam setahun minimal akan ada 529,8432 ton cangkang telur pada tahun 2017. Cangkang telur adalah salah satu bahan yang mengandung berbagai macam mineral, komposisi cangkang telur secara umum terdiri atas air (1,6%) dan bahan kering (98,4%). Dari total bahan kering yang ada, dalam cangkang telur terkandung unsur mineral (95,1%) dan protein (3,3%). Berdasarkan komposisi mineral yang ada, maka cangkang telur tersusun atas mineral CaCO_3 (98,43%); MgCO_3 (0,84%) dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) (Yuwanta., 2010). CaCO_3 dapat diubah menjadi CaO melalui proses kalsinasi. Oleh karena itu dapat diharapkan bahwa kulit telur dapat digunakan sebagai sumber CaO yang mempunyai kemurnian tinggi sehingga mampu berperan sebagai katalis.

Katalis merupakan senyawa yang dapat mempercepat reaksi. Dalam pembuatan suatu senyawa umumnya menggunakan katalis homogen dan katalis heterogen. Kelemahan dari katalis homogen ialah sulit untuk dipisahkan dari larutan hasil proses. Katalis homogen juga tidak dapat digunakan kembali dan akan menjadi limbah berbahaya jika dibuang secara langsung. Selain itu juga katalis homogen pada reaksi transesterifikasi dapat bereaksi dengan ALB membentuk sabun, sehingga akan menyulitkan pemisahan gliserol dan mengurangi yield biodiesel (Yan dkk., 2009). Katalis homogen dapat digantikan dengan katalis heterogen yang lebih ramah lingkungan, stabil pada suhu tinggi, memiliki pori yang besar dan harga yang relatif murah. Keuntungan penggunaan katalis heterogen pada transesterifikasi adalah mengurangi air yang terbuang dan katalis dapat digunakan kembali untuk proses selanjutnya (Sharma dkk., 2011).

Kalsium Oksida (CaO) merupakan salah satu jenis katalis heterogen dan memiliki kebasaaan yang tinggi. Kebasaaan CaO yang tinggi menyebabkan oksida ini banyak digunakan sebagai katalis pada proses transesterifikasi minyak menjadi biodiesel.

Salah satu keunggulan dari CaO adalah katalis ini berbentuk padat sehingga mudah dipisahkan pada akhir reaksi dalam proses pembuatan biodiesel (Fanny dkk., 2012). Salah satu kelemahan dari katalis CaO mudah bereaksi dengan udara yang mengandung air sehingga terbentuk $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan menyebabkan penurunan aktivitas katalitiknya, untuk itulah diperlukan penyisipan suatu logam lain kedalam suatu katalis CaO dengan metode impregnasi basah (Kesic dkk., 2016). Lingmei dkk (2012) telah melakukan penelitian tentang aplikasi katalis CaO/KOH , dimana konsentrasi terbaik pada KOH 15% dan diaplikasikan pada pembuatan biodiesel dari minyak kedelai dengan katalis yang terbaik sebesar 4% dari berat minyak dan yield biodiesel 97,1%. Oleh karena itu pada penelitian akan dilakukan pemanfaatan cangkang telur ayam yang merupakan limbah, sebagai sumber katalis CaO pada dan dapat ditigkatkan aktivitas katalitiknya dengan menyisipkan logam alkali KOH yang telah divariasikan konsentrasinya menggunakan metode impregnasi basah disertai dengan pemanasan. Katalis terbaik yang dihasilkan berdasarkan analisa kebasaaan diaplikasikan pada pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterikasi dengan berbahan baku minyak jarak yang non pangan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang telur diperoleh pedagang kaki lima di daerah Samarinda, minyak jarak, padatan NaOH (Merck), padatan KOH (Merck), etanol 95% (Merck), metanol p.a (Fulltime), Aquadest, SEM-EDX untuk analisa bentuk morfologi dan konsentrasi katalis serta kebasaaan dengan metode titrasi asam-basa.

Prosedur Penelitian

Preparasi bahan baku Katalis

Menimbang cangkang telur sebanyak 1000 gram, mencuci dengan air sampai bersih dan mengeringkannya didalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Selanjutnya menghancurkan kulit telur hingga menjadi bubuk dan mengayak dengan ayakan - 200+325 mesh. Kemudian bubuk cangkang telur dikalsinasi pada suhu 900°C selama 3

jam. Hasil kalsinasi selanjutnya disimpan di dalam desikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering.

Pembuatan Katalis Impregnasi CaO/K₂O

Mengimpregnasi CaO hasil kalsinasi cangkang telur menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi (8%, 9%, 10%, 11%, 12%, dan 13%) dalam pelarut aquadest sambil diasuk selama 3 jam. Menyaring campuran menggunakan kertas saring dan pompa vakum sambil dicuci menggunakan aquades hingga berwarna bening dan mengeringkan katalis pada suhu 110°C selama 24 jam. Selanjutnya mengkalsinasi kembali katalis pada suhu 500°C selama 5 jam. Kemudian menyimpan katalis didalam desikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering. Melakukan analisa kebasaaan dan kandungan katalis dengan SEM-EDX terhadap produk katalis yang dihasilkan.

Sintesis Biodiesel dari Minyak Jarak

a. Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas

Menimbang sampel 5 gram ke dalam Erlenmeyer 250 ml kemudian menambahkan 50 ml etanol 95% yang telah dinetralkan dengan 0,1 N NaOH dengan bantuan indikator phenolphthalein (PP). Menambahkan 5 tetes indikator PP ke dalam sampel. Menitrasi dengan 0,1 N NaOH yang telah distandarisasi sebelumnya ditambahkan indikator pp sampai warna merah muda.

$$\% \text{FFA} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times \text{BM Asam Lemak Bebas}}{\text{Massa Sampel} \times 1000} \times 100\%$$

b. Pembuatan Biodiesel (Reaksi Transesterifikasi).

Menambahkan katalis CaO/K₂O dengan variasi konsentrasi katalis 1% ; 2% ; 3% ; 4% ; dan 5% dari berat minyak dan metanol ke dalam labu leher tiga sambil diaduk selama 1 jam. Menambahkan minyak jarak pagar ke dalam labu leher tiga dengan rasio mol minyak dan metanol 1:12, lalu merefluks campuran pada suhu 60 – 65°C selama 3 jam. Kemudian memasukkan campuran kedalam corong pisah dan menyimpannya pada suhu ruang sampai terbentuk 3 lapisan. Selanjutnya memisahkan bagian atas dan mencucinya dengan air bersuhu ± 80°C lalu memisahkan lapisan atas dan lapisan bawah. Menguapkan kandungan air yang tersisa yang terdapat pada lapisan atas

pada suhu 105°C. Menganalisa produk biodiesel yang dihasilkan diantaranya analisa densitas, viskositas, kadar air, flash point dan rendemen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Katalis CaO

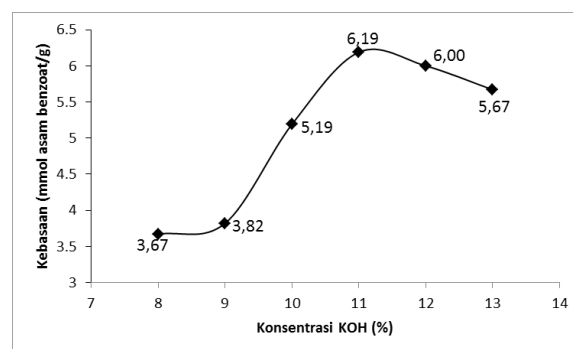
Pembuatan katalis dari cangkang telur diawali dengan pencucian bahan untuk menghilangkan selaput putih pada bagian dalam cangkang telur. Tahap selanjutnya adalah pengeringan dan pengecilan ukuran sampai ukuran sekitar 200 mesh. Untuk mengubah serbuk CaCO₃ pada cangkang telur ayam melalui proses dekomposisi menjadi CaO, maka dilakukan kalsinasi pada suhu 900°C selama 3 jam sehingga menghasilkan warna CaO putih sedikit abu. Reaksi yang terjadi saat dilakukan kalsinasi



Salah satu cara untuk meningkatkan aktivitas katalitik dari katalis adalah dengan metode impregnasi. Prinsip dari impregnasi sendiri adalah dengan memasukkan prekursor ke pori-pori katalis (support) yang disertai dengan pengadukan dan pemanasan sehingga dapat mempengaruhi karakteristik dari katalis seperti kebasaaan, luas permukaan dan komposisi dari katalis.

Pengaruh Konsentrasi KOH terhadap nilai kebasaaan Uji

Proses impregnasi akan meningkatkan nilai kebasaaan dari suatu katalis. Hal ini disebabkan karena adanya penyusupan KOH pada pori-pori katalis sehingga dapat mempebesar kebasaaan dari katalis.



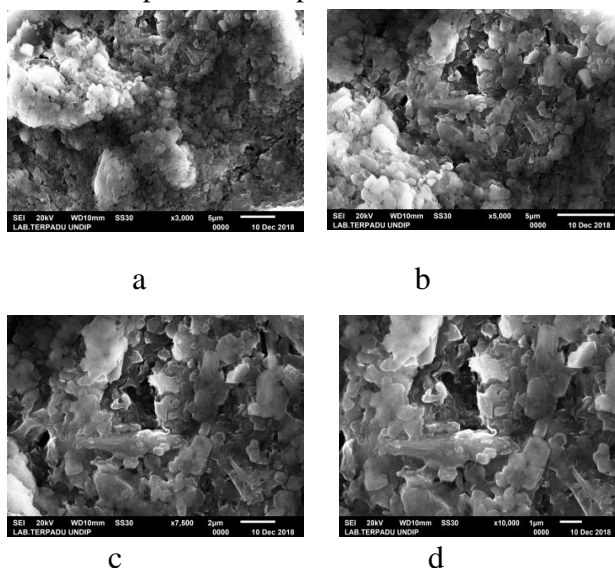
Gambar 1. Kurva kebasaaan katalis

Menurut Buchori dkk., (2017) semakin besar konsentrasi KOH yang

ditambahkan pada proses impregnasi, maka semakin besar pula kebasaaan suatu katalis. Pada Gambar 1 katalis dengan kebasaaan yang tinggi dihasilkan saat konsentrasi KOH 11% yaitu 6,19 mmol asam benzoat/gram sedangkan pada konsentrasi KOH 12% dan 13% kebasaaan katalis menurun secara berturut yaitu 6,00 dan 5,67 mmol asam benzoat/gram. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses impregnasi sudah dalam keadaan lewat jenuh dimana pori pori CaO (support) sudah tidak dapat menerima KOH.

Pengaruh konsentrasi KOH terhadap Morfologi Permukaan dan Komposisi Katalis dengan SEM-EDX

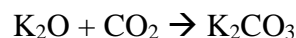
Analisa SEM-EDX bertujuan untuk melihat morfologi permukaan katalis dan melihat komponen kimia pada katalis.



Gambar 2. Morfologi permukaan katalis melalui SEM. a) perbesaran 3000x, b) perbesaran 5000x, c) perbesaran 7500x, d) perbesaran 10000x

Katalis terbaik dipilih dari tingginya nilai kebasaaannya, pada penelitian ini katalis terbaik dihasilkan dari konsentrasi KOH 11% dengan nilai kebasaaan 6,19 mmol asam benzoat/gram. Morfologi dari katalis terbaik dapat dilihat pada Gambar 2 dimana pori-pori CaO sudah tidak terlihat lagi karena tersisipi oleh KOH sedangkan untuk komponen dari katalis dapat dilihat pada Tabel 1 dengan kandungan K₂O sebesar 41,72% hal ini menyatakan bahwa KOH terdekomposisi pada saat proses kalsinasi ke dua (Blasi dkk.,2008), pada suhu

300oC, KOH akan terkonversi menjadi K₂O, H₂O, dan K₂CO₃ melalui reaksi:



Pada suhu di atas 427°C, KOH yang meleleh akan bereaksi dengan senyawa karbon sehingga membentuk K₂O dan K₂CO₃ melalui reaksi:

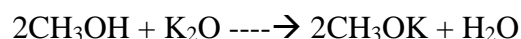
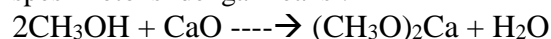


Tabel 1. Komposisi katalis CaO impregnasi (SEM-EDX)

| No | Konsentrasi KOH (%) | Komponen | Massa (%) |
|--------------|---------------------|------------------|------------|
| 1 | 11 | C | 25,91 |
| | | MgO | 1,22 |
| | | K ₂ O | 41,72 |
| | | CaO | 31,15 |
| Total | | | 100 |

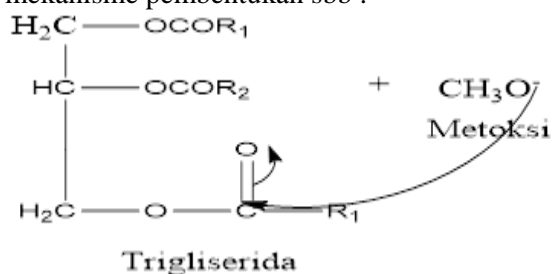
Pembuatan Biodiesel

Tahap awal pembuatan biodiesel adalah dengan menganalisa kadar asam lemak bebas dan viscositas dari minyak jarak yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Kadar asam lemak bebas pada sampel minyak jarak adalah 1,3469% dengan viscositas sebesar 226,2379 cst. Dalam pembuatan biodiesel secara konvensional penambahan katalis sangat dianjurkan karena peran katalis yang dapat membantu mempercepat reaksi. Katalis CaO/K₂O akan direaksikan dengan metanol untuk membentuk spesi metoksi dengan reaksi:



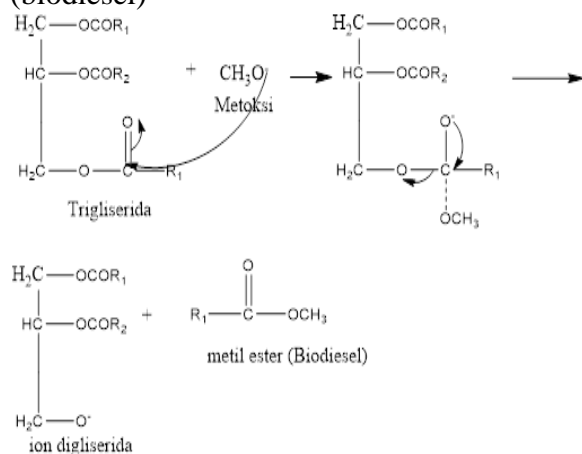
Reaksi transesterifikasi dilakukan pada temperatur 60-65oC selama 3 jam. Adapun mekanisme pembentukan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi dengan reaktan methanol dan katalis CaO/K₂O, melalui dua tahap,: tahap pertama adalah penyerangan nukleofilik metoksida (CH₃O-) pada karbon

dari gugus karbonil (-C=O), adapun mekanisme pembentukan sbb :



Gambar 3. Mekanisme penyerangan metoksi pada trigliserida

Tahap kedua adalah pemutusan ikatan C – O disertai pembentukan metil ester (biodiesel)



Gambar 4. Mekanisme pembentukan biodiesel

Pada penambahan katalis 1, 2, 3, 4 dan 5 % (b/b) terbentuk 3 lapisan dimana lapisan atas berwarna kuning keruh, lapisan bagian tengah berwarna kuning yang lebih jernih yang diduga sebagai gliserol sedangkan lapisan bagian bawah berupa padatan warna putih (katalis). Untuk jumlah katalis 4 dan 5 % (b/b), setelah dipisahkan dan didiam terbentuk padatan putih (sabun). Untuk lapisan atas (metil ester) dicuci dengan aquadest dengan suhu 80oC dan pencucian dilakukan berulang-ulang sampai pH air pencucian sama dengan pH aquadest, tujuan dari pencucian ini untuk menghilangkan sisa-sisa katalis, gliserol, dan metanol yang masih terkandung didalam biodiesel. Setelah dilakukan pencucian biodiesel kemudian dipanaskan pada suhu

105oC sampai tidak terdapat gelembung air dari sisa pencucian.

Karakteristik Biodiesel dari Minyak Kelapa Jarak

Karakteristik biodiesel dari minyak jarak seperti densitas, viskositas kinematik, dan kadar air dan flash point dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah :

Tabel 2. Analisa Produk Biodiesel dari Minyak Jarak

| Waktu (jam) | Rasio | Katalis (CaO/K ₂ O) (% b/b) | Densitas (gram/ml) | Viskositas (Cst) | Kadar Air (%) | Flash point (°C) | Rendemen (%) |
|--------------|-------|----------------------------------------|--------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|
| 3 | 1:12 | 1 | 0,8873 | 18,8891 | 0,0887 | 157 | 93,4166 |
| | | 2 | 0,8769 | 6,5130 | 0,0598 | 121 | 95,3746 |
| | | 3 | 0,8730 | 5,4575 | 0,0397 | 113 | 96,0739 |
| | | 4 | Sabun | Sabun | Sabun | - | Sabun |
| | | 5 | Sabun | Sabun | Sabun | - | Sabun |
| SNI7182:2015 | | | 0,85-0,89 | 2,3-0,0 | 0,05 | 100 | |

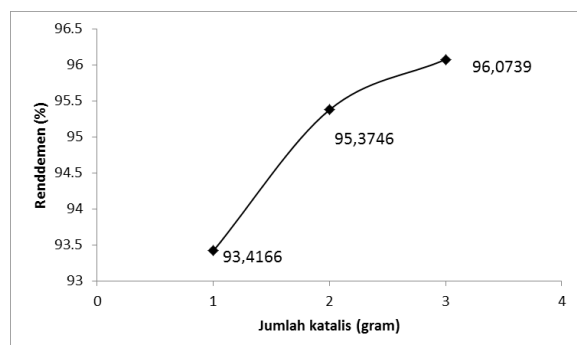
Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar air biodiesel dari minyak jarak masih ada yang belum memenuhi standar SNI yaitu diatas 0,05% hal ini disebabkan saat penguapan melalui pemanasan pada suhu 105oC masih ada sisa air terperangkap dalam biodiesel (metil ester), sedangkan densitasnya sudah memenuhi standar SNI. Viskositas kinematik biodiesel dengan jumlah katalis 3 % telah memasuki standar yaitu 5,4575 cst sedangkan untuk variasi katalis 1 dan 2 % masih berada dibawah standar, akan tetapi sudah terjadi penurunan viskositas yang cukup besar dimana viskositas awal sebelum reaksi transesterifikasi sebesar 226,2379 cst, hal ini disebabkan tligliserida belum terurai sempurna. Pada tingkat konversi yang rendah dimungkinkan biodiesel masih mengandung molekul gliserida baik berupa tri-, di- dan mono-gliserida, dimana gugus hidroksida pada molekul digliserida dan monogliserida dapat menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen yang sangat kuat sehingga menambah kerapatan antar molekul gliserida. Akibat pembentukan ikatan hidrogen antar molekul tersebut juga akan meningkatkan viskositas kinematik dari senyawa(Tehubijuluw dkk.,

2014). Sedangkan untuk katalis 4 dan 5 % proses pembuatan biodiesel menjadi sabun. Hal tersebut dikarenakan jumlah katalis yang terlalu banyak dan CaO/K₂O tidak berperan sebagai katalis tetapi CaO/K₂O yang ditambahkan bereaksi dengan asam lemak bebas maupun trigliserida melalui reaksi asam – basa sehingga terbentuk garam (sabun). Penelitian yang dilakukan oleh Lingmei dkk, (2012) katalis terbaik hanya didapatkan 4% dari berat minyak sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Jianwei dkk, (2014) katalis yang terbaik adalah 2%, hal tersebut membuktikan bahwa jumlah katalis sangat mempengaruhi terhadap pembuatan biodiesel.

Flash point atau titik nyala adalah temperatur terendah dari contoh untuk dapat menyala. Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa keseluruhan produk biodiesel telah masuk pada standar SNI yaitu minimal 100oC. Pada biodiesel dengan katalis 1% dari berat minyak memiliki nilai flash point yang cukup tinggi yaitu 157oC karena produk biodiesel pada variasi katalis 1% lebih kental dibandingkan katalis lainnya. Tingginya nilai flash point serta perbedaan flash point dapat disebabkan masih terdapat faktor pengotor yang berupa gliserol dan sisa katalis yang belum sepenuhnya hilang dan hal ini dapat disebabkan karena masih adanya kandungan komponen dalam biodiesel yang mempunyai nilai flash point yang tinggi sehingga menaikkan nilai flash point biodiesel (Cavallaro dkk., 2010).

Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Rendemen

Katalis merupakan salah satu hal yang sangat penting pada proses transesterifikasi agar reaksi yang berlangsung lebih cepat.



Gambar 5. Kurva Jumlah katalis vs Rendemen

Pada Gambar 5 terlihat bahwa rendemen tertinggi diperoleh saat jumlah katalis 3 % sedangkan untuk penambahan katalis 4 dan 5 % membentuk sabun hal ini salah satunya disebabkan oleh jumlah katalis yang terlalu berlebih sehingga kelebihan katalis akan bereaksi dengan trigliserida dan metanol membentuk sabun. Semakin tinggi konsentrasi katalis maka biodiesel yang terbentuk akan semakin kental namun apabila konsentrasi katalis terlalu rendah maka biodiesel yang diinginkan tidak tercapai (Wendi dkk., 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dan dibahas, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Katalis dengan konsentrasi KOH sebesar 11% merupakan katalis terbaik dengan dengan nilai kebasaaan sebesar 6,19 mmol asam benzoat/g dan kandungan CaO/K₂O sebesar 31,15%/41,72%.
2. Biodiesel terbaik didapatkan saat penambahan katalis CaO/K₂O 3 % (b/b) dengan nilai rendemen sebesar 96,0739 % dengan viscositas, densitas, dan kadar air yang memenuhi standar SNI7182:2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). Biodiesel. SNI 7182:2015. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Buchori, L., Istadi, I., Purwanto, P., Marpaung, L.C., & Safitri, R.L. (2017) Roles of K₂O on the CaO-ZnO Catalyst and its Influence on Catalyst Basicity for Biodiesel Production. Indonesia: Diponegoro University
- Blasi C. D., Galgano A., & Branca A (2008). Effects of potassium hidroxide impregnation on wood pyrolysis. Italy: Napoli.
- Cavallaro, S, J. C. J. Bart, N. Palmeri. (2010). Biodiesel Science and Technology From Soil To Oil. Woodhead Publising Series in Energy: No 7.
- Huaping, Z. et al. (2006). Preparation of Biodiesel Catalyzed by Solid Super Base of Calcium Oxide and Its Refining Proses. Chinese Journal of Catalysis, 2006, 27(5):391-396.

- Fanny, W.A., Subagio, Prakoso, T. (2012). Pengembangan Katalis Kalsium Oksida Kimia Indonesia, Vol. 11, No. 2, 2012, 66-73.
- Kesic, Z., Lukic, I., Zdujic, M., Mojovic, L. and Skala, D., 2016, Calcium Oxide Based Catalysts For Biodiesel Production : A Review, Chem Ing Chem Eng Q., 22 (4) : 391-408.
- Ketaren, S. (2005). Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kouzu, M., Kasuno, T., Tajika, M., Sugimoto, Y., Yamanaka, S., Hidaka, J. (2008). Calcium Oxide As a Solid Base Catalyst For Transesterification of Soybean Oil and Its Application to Biodiesel Production. Fuel Processing Technology, 87, 2798-2806
- Koswara, S. 2009. Teknologi Pengolahan Telur (Teori dan Praktek). eBook Pangan.com
- Mahreni dan Sulistyawati. 2011. Pemanfaatan Kulit Telur Sebagai Katalis Biodiesel Dari Minyak Sawit dan Metanol. Jurnal Teknik Kimia Indonesia.
- Padil, Wahyuningsih, S., Awaluddin, A. (2010). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis CaCO₃ yang Dipijarkan. Jurnal Natur Indonesia, 13(1), 27-23
- Ristianingsih, Y., Hidayah, N., Sari, F.W. (2015). Pembuatan Biodiesel Dari Crued Palm Oil (CPO) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung. Jurnal Teknologi Agro-Industri Vol.2 No.1
- Rubiyanto, D. (2017). Metode Kromatografi: Prinsip Dasar, Praktikum & Pendekatan Pembelajaran Kromatografi. Yogyakarta.
- Santoso, H., Kristianto, I., Setyadi, A. (2013). Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Prahayangan
- Untuk Sintesis Biodiesel. Jurnal Teknik
- Stadelman, E.J. (2000). Eggs and Egg Products. Francis, F.J (Ed): Encyclopedia of Food Science and Technology, second ed, John Wile, New York, pp. 593 – 599. December 3, 2015.
- Yuwanta, T. (2010). Telur dan Kualitas Telur. Yogyakarta : UGM-Press.
- Lingmei Yang, Pengmei Lv, Zhenhong Yuan, Wen Luo, Huiwen Li, Zhongming Wang and Changlin Miao (2012). Synthesis of biodiesel by different carriers supported KOH catalyst. Advanced Materials Research, ISSN: 1662-8985, Vols. 581-582, pp 197-201
- Sharma, Y.C., Singh, B. 2011. Development of Biodiesel: Current Scenario. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol.582. pp. 1-6.
- Tehubijuluw, H., Sutapa, I.W., Lethulur, M. (2014). Waste Cooking Oil Conversion To Biodiesel Catalized By Egg Shell Of Purebred Chicken With Ethanol As A Solvent.
- Wei, Z. Xu, C. and Li, B. (2009). Application of Waste Eggshell as Low-Cost Solid Catalyst for Biodiesel Production. Bioresorce Technology, 100(11), 2883-2885.
- Wendi, Cuaca, V., Taslim. (2015). 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, No. 1
- Wirakusumah, E.S. (2005). Menikmati Telur Bergizi, Lezat, & Ekonomis. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama. 10 Desember 2015
- Yan, S., O. Steven, Salley dan K.Y. Simon. 2009. "Simultaneous Transesterification and Esterification of Unrefined or Waste Oils Over ZnO-La₂O₃ Catalysts". Applied Catalysis A : General. 353:203 – 212.

