

SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT MENGGUNAKAN KATALIS CaO SUPERBASA DARI PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM

Syarifuddin Oko^{1,*}, Irmawati Syahrir²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia Politenik 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: 26 Oktober 2017

Direvisi: 21 November 2017

Disetujui: 17 Desember 2017

ABSTRAK

Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif yang dapat dihasilkan dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi. Minyak kelapa sawit merupakan salah satu sumber minyak nabati yang mempunyai potensi untuk digunakan sebagai bahan dasar produksi biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi katalis CaO superbasa dan variasi mol (minyak dan methanol) terhadap biodiesel yang dihasilkan. Sintesis biodiesel diawali dengan pembuatan katalis CaO superbasa dari cangkang telur ayam melalui proses kalsinasi CaCO₃ menjadi CaO pada suhu 950°C kemudian dilanjutkan perendaman dengan larutan ammonium karbonat 0,69 g/mL dalam 50 mL pelarut air. Kemudian dilanjutkan proses pengeringan selama ±24 jam pada suhu 105°C dan kalsinasi pada suhu 900°C. Hasil analisis katalis CaO superbasa dengan kristalinitas 94,64, kadar CaO 92,66%, H₂O 9,3 dan jumlah situs basa 7,245 mmol/g. Tahap akhir adalah reaksi esterifikasi dan transesterifikasi, reaksi esterifikasi pada minyak sawit untuk mengurangi kadar asam lemak bebas (FFA) yang terdapat pada minyak dengan menggunakan metanol dan katalis H₂SO₄ pada suhu 60°C. FFA menurun dari 10,35% menjadi 0,06%. Sedangkan reaksi transesterifikasi dilakukan dengan variasi perbandingan rasio mol minyak : metanol 1:6, 1:9, 1:12, dan variasi katalis CaO superbasa 1%, 1,5%, 2% dengan suhu reaksi 70°C selama 2,5 jam. Karakteristik biodiesel meliputi uji densitas, viskositas kinematik, kadar air, rendemen, dan GC-MS. Yield tertinggi dihasilkan pada perbandingan 1:12 dengan katalis 1,5% sebesar 90,47% dengan kadar metil ester sebesar 90,7%.

Kata kunci: Biodiesel, Katalis CaO Superbasa, Esterifikasi, Transesterifikasi

ABSTRACT

Biodiesel is an alternative fuel source that can be produced from vegetable oils through a transesterification process. Palm oil is one source of vegetable oil that has the potential to be used as a basic material of biodiesel production. This study aims to determine the effect of catalyst variation of CaO superbasa and mole variation (oil and methanol) to the biodiesel produced. Biodiesel synthesis begins with the fabrication of CaO superbasa catalyst from chicken egg shell through CaCO₃ calcining process to CaO at 950 ° C and then immersion with 0.69 g / mL ammonium carbonate solution in 50 mL of water solvent. Then continued the drying process for ± 24 hours at temperature 105oC and calcination at temperature 900oC. The result of catalyst analysis of CaO superbasa with crystallinity 94,64, CaO level 92,66% , H₂O 9,3 and amount of base site 7,245 mmol / g. The final stage is an esterification and transesterification reaction, an esterification reaction to palm oil to reduce the free fatty acid (FFA) content present in oil by using methanol and H₂SO₄ catalyst at 60 ° C. FFA decreased from 10.35% to 0.06%. While the transesterification reaction was carried out with variation of ratio of oil mol ratio: 1: 6 methanol, 1: 9, 1:12, and catalyst variation of 1%, 1.5%, 2% CaO superbasa with reaction temperature 70 ° C for 2.5 hours. The characteristics of biodiesel include density test, kinematic viscosity, moisture content,

rendement, and GC-MS. The highest yield was obtained at a ratio of 1:12 with a catalyst of 1.5% of 90.47% with a methyl ester content of 90.7%.

Keywords : *Biodiesel, CaO superbase catalyst, Esterification, Transesterification*

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan sumber bahan bakar alternatif yang dapat dihasilkan dari minyak nabati melalui transesterifikasi dengan metanol. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan untuk memproduksi biodiesel adalah minyak kelapa sawit. Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi penghasil minyak kelapa sawit terbesar di Indonesia yaitu sebesar 9.628.072 ton per tahun (BPS., 2015).

Cangkang telur memiliki kandungan CaCO_3 (kalsium karbonat) sebanyak 94%, MgCO_3 (magnesium karbonat) sebanyak 1%, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (kalsium fosfat) sebanyak 1% dan bahan-bahan organik sebanyak 4% (Stadelman, 2000). Komponen utama dari cangkang telur yakni 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 CaO merupakan katalis heterogen dan bersifat basa (Mahreni, 2011).

Pembuatan biodiesel selama ini lebih banyak menggunakan katalis homogen, seperti asam (H_2SO_4) dan basa (larutan NaOH atau KOH). Namun penggunaan katalis tersebut memiliki kelemahan yaitu pemisahan katalis dari produknya cukup rumit. Selain itu, katalis homogen dapat bereaksi dengan asam lemak bebas (ALB) membentuk sabun sehingga akan mempersulit pemurnian, menurunkan *yield* biodiesel serta memperbanyak konsumsi katalis dalam reaksi metanolis (Padil dkk., 2010).

Kelapa sawit dipilih sebagai alternatif untuk diesel karena mampu mengurangi emisi bersih karbon dioksida yang merupakan penyumbang utama pemanasan global. Upaya pengembangan biodiesel mendesak dilakukan antara lain untuk mengurangi konsumsi solar dan juga dapat mengurangi beban masyarakat akibat mahalnnya harga solar serta pasokan yang tidak menentu. Selain itu juga penggunaan biodiesel berfungsi untuk mengurangi polusi CO_2 dari hasil pembakaran fosil.

Penelitian yang berkaitan dengan pembuatan biodiesel telah dilakukan Huaping dkk. (2006) menggunakan CaO komersial yang direndam di

dalam larutan amonium karbonat disertai dengan kalsinasi untuk membuat katalis yang memiliki kekuatan basa lebih dari CaO pada umumnya. Jenis variabel yang divariasikan adalah suhu kalsinasi dan rasio mol metanol : minyak. Karakteristik terbaik diperoleh pada kondisi optimum dengan suhu kalsinasi katalis sebesar 900°C , dan rasio molar metanol : minyak pada 9 : 1, menghasilkan konversi minyak 93%. Sedangkan pada penelitian Ristianingsih dkk (2015), jenis variabel yang divariasikan adalah perbandingan rasio mol CPO : metanol dan berat katalis. Hasil terbaik yang diperoleh adalah pada rasio umpan 1:3 dan berat katalis 1% dengan nilai *yield* sebesar 65,38%.

Pada penelitian terdahulu (Huaping dkk., 2006) hasil yang didapat sudah baik tetapi masih menggunakan katalis komersial. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Ristianingsih dkk., 2015) hasil yang didapat sudah baik tetapi katalis yang digunakan adalah katalis basa homogen. Katalis basa homogen sangat sulit dipisahkan dari campuran reaksi sehingga tidak dapat digunakan kembali dan akhirnya akan ikut terbuang sebagai limbah yang dapat mencemarkan lingkungan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan pengembangan yaitu mengganti katalis dengan katalis basa heterogen seperti katalis CaO yang berasal dari cangkang telur ayam. Katalis CaO yang berasal dari cangkang telur akan mengurangi biaya operasional, dan dapat mengurangi dampak negatif bagi lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan katalis CaO superbasa yang dihasilkan terhadap pembuatan biodiesel dengan bahan baku minyak kelapa sawit dan reaktannya metanol, mengetahui pengaruh katalis CaO superbasa terhadap biodiesel yang dihasilkan, mengetahui pengaruh variasi katalis CaO superbasa dan perbandingan rasio mol minyak terhadap methanol pada *yield* biodiesel.

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan dari pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis CaO superbasa yaitu menghasilkan bahan bakar diesel yang dapat diperbaharui melalui proses

transesterifikasi dengan menggunakan katalis CaO superbasa yang berasal dari cangkang telur ayam.

Katalis basa heterogen CaO dapat dibuat melalui proses kalsinasi CaCO_3 . Proses kalsinasi dan senyawa organik umumnya dapat dihilangkan dari kulit telur pada temperatur di bawah 600°C sementara karbon dioksida baru dapat dilepaskan dari kulit telur pada temperatur sekitar $700 - 800^\circ\text{C}$. 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).

Pengembangan produk biodiesel dari minyak tumbuhan seperti minyak kelapa sawit, juga diarahkan pada sifat bahan bakunya yang dapat diperbaharui. Disamping itu, penggunaan biodiesel juga dapat mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon total, partikel, dan sulfur dioksida. Emisi *nitrous oxide* juga dapat dikurangi dengan penambahan konverter katalitik. Kelebihan lain dari segi lingkungan adalah tingkat toksisitasnya yang 10 kali lebih rendah dibandingkan dengan garam dapur dan tingkat biodegradabilitasnya sama dengan glukosa, sehingga sangat cocok digunakan di perairan untuk bahan bakar kapal/motor. Biodiesel tidak menambah efek rumah kaca seperti halnya petroleum diesel karena karbon yang dihasilkan masih dalam siklus karbon.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan untuk menentukan asam lemak bebas (FFA) adalah minyak kelapa sawit, etanol *p.a.*, NaOH 0,1 N, dan indikator PP. Untuk reaksi esterifikasi bahan yang digunakan adalah minyak kelapa sawit, asam sulfat *p.a.*, dan metanol *p.a.* Pada reaksi transesterifikasi bahan yang digunakan adalah minyak kelapa sawit, metanol *p.a.*, dan katalis CaO hasil sintesis dari cangkang telur. Bahan yang digunakan untuk uji kebasahan adalah benzene *p.a.*, asam benzoat *p.a.*, methanol *p.a.*, indikator phenolptalein, indikator 4 nitroaniline dan indikator diphenylamine. Uji karakterisasi katalis CaO menggunakan alat XRD dan SEM-EDS.

Prosedur Penelitian

Persiapan bahan baku

kulit telur bertujuan untuk menghilangkan kandungan air, senyawa organik, serta karbon dioksida yang terdapat di dalam kulit telur. Air

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 950°C selama 2 jam. Hasil kalsinasi selanjutnya disimpan di dalam desikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering.

Pembuatan katalis CaO superbasa

Sebanyak 3,5 gram CaO dari hasil kalsinasi pertama direndam disertai pengadukan dalam larutan ammonium karbonat dengan konsentrasi 0,69 g/ml) sebanyak 50 mL. Selanjutnya pisahkan antara padatan dan larutan dengan menggunakan kertas saring wachman no. 42. Padatan yang tertahan lalu dikeringkan pada suhu 110°C selama 24 jam atau massanya telah mencapai konstan. Padatan yang telah kering kemudian dikalsinasi pada suhu 900°C selama 1,5 jam. Katalis yang telah dihasilkan disimpan didalam desikator.

Sintesis Biodiesel dari Minyak Sawit

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.

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

b. Reaksi Esterifikasi Pada Minyak Sawit

Menimbang minyak kelapa sawit sebanyak 500 gram dan memanaskan sampai suhu mencapai 60°C . Mencampurkan sampel dengan methanol sebanyak 100 gram dan 1,5 mL H_2SO_4 . Kemudian campuran dipanaskan selama 1 jam Memasukkan ke dalam corong pisah dan

mendiamkan selama 1 jam, mengambil trigliserida pada lapisan paling bawah.

c. Sintesis Biodiesel (Reaksi Transesterifikasi)

Memasukkan katalis CaO superbasas dan metanol ke dalam labu destilat 1000 ml. Kemudian mengaduknya selama 1 jam. Menambahkan 403 gram minyak sawit ke dalam erlenmeyer secara perlahan-lahan kemudian menaikkan suhu menjadi 70°C. Merefluks campuran selama kurang lebih 2,5 jam. Kemudian didinginkan dan memisahkan katalis CaO superbasas. Memasukkan campuran ke dalam corong pisah dan menyimpan pada suhu kamar selama 1 jam kemudian memisahkan antara lapisan atas dan lapisan bawahnya. Mencuci lapisan bawah dengan air bersuhu ± 80°C. Selanjutnya menguapkan kandungan air yang terdapat pada biodiesel pada suhu 105°C. Menganalisa produk biodiesel yang dihasilkan diantaranya analisa

Pembuatan Katalis CaO

Pembuatan katalis CaO dilakukan dengan cara kalsinasi cangkang telur yang telah dicuci dan dikeringkan. Tujuan kalsinasi cangkang telur adalah untuk menghilangkan senyawa karbon dioksida melalui reaksi dekomposisi kalsium karbonat yang terkandung dalam cangkang telur sehingga diperoleh senyawa kalsium oksida. (Santoso dkk., 2013). Pada percobaan, cangkang telur dikalsinasi selama 1,5 jam dengan suhu 900°C. Reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi adalah:



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Pembentukan CaO

Uji XRD

Uji *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral yang terkandung dalam sampel cangkang telur ayam ras sebelum dan setelah kalsinasi pada temperatur 950°C telah dilakukan analisis kualitatif dengan menggunakan XRD.

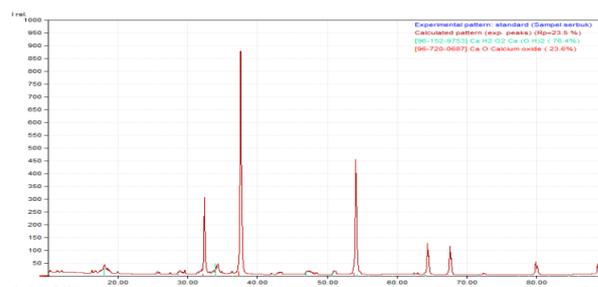
GC-MS, densitas, viskositas kinematik, kadar air, dan yield.

$$\text{Yield} = \frac{\text{Berat Produk (Hasil Penelitian)}}{\text{Berat Bahan Baku}} \times 100\%$$

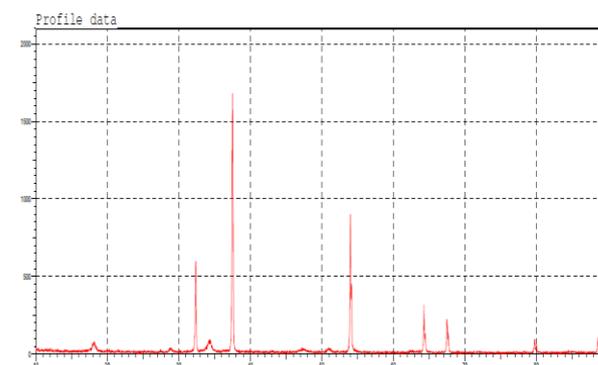
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil merupakan bagian utama artikel ilmiah, berisi : hasil bersih tanpa proses analisis data, hasil pengujian hipotesis. Hasil dapat disajikan dengan table atau grafik, untuk memperjelas hasil secara verbal

Pembahasan merupakan bagian terpenting dari keseluruhan isi artikel ilmiah. Tujuan pembahasan adalah: Menjawab masalah penelitian, menafsirkan temuan-temuan, mengintegrasikan temuan dari penelitian ke dalam kumpulan pengetahuan yang telah ada dan menyusun teori baru atau memodifikasi teori yang sudah ada.



Gambar 2. Hasil Kromatogram XRD Cangkang Telur Aya Ras Sebelum Di Kalsinasi



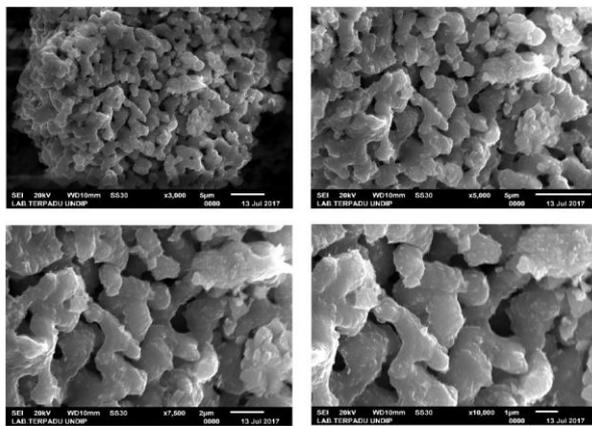
Gambar 3. Hasil Kromatogram XRD Cangkang Telur Ayam Ras Sesudah Di Kalsinasi

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan komponen utama yang terdapat pada katalis adalah CaO. Hal ini ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak runcing yang membuktikan bahwa komponen CaO

mempunyai struktur kristal. Derajat kristalinitas dari hasil uji XRD sebesar 94,64%. Katalis CaO yang telah dikalsinasi harus disimpan di tempat yang tertutup rapat atau disimpan di dalam desikator, karena CaO dapat bereaksi dengan uap air membentuk Ca(OH)_2 . (Santoso dkk., 2013)

Uji SEM dan EDS

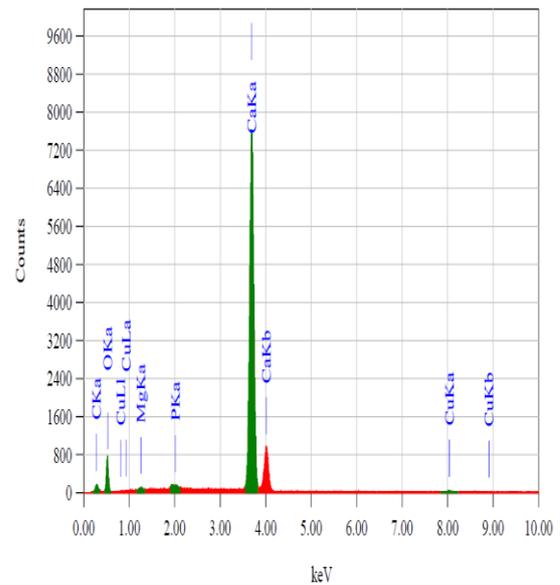
Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui struktur tiga dimensi dari katalis yang dihasilkan. Gambar 4 menunjukkan hasil SEM dengan pembesaran 3000 kali, 5000 kali, 7500 kali dan 10000 kali.



Gambar 4. Hasil Uji SEM Katalis CaO dengan Pembesaran 3000 kali, 5000 kali, 7500 kali dan 10000 kali

Dari gambar 3.4 menunjukkan katalis yang terbentuk ukurannya mencapai skala mikrometer, mempunyai bentuk seragam yaitu menyerupai batang.

Uji EDS bertujuan untuk mengetahui konsentrasi CaO yang terdapat katalis yang dihasilkan dari kalsinasi cangkang telur. Uji EDS merupakan salah satu metode yang paling baik untuk menganalisis senyawa-senyawa logam, alloy, dan keramik. Uji EDS memiliki keterbatasan, yaitu tidak dapat mendeteksi unsur yang ringan seperti hidrogen, helium, dan litium. (Santoso dkk., 2013). Gambar 5 menunjukkan hasil uji EDS katalis dari kalsinasi cangkang telur.



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis (Oxide)

Fitting Coefficient : 0.0176

Total Oxide : 24.0

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	4.68	0.03	18.74	C	4.68	0.00	2.8420
O		27.30						
Mg K	1.253	0.39	0.05	0.78	MgO	0.65	0.23	0.2696
P K	2.013	0.24	0.06	0.19	P2O5	0.56	0.11	0.2835
Ca K	3.690	66.23	0.20	79.42	CaO	92.66	23.24	95.2376
Cu K	8.040	1.15	0.09	0.87	CuO	1.45	0.26	1.3674
Total		100.00		100.00		100.00	23.83	

Gambar 5. Hasil Uji EDS Katalis dari Cangkang Telur

Dari gambar 5 menunjukkan senyawa CaO yang terdapat pada cangkang telur yang telah dikalsinasi mengandung 92,66% senyawa CaO. Hal ini berarti proses kalsinasi berjalan dengan baik dan membentuk senyawa CaO yang banyak sehingga dapat digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel.

Uji Kebasaan

Untuk analisa kebasaaan katalis menggunakan 3 indikator yaitu *Phenolphthalein*, *4-nitroaniline* dan diphenylamine. Dimana pada *phenolphthalein* memiliki range H_{9,3} dengan perubahan warna dari merah muda menjadi tak berwarna, *4-nitroaniline* H_{18,4} dengan perubahan warna dari kuning menjadi orange dan

diphenylamine H_{22,3} dengan perubahan warna dari merah muda menjadi tak berwarna. Namun dari analisa yang dilakukan yang memiliki perubahan warna adalah pada saat menggunakan indikator *Phenolphthalein*. Hal ini menunjukkan bahwa katalis hanya memiliki H_{9,3} dengan situs kebasaaan sebesar 7,245 mmol/g.

Hasil uji kekuatan basa yang diperoleh berbeda jauh dengan hasil yang terdapat pada literatur. Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena adanya senyawa lain pada permukaan padatan CaO super basa seperti pada hasil uji EDS yang telah dilakukan. Kekuatan basa tertinggi ada pada CaO, kemudian Ca(OH)₂, dan yang terendah adalah CaCO₃ (Kouzu. 2006). Dengan bahan baku CaO komersial, Huaping dkk. (2006) berhasil memperoleh katalis superbasa CaO dengan kekuatan basa mencapai 26,5.

Tabel 1. Uji Kebasaaan Katalis CaO dengan Indikator sbb :

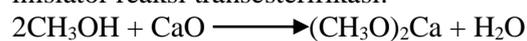
Indikator	H.	Warna Sebelum reaksi	Warna Setelah Reaksi
Phenolphthalein	9,3	Merah muda	Tak berwarna
4-nitroaniline	-	Kuning	Kuning
Diphenylamine	-	Tidak berwarna	Tak berwarna

Pembuatan Biodiesel

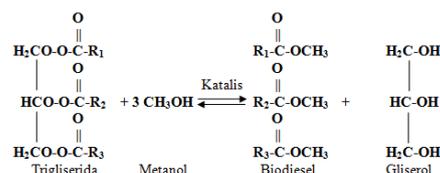
Sebelum digunakan pada proses transesterifikasi, minyak kelapa sawit terlebih dahulu dilakukan analisa asam lemak bebas. Kadar asam lemak bebas merupakan faktor yang penting karena dapat mempengaruhi reaksi kimia. Asam lemak bebas yang tinggi dalam bahan baku dapat menyebabkan pembentukan sabun ketika bahan kimia alkali digunakan sebagai katalis karena bahan kimia alkali bereaksi untuk menetralkan asam lemak bebas dari minyak. (Wendi dkk., 2015). Dari hasil analisa asam lemak bebas didapatkan hasil kandungan asam lemak bebas pada minyak sebesar 10,35% sehingga diperlukan reaksi esterifikasi. Tujuan utama dari esterifikasi untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dalam minyak. Kadar asam lemak bebas dalam minyak harus kurang dari 5% sehingga memudahkan reaksi transesterifikasi. (Wendi dkk., 2015). Reaksi menunjukkan

penurunan kadar asam lemak bebas pada minyak. Kadar asam lemak bebas yang diperoleh setelah reaksi esterifikasi adalah 0,06% dan telah memenuhi untuk dilakukan reaksi transesterifikasi.

Pada reaksi transesterifikasi, mula-mula katalis direaksikan dengan metanol agar terbentuk spesi metoksi yang merupakan inisiator reaksi transesterifikasi.



Gambar 6. Mekanisme pembentukan gugus metoksi



Gambar 7. Mekanisme Reaks Pembentukan Metil Ester

Reaksi transesterifikasi dilangsungkan pada kondisi 70°C selama 2,5 jam, diperoleh campuran produk yang terbentuk 2 lapisan. Pada lapisan atas berupa metil ester dan lapisan bawah berupa gliserol, untuk memisahkan sisa-sisa katalis dari metil ester maka dilakukan filtrasi. Kemudian lapisan metil ester dicuci dengan aquadest dengan suhu ±80°C untuk menghilangkan sisa-sisa gliserol dan metanol sampai pH 7.

Karakteristik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit

Karakteristik biodiesel dari minyak kelapa sawit seperti densitas, viskositas kinematik, dan kadar air dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah :

Tabel 2. Hasil Karakteristik Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit

Variasi		Densitas (gr/m L)	Viskositas Kinematik (cSt)	Kadar Air (%)	Yield (%)
Rasio Mol Minyak : Metanol	Massa Katalis (%)				
1:6	1	0,866	4,89	0,029	77,08
1:9	1	0,856	4,48	0,036	81,07
1:12	1	0,855	4,06	0,064	87,63
1:6	1,5	0,869	5,96	0,061	75,34
1:9	1,5	0,856	5,25	0,051	79,82
1:12	1,5	0,855	5,14	0,040	90,47
1:6	2	0,868	7,03	0,067	71,95

1:9	2	0,866	6,60	0,056	79,93
1:12	2	0,866	6,01	0,069	84,81
SNI 7182:2015		0,85-0,89	2,3-6,0	Maks 0,05	



Dari tabel 1 menunjukkan bahwa densitas biodiesel telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel yaitu dalam rentang 0,85 – 0,89 gr/mL. Nilai viskositas kinematik yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi SNI biodiesel, tetapi beberapa melebihi spesifikasi SNI biodiesel. Hal ini disebabkan trigliserida 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).

Pengaruh Rasio Mol Minyak dan Metanol

Rasio mol minyak terhadap metanol merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada proses transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi memerlukan 3 mol alkohol setiap mol trigliserida untuk menghasilkan 3 mol *fatty ester* dan 1 mol gliserol. Pada penelitian ini digunakan rasio mol minyak terhadap metanol 1:6, 1:9, 1:12.

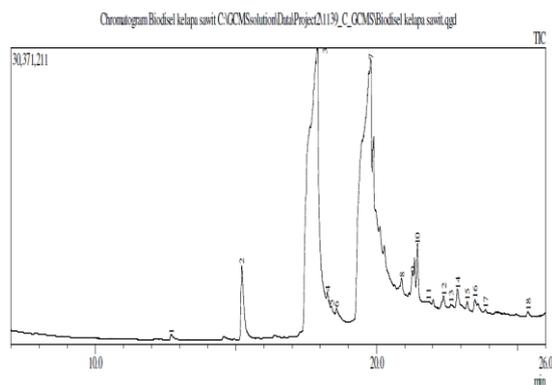
Penggunaan metanol berlebih bertujuan untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk karena transesterifikasi merupakan reaksi *reversible*. Hasil terbaik dicapai dengan rasio mol 1:12 dengan jumlah katalis 1,5%-w sebesar 90,47%. Hal tersebut menunjukkan pentingnya penggunaan alkohol lebih besar dari kebutuhan stoikiometrinya untuk mencapai *yield* biodiesel maksimum.

Pengaruh Jumlah Katalis

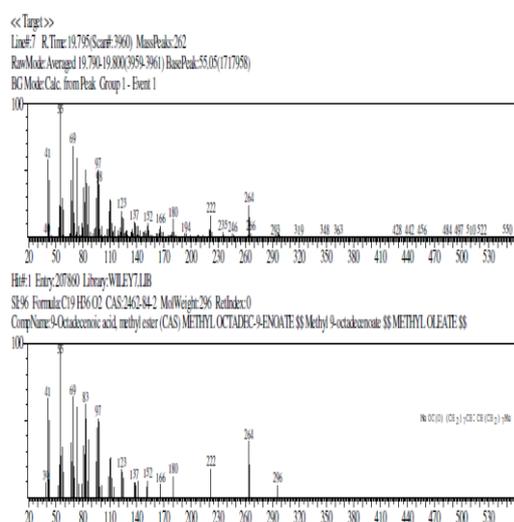
Jumlah katalis adalah faktor lain yang juga mempengaruhi rendemen produk. Pada penelitian digunakan jumlah katalis CaO 1%, 1,5%, 2%. Hasil terbaik yang diperoleh adalah jumlah katalis 1,5% dengan rasio mol 1:12. Rendemen menurun ketika jumlah katalis meningkat diatas 1,5%. Hal ini disebabkan dari meningkatnya jumlah katalis, campuran katalis dan reaktan menjadi terlalu kental sehingga bermasalah dengan pencampuran dan permintaan konsumsi daya yang lebih tinggi untuk pengadukan. Namun ketika jumlah katalis tidak cukup, rendemen maksimum metil ester tidak dapat tercapai. (Wendi dkk., 2015)

Analisa GC-MS Biodiesel

Biodiesel hasil dari transesterifikasi dengan nilai rendemen tertinggi di analisa kandungan metil ester dengan menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS). GC-MS merupakan penggabungan antara alat kromatografi gas dan spektroskopi massa. Alat kromatografi gas memiliki fungsi untuk memisahkan komponen-komponen senyawa kimia yang dianalisis sedangkan spektroskopi massa digunakan untuk mendeteksi dari masing-masing senyawa kimia yang telah dipisahkan oleh alat kromatografi gas. (Rubiyanto, 2017). Hasil analisa GC-MS terhadap lapisan metil ester yang dihasilkan pada temperatur reaksi 70°C, jumlah katalis 1,5%, dan rasio mol 1:12 ditampilkan pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8. Hasil Kromatogram GC Biodiesel



Gambar 9. Hasil Kromatogram MS Biodiesel

Kromatogram yang diperoleh menunjukkan adanya 18 puncak. Puncak tertinggi terdapat pada *peak* 7 dengan waktu retensi 19,794 menit. Sedangkan puncak

terendah terdapat pada *peak* 1 dengan waktu retensi 12,700 menit.

Dari hasil analisa GC-MS dapat diketahui senyawa metil ester yang terkandung dalam biodiesel, diantaranya metil laurat, metil palmitat, metil miristat, dan metil oleat dengan kadar metil ester sebesar 90,7%. Senyawa metil ester yang diperoleh tersebut sesuai dengan kandungan asam lemak yang terdapat pada kelapa sawit (Ketaren, 2005). Selain itu, kualitas biodiesel tidak ditentukan dari jenis senyawa yang terkandung di dalamnya, melainkan dari karakteristik sifat fisik biodiesel (Ristianingsih dkk., 2015).

Tabel 3. Waktu retensi dan % area Metil Ester (Biodiesel)

Peak	tr	%Area	Nama Senyawa Metil Ester
1	12,700	0,14	Methyl Laurate
2	15,207	2,21	Methyl Myristate
3	17,887	30,76	Methyl Palmitate
6	18,576	1,64	Methyl Heptadecanoate
7	19,794	43,72	Methyl Octadec-9-enoate
9	21,283	3,33	Methyl Oleate
10	21,461	2,24	Methyl Arachate
12	22,394	1,39	Methyl Hexadecadienoate
13	22,659	1,05	Methyl 10-Hydroxyoctadecanoate
14	22,886	1,84	Methyl Hexadecadienoate
15	23,228	0,92	Methyl Behenate
16	23,510	1,27	Methyl 8,11-Elcosadienoate
18	25,391	0,19	Methyl Lignocerate

KESIMPULAN

1. Hasil terbaik biodiesel diperoleh pada rasio mol 1:12 dengan jumlah katalis 1,5% dengan rendemen sebesar 90,47%.
2. Rasio mol berpengaruh terhadap besarnya rendemen biodiesel, semakin banyak metanol yang ditambahkan maka reaksi akan menggeser kesetimbangan ke arah produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan

Tinggi dengan No. Kontrak: 1158b/PL7/LK/VII/2017 yang telah memberikan Hibah Penelitian Produk Terapan

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2015). *Produksi Perkebunan Menurut Jenis Tanaman dan Kabupaten/Kota, Tahun 2015*.
- 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.
- 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
- 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
- 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.
- 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