



PENGEMBANGAN KATALIS CaO.SrO UNTUK SINTESIS BODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT

Rizki Yuniarti*), Nuni Widiarti dan Fransiska Widhi Mahatmanti

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juni 2016
Disetujui Juli 2016
Dipublikasikan Agustus 2016

Kata kunci:
biodiesel
katalis CaO.SrO
minyak kelapa sawit

Abstrak

Telah dilakukan penelitian modifikasi katalis CaO.SrO untuk sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit. Katalis CaO.SrO disintesis dengan metode kopresipitasi, sedangkan sintesis biodiesel dilakukan dengan menggunakan *microwave*. Karakter katalis CaO.SrO dianalisis dengan XRD dan SAA, untuk memperoleh karakter kristalinitas dan luas permukaan, sedangkan biodiesel hasil reaksi transesterifikasi menggunakan metode *microwave*. Hasil reaksi transesterifikasi dianalisis menggunakan GC-MS. Analisis dengan XRD menunjukkan karakter gabungan CaO dan SrO yang ditunjukkan $2\theta = 25,1; 34,06$ dan $54,3$. Hasil analisis luas permukaan diperoleh luas area $4,512 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil reaksi sintesis biodiesel yang optimal diketahui dengan analisis GC-MS dilakukan dengan variasi waktu reaksi dan perbandingan katalis untuk sintesis biodiesel, waktu optimal 420 detik, perbandingan molar katalis 4:1 dengan rasio volume 1:6 (metanol : minyak) katalis yang digunakan 1% dari b/v menghasilkan metil ester sebesar 98%. Komposisi senyawa biodiesel ditentukan dengan GC-MS dan karakterisasi fisik dilakukan menurut SNI. Biodiesel dari hasil sintesis memiliki densitas sebesar $0,8678 \text{ g/mL}$ dan viskositas sebesar $7,0313 \text{ cSt}$ yang terdiri dari metil palmitat 6,67%, metil dan linoleat 14,68%.

Abstract

Research has done on the modification of the catalyst for synthesis of CaO.SrO to biodiesel synthesis from palm oil. Synthesized catalyst by CaO.SrO coprecipitation method of synthesis while biodiesel performed using microwave. The character of CaO.SrO analyzed by XRD and SAA to acquire the character of crystallinity and brushes the surface. Where as the reaction of transesterification result biodiesel analyzed using GC-MS. Analyzed with XRD shows the combined character of CaO and SrO shown $2\theta = 25.1, 34.06$ dan 54.3 . The result of the analysis surface area of the acquired are $4.512 \text{ m}^2/\text{g}$. The result of the synthesis reaction optimally biodiesel know with GC-MS done with a variation of time and comparison of catalyst for the synthesis of biodiesel, optimal value the time of 420 seconds and the catalyst ratio molar 4: 1 by volume ratio of 1: 6 (methanol: oil) catalyst which is used 1 % of B / V methyl ester yield of 98%. The composition of biodiesel is determined by GC-MS and physical characterization is performed according to SNI. Synthesis product of biodiesel has density value of 0.87 g/mL and viscosity value of 11.42 cSt . The product consists of methyl palmitate 6.67% and methyl linoleate 14.68%.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
E-mail: yuniartirizki93@gmail.com

p-ISSN 2252-6951
e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Konsumsi bahan bakar minyak terutama bahan bakar diesel atau solar terus meningkat. Pada tahun 1995 konsumsi bahan bakar solar untuk transportasi mencapai 6,91 milyar liter dan terus meningkat setiap tahunnya (Santoso; 2012). Pada tahun 2010 konsumsi bahan bakar solar untuk transportasi mencapai 18,14 milyar liter, sehingga Indonesia mengimpor bahan bakar solar, dari kurun waktu 1999 sampai 2006 sebanyak 28 milyar liter bahan bakar solar untuk mencukupi kebutuhan nasional (Mescha, *et al.*; 2007).

Biodiesel merupakan campuran dari mono alkil ester asam lemak dari minyak nabati atau lemak hewan. Baik minyak nabati atau lemak hewan yang termasuk dalam golongan lipida. Minyak dan lemak merupakan trigliserida karena minyak dan lemak membentuk ester dari tiga molekul asam lemak yang terikat pada molekul gliserol (Zappi, *et al.*; 2003).

Penggunaan katalis heterogen merupakan suatu alternatif untuk mengurangi biaya produksi biodiesel, mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan filtrasi, dapat digunakan kembali (*recovery*), dan memiliki sedikit sifat korosif (Carmo, *et al.*; 2009). Metode yang digunakan baru-baru ini dalam transesterifikasi dan esterifikasi adalah pemanasan menggunakan *microwave*. Radiasi *microwave* dapat meningkatkan kecepatan transesterifikasi dalam proses *batch* (Lertsathapornasuk, *et al.*; 2004).

Stronsium oksida (SrO) digunakan karena stronsium oksida merupakan oksida logam yang sangat aktif dan akan larut dalam media reaksi, serta akan dapat mempercepat reaksi pembuatan biodiesel (Zabeti; 2009). SrO yang digunakan pada reaksi transesterifikasi pada minyak zaitun menghasilkan metil ester sebanyak 80% dengan waktu reaksi 15 menit, SrO yang didoping dengan silika menghasilkan lebih dari 95% dengan waktu 10 menit (Ching-Lung, *et al.*; 2012).

Pada penelitian ini telah mencoba memproduksi biodiesel dari minyak sawit menggunakan katalis padat CaO.SrO dengan metode *microwave*, dimana CaO di buat dari senyawa $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ yang didoping dengan $\text{Sr}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ yang nantinya menjadi katalis untuk mempercepat raksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Organik, Kimia Fisik dan Kimia

Anorganik FMIPA UNNES.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: XRD, SAA (*Surface Area Analyzer*), neraca analitik, *furnace*, kromatografi gas *Hewlett Pacard* 5890 series II, GC-MS merk *Shimadzu* QP-5000, *microwave*, *sentrifuge*. Bahan yang digunakan buatan *Merck* dengan kualitas *pro analyst* yaitu kalsium asetat, stronsium nitrat, aseton, metanol, urea, asam oksalat, indikator pp, etanol, serta sampel minyak kelapa sawit.

Pembuatan katalis menggunakan metode hidrolisis diharapkan dapat memperoleh katalis dengan ukuran yang kecil. Produk padat diperoleh dengan *sentrifuge*, diikuti pencucian berturut-turut dengan akua demineralisasi kemudian dengan aseton serta dikeringkan dalam oven pada 120°C selama satu malam. Padatan yang telah kering kemudian dikalsinasi dalam *furnace* pada temperatur 800°C selama 6 jam. Katalis yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan SAA.

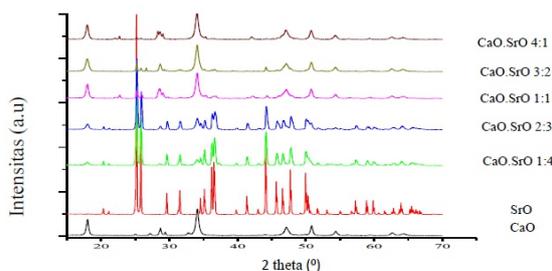
Sintesis biodiesel dapat dilakukan melalui transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan metanol menggunakan katalis basa heterogen, dimana penggunaan katalis heterogen merupakan suatu alternatif untuk mengurangi biaya produksi biodiesel, mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan filtrasi, dapat digunakan kembali (*recovery*), dan memiliki sedikit sifat korosif (Carmo, *et al.*; 2009).

Dilakukan reaksi transesterifikasi dengan variasi waktu reaksi dan perbandingan molar katalis dengan metanol, reaksi menggunakan *microwave* mengacu pada metode Indah (2011). Preparasi dilakukan dalam tabung reaksi tertutup menggunakan daya *microwave* 640 watt dengan perbandingan katalis optimal 4:1 sebanyak 1% b/v total minyak dan metanol. Campuran berisi reaktan dan katalis diaduk dengan kecepatan 300 *rpm* serta direaksikan selama 420 detik. Setelah reaksi selesai, selanjutnya campuran dipisahkan dengan *sentrifuge* selama 15 menit. Lapisan atas diambil kemudian di karakterisasi menggunakan GC dan GC-MS.

Hasil dan Pembahasan

Modifikasi Ca asetat dan Sr nitrat melalui metode kopresipitasi dengan tujuan untuk memperoleh katalis basa heterogen yang dapat digunakan katalis dalam reaksi sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit. Kopresipitasi dilakukan melalui perendaman Ca asetat dan Sr nitrat dengan asam oksalat yang berfungsi sebagai agen pengendap asam dan pH dijaga antara 7-8.

Setelah itu di oven selama semalam pada suhu 60°C, reaktan dihidrotermal selama semalam pada suhu 110°C setelah itu dicuci menggunakan aseton dan dikalsinasi selama 4 jam pada suhu 800°C proses ini dilakukan untuk menghilangkan air dan zat pengotor yang tidak diinginkan dan untuk membentuk katalis CaO.SrO. Difaktogram katalis CaO.SrO hasil karakterisasi menggunakan XRD dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola difraksi XRD katalis CaO,SrO dan CaO.SrO

Gambar 1. menunjukkan pola difraksi dari CaO.SrO merupakan gabungan dari pola CaO dan SrO. Puncak karakteristik CaO terlihat pada $2\theta = 32,7$ dan $64,3$ sedangkan puncak karakteristik SrO terlihat pada $2\theta = 25,2$. Pola difraksi X CaO.SrO merupakan gabungan antara kedua karakter dari CaO dan SrO. Pada katalis CaO.SrO puncak $2\theta = 34,06$ sudah terlihat pada perbandingan molar 4:1. Adanya SrO pada CaO.SrO menyebabkan kristalinitas CaO semakin berkurang, hal ini terlihat pada puncak karakteristik CaO pada $2\theta = 32,5$ dan $64,2$ yang semakin menurun seiring dengan kenaikan % loading SrO. Adanya SrO pada CaO.SrO menyebabkan kenaikan kristalinitas SrO yang terlihat pada $2\theta = 58,8$ dan $2\theta = 62,8$ yang mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan loading SrO pada CaO. Namun demikian puncak difraksi pada $2\theta = 34,06$ ini merupakan pola difraksi gabungan CaO dan SrO karena pada masing-masing katalis baik SrO maupun CaO mempunyai puncak karakter pada $2\theta = 34$ dan 25 tersebut.

Analisis luas permukaan katalis CaO.SrO menggunakan SAA bertujuan untuk mengetahui luas permukaan dari masing-masing katalis CaO, SrO dan katalis CaO.SrO yang sudah di kopresipitasi, metode ini dilakukan bertujuan untuk meningkatkan aktivitas dari katalis CaO dan SrO.

Hasil dari keduanya telah di modifikasi dengan metode kopresipitasi bertujuan untuk meningkatkan aktivitas katalitik dan menghasilkan *yield* biodiesel lebih banyak. Hasil dari

karakterisasi katalis CaO.SrO dengan perbandingan 1:4 menunjukkan luas $4,512 \text{ m}^2/\text{g}$ hasil ini menunjukkan penurunan hasil dari karakterisasi luas permukaan CaO dan meningkatkan hasil karakterisasi dari luas permukaan SrO sendiri. Hasil karakterisasi ini dilakukan pada katalis dengan perbandingan 1:4 karena hasil yang terbaik sintesis biodiesel dari optimalisasi variasi waktu dan optimalisasi variasi perbandingan katalis yang dapat dilihat dari perolehan *yield* biodiesel hasil reaksi transesterifikasi minyak dan metanol menggunakan katalis CaO.SrO.

Sintesis ini dilakukan setelah melalui beberapa faktor yang harus diketahui salah satunya adalah penentuan angka asam dimana angka asam lebih dari 2% maka sintesis biodiesel melalui tahap reaksi esterifikasi dan dilanjutkan reaksi transesterifikasi, sedangkan apabila angka asam kurang dari 2% dapat dilakukan dengan reaksi transesterifikasi, maka dari itu penelitian ini perlu membuktikan berapa besar angka asam dari minyak kelapa sawit. Analisa penentuan angka asam dilakukan dengan metode titrasi untuk mengetahui pengaruh reaksi transesterifikasi. Kadar angka asam minyak kelapa sawit sebanyak 0,14%. Kadar tersebut tidak melebihi ketentuan angka asam yang ditetapkan oleh SNI.

Reaksi transesterifikasi mereaksikan trigliserida dalam minyak kelapa sawit dengan metanol menghasilkan metil ester dengan bantuan katalis CaO.SrO. Optimasi dilakukan terhadap variasi waktu reaksi dilakukan dengan mereaksikan minyak kelapa sawit, metanol dan katalis perbandingan 2 : 3 dengan jumlah katalis 1% berat/volume reaktan total pada daya *microwave* 640 watt (80%) dan variasi waktu reaksi 300, 330, 360, 390 dan 420 detik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konversi metil ester dengan variasi waktu

No.	Waktu (detik)	Hasil metil ester (%)
1.	300	38,688
2.	330	41,839
3.	360	43,506
4.	390	53,374
5.	420	85,206

Tabel 1. menunjukkan pada waktu 420 detik menghasilkan konversis metil ester sebesar 85,21%. Utami, *et al.* (2012) menjelaskan bahwa semakin lama waktu reaksi transesterifikasi maka konversi metil ester semakin besar. Optimalisasi perbandingan katalis dilakukan dengan

mereaksikan minyak kelapa sawit menggunakan metanol pada energi *microwave* dan waktu optimal yaitu daya 640 watt (80%) dan waktu 420 detik dengan jumlah katalis 1% berat/volume reaktan total. Katalis yang digunakan dalam reaksi ini adalah perbandingan molar katalis CaO, SrO, 1:1 CaO.SrO, 2:3 CaO.SrO, 3:2 CaO.SrO, 1:4 CaO.SrO, dan 4:1 CaO.SrO dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel. 2 Reaksi transesterifikasi pada optimasi perbandingan molar katalis untuk reaksi

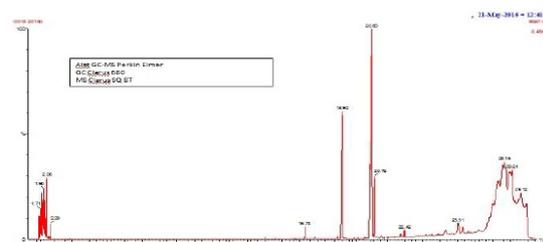
No.	Perbandingan katalis	Hasil (%)
1.	3 : 2	94,19
2.	4 : 1	88,47
3.	2 : 3	85,20
4.	1 : 4	98,00
5.	1 : 1	94,86

Tabel 2. menunjukkan bahwa CaO dan SrO merupakan katalis aktif pada reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel. Hal ini terlihat pada perbandingan katalis 4:1 menghasilkan %metil ester 98%. Berdasarkan perolehan biodiesel yang dihasilkan, SrO mempunyai aktivitas yang lebih tinggi dibanding dengan CaO karena sifat kebasahan SrO yang lebih tinggi dibanding dengan CaO. Pada tahun 2011 Indah *et al.*, mensintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis CaO dan SrO. Kedua katalis kemudian menghasilkan konversi berbeda pada waktu reaksi yang sama. Pada reaksi selama 30 menit katalis CaO memberikan konversi sebesar 18,31%, sedangkan SrO memberikan konversi 53,02%. Pada tahun 2012, Santoso *et al.*, mensintesis biodiesel dari minyak biji kapuk dengan menggunakan katalis zeolit abu sekam padi memberikan hasil GC-MS adalah metil ester palmitat 8,07%; metil ester linoleat 8,60% dan metil ester oleat 5,27%.

Presentase *yield* biodiesel yang dihasilkan pada optimasi waktu dan optimasi perbandingan katalis dengan cara membandingkan volume biodiesel dengan volume minyak kelapa sawit sebagai bahan awal. Pada kondisi optimal dihasilkan biodiesel murni sebanyak 81,43% hasil ini lebih rendah dari penelitian yang telah dilakukan Indah *et al.* (2011) dan Fany (2012). Perbedaan hasil ini karena disebabkan oleh komposisi katalis yang tidak hanya CaO dan SrO saja melainkan adanya senyawa lain seperti CaCO_3 , Ca(OH) , SrCO_3 yang dapat dilihat dari hasil data analisis XRD.

Karakterisasi biodiesel dilakukan dengan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS)

untuk mengetahui komponen-komponen metil ester asam lemaknya. Gambar 2. merupakan kromatogram biodiesel hasil karakterisasi dengan GC-MS. Pada kromatogram terlihat bahwa terdapat 5 puncak yang relatif lebih tinggi dan lebar dibandingkan dengan puncak lain yang terdapat dalam kromatogram tersebut. Ada 2 puncak yang menunjukkan adanya metil ester (biodiesel) yang terbentuk dalam reaksi transesterifikasi dari minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis CaO.SrO yaitu puncak nomor 5 dan 6. Puncak pertama menunjukkan waktu retensi 18,801 menit yang merupakan senyawa metil ester dari asam palmitat dengan persentase 6,67%. Puncak kedua pada waktu retensi 20,436 merupakan senyawa metil ester dari asam linoleat dengan persentase 14,68%. Berdasarkan data GC-MS juga diperoleh rendemen metil ester (biodiesel) yang terbentuk sebesar 21,35%.



Gambar 2. Kromatogram GC-MS biodiesel dari minyak kelapa sawit

Pada Gambar 2. hasil kromatogram bahwa katalis CaO.SrO dapat digunakan dalam reaksi transesterifikasi sebagai katalis heterogen. Hal ini ditunjukkan dengan terbentuknya senyawa metil ester (biodiesel) dari beberapa asam lemak walaupun masih ada asam lemak dalam produk yang dihasilkan.

Karakterisasi fisik biodiesel dilakukan menurut SNI 7182:2012 yang memberikan hasil nilai densitas biodiesel sebesar 0,86 g/mL. Nilai ini telah sesuai dengan densitas biodiesel yang disyaratkan SNI yaitu 0,85-0,89 g/mL dan lebih kecil jika dibandingkan dengan densitas bahan awal berupa minyak kelapa sawit yang memiliki densitas sebesar 0,933 g/mL. Viskositas kinematis biodiesel diukur dengan menggunakan viskometer *Oswald* pada suhu 20°C dan diperoleh sebesar 7,03 cSt. Nilai ini lebih besar dari viskositas yang ditetapkan oleh SNI yaitu sebesar 2,3-6,0 cSt. Tingginya viskositas biodiesel ini menurut Sari (2007) karena perlakuan reaksi pada suhu tinggi, terdapat indikasi terjadinya reaksi oksidasi termal. Peristiwa oksidasi ini menyebabkan terbentuknya molekul hidroperoksida, yang memicu terjadinya poli-

merisasi dan mengakibatkan terbentuknya endapan yang tak larut sehingga viskositas metil ester meningkat. Meskipun nilai viskositas yang dihasilkan belum sesuai dengan standar yang ditetapkan namun viskositas biodiesel jauh lebih kecil dibanding viskositas minyak kelapa sawit awal sebesar 40,206 g/mL. Hal ini menunjukkan keberhasilan reaksi transesterifikasi yang dilakukan karena reaksi transesterifikasi merubah trigliserida menjadi metil ester yang memiliki viskositas lebih kecil dibanding trigliserida.

Simpulan

Sintesis biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan katalis basa heterogen CaO.SrO termodifikasi melalui reaksi transesterifikasi yang telah dilakukan memberikan konversi metil ester tertinggi pada waktu reaksi selama 420 detik dan katalis yang digunakan adalah perbandingan molar 1:4 dengan komposisi metil ester dari asam palmitat dengan persentase 6,67% dan senyawa metil ester dari asam linoleat dengan persentase 14,68%. Biodiesel hasil sintesis memiliki densitas sebesar 0,86 g/mL dan viskositas kinematis sebesar 7,03 cSt.

Daftar Pustaka

- Carmo, A.C., Luiz K.C., Carlos E.F., Longo, E., José R.Z, dan Geraldo N. 2009. Production of Biodiesel by Esterification of Palmitic Acid over Mesopori Alumino-Silicate Al-MCM-41. *Fuel*, 88(2): 461-468
- Ching-Lung, C., Chien-Chang, H., Dang-Thuan, T., Jo-Shu, C., 2012. Biodiesel Synthesis via Heterogeneous Catalysis using Modified Strontium Oxides as The Catalysts. *Bioresource Technology*, 113(2): 8-13
- Indah, T. 2011. Katalis Basa Heterogen Campuran CaO & SrO Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit. Universitas Sriwijaya Sumatra Selatan
- Kim, H.J., Kang, B.S., Kim, M.J., Park, Y.M., Kim, D.K. 2004. Transesterification of Vegetable Oil to Biodiesel using Heterogeneous Base Catalyst. *Catalytic Today*, 93(95): 315-320
- Lertsathapornsuk V., P. Ruangying, R. Pairintra dan K. Krisnangkura. 2004. *Continuous Transesterification of Vegetable Oils by Microwave Irradiation*. Thailand
- Mescha, D., Zandy, A., Nazef, S. Puspasari. 2007. Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknik Mesin ITB Bandung*, 6(2):1-6
- Santos B.P., E.B. Susatyo, A.T. Prasetya. 2012. Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit Sekam Padi. *Indo. J. Chem. Sci.*, 1(2): 98-103
- Sari, A.B.T. 2007. *Proses Pembuatan Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) dengan Transesterifikasi Satu dan Dua Tahap*. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Utami, I., Solikhah, R., Istadi I. 2012. Sintesa Katalis Super Asam SO_4^{2-}/Zn untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1): 69-78
- Zappi, M.H., M. Spak. D.H., J. Brough M. 2003. *A Review of the Engineering Aspects of the Biodiesel Industry*. MSU Environmental Technology Research and Applications Laboratory Dave C Swalm School of Chemical Engineering Mississippi State University
- Zabeti, M., Daud, W.M.A., Aroua, M.K. Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology Journal*. Elsevier Ltd