

Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Kadar kalium Katalis Basa Heterogen Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang Pisang pada Pembuatan Biodiesel Berbantuan Ultrasonik

Marlinda^a, Ramli^b, Abdul Halim^c

^{a,b} Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

^a Email : lin_syam@yahoo.co.id

^b Email : ramli_polismd@yahoo.co.id

^c Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda

^a Email : halim_usfa@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penggunaan katalis heterogen pada pembuatan biodiesel memberikan banyak keuntungan dikarenakan katalis heterogen dapat dengan mudah dipisahkan dari produknya sehingga dapat digunakan kembali, mudah diregenerasi dan tidak menghasilkan produk samping berupa sabun. Penelitian ini menggunakan katalis heterogen yang berasal dari bahan alam yaitu tandan kosong kelapa sawit dan batang pisang yang mengandung unsur kalium. Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kualitas katalis basa berdasarkan kadar kalium serta efektivitas katalis basa pada proses pembuatan biodiesel. Untuk memperbaiki karakteristik katalis basa heterogen dengan peningkatan kadar kalium maka dilakukan aktivasi kimia menggunakan larutan KOH dengan variasi konsentrasi larutan aktivator 0,1N – 2,2 N dan aktivasi fisika dengan kalsinasi. Penggunaan katalis basa heterogen dapat mengurangi dampak reaksi penyabunan dengan melakukan variasi jumlah katalis basa dengan massa katalis divariasikan 5g, 10g, 15g, 20g dan 25g. Proses transesterifikasi menggunakan reaktor ultrasonik dengan frekuensi 42 KHZ dengan waktu reaksi 30 menit pada suhu lingkungan sekitar 30°C. Hasil Penelitian diperoleh bahwa dengan melakukan aktivasi kimia dan aktivasi fisika karakteristik katalis semakin baik terlihat dengan peningkatan kadar kalium sekitar 13% - 84% yang paling baik pada konsentrasi aktivator 1,9 N. Kadar kalium dianalisa menggunakan AAS dan FTIR, kalium pada katalis basa terikat dalam bentuk senyawa K-O dan K-C. Sedangkan pada proses transesterifikasi menghasilkan rendemen biodiesel yang optimum pada massa 20g sebesar 93,17% dengan kadar metil ester 96,76% dengan menggunakan analisa GC/GC MS. Karakterisasi biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI (2006), dengan memiliki densitas 878,5 kg/m³, viskositas 5,13 mm²/s, titik kabut 12°C, titik nyala 129,4°F, angka setana 52, kadar air 0,0293, kadar metil ester 96,76% dan angka asam 0,4837.

Kata Kunci

Biodiesel, katalis basa heterogen, larutan aktivator, reaktor ultrasonik

1. PENDAHULUAN

Propinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah penghasil kelapa sawit yang sangat potensial. Kalimantan Timur memproduksi kelapa sawit 2,3 juta ton pada tahun 2009, Sedangkan di Samarinda produksi kelapa sawit mencapai 1250 ton pada tahun 2009 dan 826 ton sampai pada pertengahan 2010 [2]. Sehubungan dengan potensi penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia, pemerintah telah menetapkan kaltim sebagai kluster industri berbasis kondensat dan oleokimia. Sedangkan batang pisang untuk wilayah Kaltim menurut data BPS 2010 sebanyak 112,98 ton/tahun, sehingga akan terjadi peningkatan jumlah limbah dari kedua bahan tersebut pun semakin meningkat. Potensi limbah tandan kosong kelapa sawit dan batang pisang dapat diolah kembali karena mengandung mineral alam seperti kalium, kalsium, magnesium dan lain-lain. Dalam abu tandan kosong kelapa sawit (TKKS), logam kalium merupakan logam terbesar yang terdapat dalam abu TKKS

yaitu sebesar 27,5% [4] sedangkan batang pisang memiliki kandungan kalium berbasis abu sebesar 33,4% [9].

Umumnya pembuatan biodiesel menggunakan katalis homogen seperti NaOH, KOH, H₂SO₄ atau HCl. Namun katalis ini sulit dipisahkan setelah reaksi, dapat merusak lingkungan, bersifat korosif dan menghasilkan limbah racun [3]. Selain itu, katalis homogen tersebut dalam kemampuan katalitiknya hanya dapat dipakai satu kali [4]. Penggunaan katalis heterogen pada pembuatan biodiesel memberikan banyak keuntungan dikarenakan katalis ini dapat dengan mudah dipisahkan dari produknya dengan filtrasi karena fasanya berbeda dengan produknya, mudah diregenerasi, dapat digunakan kembali, tidak menghasilkan produk samping berupa sabun jika bereaksi dengan asam lemak bebas (FFA), lebih ramah lingkungan, lebih murah dan tidak bersifat korosif [4]. maka pada penelitian ini akan dilakukan preparasi katalis dengan penggunaan aktivator sehingga katalis heterogen akan lebih meningkatkan karakteristik katalis sehingga konversi

biodiesel pun semakin meningkat. Selain itu, pemanfaatan limbah pertanian berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan batang pisang sebagai katalis basa heterogen (TKSNBP) akan meningkatkan nilai ekonomis limbah pertanian tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Dalam pembuatan biodiesel, reaksi dapat terjadi dengan bantuan katalis (katalitik) atau tanpa bantuan katalis (non-katalitik). Pembuatan biodiesel tanpa katalis membutuhkan temperatur dan tekanan tinggi, sehingga membutuhkan perlakuan yang lebih dan reaktor yang berbahan khusus. Agar diperoleh yield yang maksimum, reaksi berjalan pada reaksi yang melebihi suhu metanol *supercritical* yaitu pada suhu 240°C [7]. Minyak nabati dan biodiesel tergolong ke dalam kelas besar senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelas ester asam-asam lemak. Akan tetapi, minyak nabati adalah triester asam-asam lemak dengan gliserol, atau trigliserida, sedangkan biodiesel adalah monoester asam-asam lemak dengan metanol [11]. Semua minyak nabati dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar namun dengan proses-proses pengolahan tertentu [5].

Berbeda dengan penggunaan minyak tanaman murni, penggunaan ester dari minyak tanaman tidak memerlukan modifikasi konstruksi motor dan memiliki beberapa keunggulan, yaitu [12]:

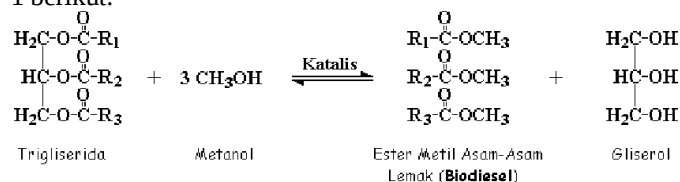
1. Biodiesel diproduksi dari bahan pertanian, sehingga dapat diperbaharui.
2. Biodiesel memiliki nilai setana yang tinggi, *volatile matter* yang rendah dan bebas sulfur.
3. Ramah lingkungan karena tidak ada emisi SO_x .
4. Meningkatkan nilai produk pertanian Indonesia.
5. Memungkinkan diproduksi dalam skala kecil menengah sehingga bisa diproduksi di pedesaan.
6. Menurunkan ketergantungan suplai minyak dari negara asing dan fluktuasi harga.
7. Jauh lebih mudah terurai oleh mikroorganisme dibandingkan minyak mineral.

Salah satu persyaratan minyak nabati dapat dipakai sebagai bahan bakar mesin diesel adalah viskositasnya harus rendah. Ada beberapa metode untuk menurunkan viskositas minyak nabati seperti mencampurkan minyak nabati dengan petrodiesel, pirolisis, mikroemulsi, dan transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan metode yang paling umum digunakan pada pembuatan bahan bakar biodiesel dari minyak nabati dengan reaksi kimia [9].

2.2 Reaksi Transesterifikasi

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap konversi trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Di antara

alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi kandidat sumber atau pemasok gugus alkil, adalah metanol yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktifitasnya paling tinggi (sehingga reaksi disebut metanolisis). Jadi, di sebagian besar dunia ini, biodiesel praktis identik dengan ester metil asam-asam lemak (*Fatty Acids Metil Ester*, FAME). Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1: Reaksi Pembentukan Metil Ester (Biodiesel)

Transesterifikasi juga menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat [6]. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis basa, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi.

2.3 Katalis Basa Heterogen

Katalis oksida logam bivalen memiliki karakter kovalen yang dapat memfasilitasi reaksi transesterifikasi, beberapa katalis basa heterogen yang umum digunakan adalah: K/- Al_2O_3 , oksida campuran Ca dan Zn, Al_2O_3 yang didukung CaO dan MgO, Oksida Logam alkali tanah, KF/Ca-Al dan logam alkali yang dimuat alumina [13]. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan katalis basa ada 4 tahap yaitu:

- (1) Terjadi abstraksi proton dari metanol dengan situs basa membentuk anion metoksida.
- (2) Anion metoksida menyerang karbon karbonil pada molekul trigliserida membentuk intermediate alkoksikarbonil.
- (3) Intermediate alkoksikarbonil lebih lanjut berubah bentuk yang lebih stabil berupa Fatty Acid Metyl Ester (FAME) dan Anion digliserida.
- (4) Kation metoksida menyerang anion digliserida membentuk digliserida dan proses seterusnya terjadi pada gugus R_2 dan R_3 [13].

Proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yang tergantung pada kondisi reaksi yang digunakan, yaitu:

1. Pengaruh Asam Lemak Bebas dan Zat Menguap
Kandungan asam lemak bebas dan zat menguap merupakan parameter kunci untuk menentukan kelangsungan proses transesterifikasi minyak/lemak tersebut. Proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa, bilangan asam harus lebih kecil dari 2% [7].
2. Katalis
Katalis yang digunakan bisa homogen atau heterogen, baik yang bersifat asam atau basa. Perlu diperhatikan

kadar asam lemak bebas (ALB) dan kelembapan (*moisture*) [9], Katalis heterogen biasanya bergantung sekurang-kurangnya pada satu reaktan yang teradsorpsi dan dimodifikasi menjadi bentuk yang dapat langsung bereaksi [1].

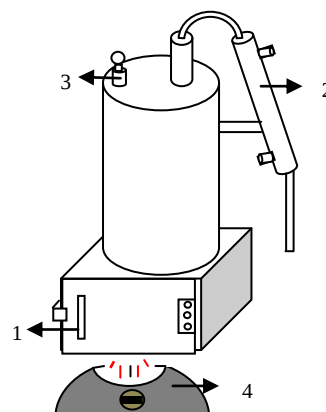
3. Perbandingan Mol Alkohol dan Mol Trigliserida
Salah satu faktor paling penting yang mempengaruhi besarnya komponen rendemen ester adalah perbandingan mol antara alkohol dengan trigliserida. Perbandingan mol yang dibutuhkan untuk mencapai stoikiometri adalah 3 mol alkohol dan 1 mol trigliserida, yang akan menghasilkan 3 mol ester asam lemak dan satu mol gliserol [12].
4. Kecepatan pengadukan
kecepatan reaksi pengadukan semakin besar, sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar [7].
5. Pengaruh Waktu Reaksi dan Temperatur
Laju rendemen trigliserida akan bertambah dengan bertambahnya waktu reaksi. Transesterifikasi dapat berjalan dengan temperatur berbeda, tergantung pada minyak yang digunakan. [7].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Tahap penyiapan bahan baku (preparasi)
Pada tahap ini dilakukan pengecilan ukuran pada bahan baku berupa tandan kosong sawit dan batang pisang
2. Tahap aktivasi tandan kosong kelapa sawit dan batang pisang dengan menggunakan larutan KOH dengan konsentrasi 0.1N : 0.4N : 0.7N : 1.0N : 1.3N : 1.6N : 1.9N : 2.2N
3. Tahap gasifikasi (pembuatan abu)
Pada tahap ini tandan kosong dan batang pisang yang telah diaktivasi kemudian diabukan dengan alat gasifikasi
4. Tahap reaksi transesterifikasi
Tahap ini dilakukan dengan menggunakan reaktor ultrasonik dengan frekuensi 42 KHZ dengan variasi katalis 5g : 10g : 15g : 20g : 25g dengan variasi reaktan 1:6 dan suhu reaksi 30°C.
5. Tahap pemisahan, pencucian dan pemurnian biodiesel
Pada tahap ini biodiesel yang telah dipisahkan dari gliserol kemudian dicuci dengan air panas untuk menghilangkan sisa kotoran dan methanol.
6. Tahap analisa biodiesel
Analisa biodiesel meliputi kadar metil ester dengan GC MS dan rendemen biodiesel, density, viscositas, titik nyala, titik kabut dan angka setana

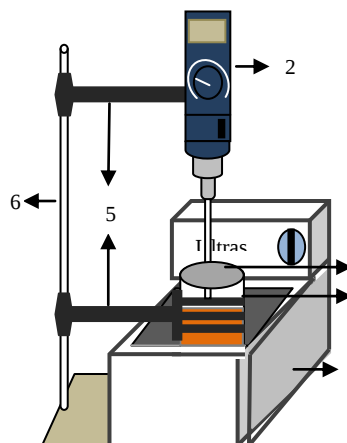
Peralatan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3:



Gambar 2: Peralatan Gasifikasi (pengabuan)

Keterangan:

1. Tempat bahan baku
2. Kondensor
3. Sirkulasi Udara
4. Pemanas / Kompor



Gambar 3: Peralatan Proses Pembuatan Biodiesel

Keterangan :

1. Ultrasonic cleaner
2. Mixer
3. Aluminium foil
4. Gelas Kimia
5. Statif
6. Klem

4. PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh aktivasi terhadap karakteristik katalis

Aktivasi dilakukan dengan menggunakan larutan KOH dengan berbagai konsentrasi dan suhu lingkungan serta waktu perendaman selama 1 jam, data hasil dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

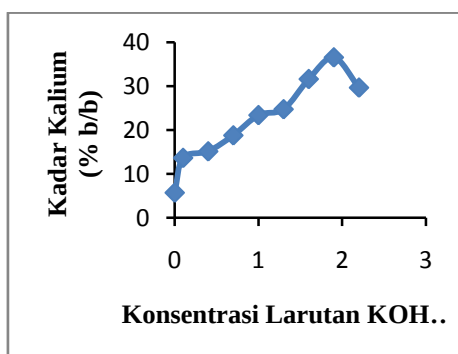
Tabel 1: Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivator (KOH) Terhadap Kadar Kalium Katalis

No.	Konsentrasi Larutan KOH (N)	Konsentrasi Kalium (% b/b)
1	0	5.73
2	0,1	13.64

3	0,4	15.13
4	0,7	18.77
5	1,0	23.38
6	1,3	24.72
7	1,6	31.59
8	1,9	36.512
9	2,2	29.64

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan batang pisang digunakan sebagai katalis heterogen karena mengandung unsur kalium. Kadar kalium pada abu tandan kosong kelapa sawit sebesar 196,63 g/kg berat abu [14] sedangkan kadar kalium batang pisang sebesar 16,53-23,06 g/kg berat batang pisang dan mengalami kenaikan kadar kalium setelah pembakaran sebesar 36-46% [8]. Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa abu tandan kosong kelapa sawit memiliki kadar kalium yang lebih rendah dibandingkan abu batang pisang sehingga pada penelitian ini tandan kosong kelapa sawit dicampur dengan batang pisang (50%:50% berat).

Dalam karakteristik katalis, dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan kadar kalium. Berdasarkan hasil analisis AAS diperoleh bahwa kadar kalium pada abu TKKS dan batang pisang tanpa aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5,73% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, selain itu juga terlihat kadar kalium pada katalis yang teraktivasi dengan berbagai konsentrasi larutan aktivator. Sehingga konsentrasi larutan aktivator memberikan pengaruh terhadap kadar kalium yang dihasilkan pada abu TKKS dan batang pisang (TKKSBNP), hal tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4: Grafik Konsentrasi Kalium dan Konsentrasi Larutan KOH

Pada gambar 4 menunjukkan kadar kalium pada abu TKKS dan batang pisang yang dihasilkan meningkat dengan bertambahnya konsentrasi larutan aktivator. Konsentrasi larutan KOH 1,9 N merupakan konsentrasi maksimum yang menghasilkan kadar kalium sebesar 36,52%.

Meningkatnya komposisi (kalium) suatu katalis akibat dari proses aktivasi karena zat pengotor yang ada pada abu akan hilang biasanya zat pengotor ini menutupi pori-pori permukaan abu. Hilangnya zat pengotor tersebut dari

permukaan abu akan menyebabkan semakin besar pori dari abu tersebut. Besarnya pori abu TKKSBNP yang akan berfungsi sebagai katalis berakibat meningkatnya luas permukaan sehingga akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dan dapat meningkatkan kadar gugus aktif pada abu tersebut. Luas permukaan dipengaruhi oleh besar atau kecilnya pori pada permukaan katalis. Semakin kecil pori, luas permukaan akan semakin besar sehingga kinerja abu sebagai katalis heterogen dapat meningkat. Dalam reaksi katalitik, luas permukaan sangat mempengaruhi laju reaksi, karena semakin luas permukaan katalis akan menyebabkan semakin banyak reaktan yang teradsorpsi pada sisi aktif katalis.

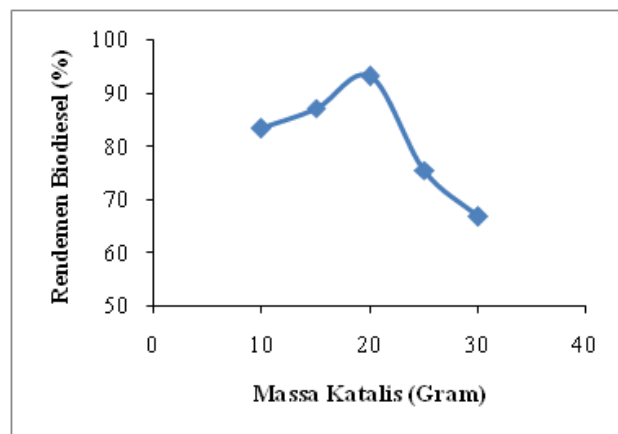
4.2 Pengaruh Massa Katalis Basa Heterogen Pada Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan menggunakan katalis basa heterogen TKKSBNP pada suhu 30°C waktu reaksi 30 menit dengan perbandingan reaktan 1:6 dengan data pada Tabel 2 sebagai berikut:

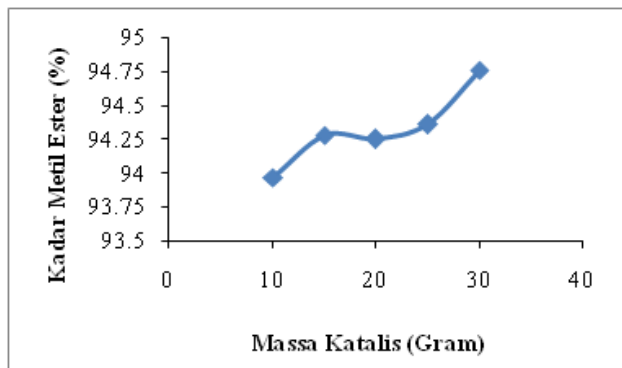
Tabel 2: Pengaruh Massa Katalis Terhadap Rendemen Biodiesel (Waktu Reaksi = 30 menit, Ukuran Partikel Katalis = 100 mesh)

No.	Massa Katalis (gram)	Rendemen Biodiesel (%)	Kadar Metil Ester (%)
1	10	83,35	93,97
2	15	87,17	94,28
3	20	93,17	96,76
4	25	75,49	96,85
5	30	66,77	96,90

Dari Tabel 2 terlihat pada massa katalis yang banyak akan menghasilkan rendemen dan kadar metil ester yang tinggi pula pada ukuran partikel yang sama 100 mesh, waktu reaksi 30 menit dan suhu reaksi 30°C dengan menggunakan reaktor ultrasonik batch. Pengaruh massa katalis terlihat pada gambar 5 dan gambar 6 pada rendemen dan kadar metil ester biodiesel sebagai berikut:



Gambar 5: Pengaruh Massa Katalis pada Rendemen Biodiesel



Gambar 6: Pengaruh Massa Katalis pada Kadar Metil Ester

Gambar 5 dan Gambar 6, menunjukkan bahwa rendemen biodiesel dan kadar metil ester yang dihasilkan meningkat terhadap bertambahnya massa katalis. Dengan semakin besar massa katalis maka semakin besar pula konsentrasi katalis yang akan meningkatkan laju reaksi transesterifikasi pembentukan metil ester. Pada massa katalis sebesar 20 g menunjukkan rendemen biodiesel maksimum yaitu 93,17%, begitu pula terjadi peningkatan kadar metil ester sebesar 96,76%.

Kenaikan konsentrasi katalis tidak menyebabkan pergeseran kesetimbangan ke arah pembentukan metil ester, tetapi menyebabkan turunnya energi aktivasi. Dengan demikian, hal tersebut akan meningkatkan kualitas tumbukan antar molekul reaktan yang mengakibatkan kecepatan reaksi transesterifikasi menjadi naik sehingga rendemen biodiesel juga semakin tinggi dan kadar metil ester pun meningkat.

Peningkatan konsentrasi katalis tidak selalu meningkatkan nilai rendemen produk tetapi sebaliknya akan menambah biaya dan waktu karena perlunya pemisahan katalis dari produk serta penambahan massa katalis menyebabkan warna biodiesel menjadi lebih pekat. Pada penggunaan massa katalis >20 gram, mengakibatkan rendemen biodiesel semakin menurun. Hal ini disebabkan terjadinya reaksi balik ke arah pembentukan reaktan. Selain itu, karena kecepatan pengadukan yang digunakan tidak optimal terhadap massa katalis >20 gram yang mengakibatkan proses desorpsi (pelepasan produk dari permukaan katalis) lebih kuat dari adsorpsi reaktan sehingga menghasilkan rendemen biodiesel yang lebih sedikit.

Kecepatan pengadukan dalam reaksi pembentukan biodiesel memberikan pengaruh yang besar. Hal ini diperkirakan karena pengaruh mekanisme katalis heterogen (adsorpsi dan desorpsi). Kesetimbangan antara adsorpsi dan desorpsi akan sangat menentukan aktivitas katalis heterogen. Oleh karena itu, kecepatan pengadukan optimal terhadap massa katalis akan memberikan kecepatan adsorpsi reaktan sebanding dengan kecepatan

desorpsi produk, dimana reaktan teradsorpsi sampai reaksi sempurna sehingga produk yang dihasilkan akan lebih banyak

Setelah dilakukan proses transesterifikasi dari variabel massa katalis, produk yang diperoleh (rendemen biodiesel optimal) dilakukan uji karakteristik. Hasil analisa karakteristik biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3, dengan massa jenis $878,5 \text{ kg/m}^3$, viskositas $5,13 \text{ mm}^2/\text{s}$, angka setana 52, titik nyala $129,4^\circ\text{C}$, titik kabut 12°C , kadar air 0,0293%, kadar metil ester 99,76% dan angka asam 0,4837 mg KOH/g. Karakteristik biodiesel tersebut telah memenuhi standar SNI (2006). Karakteristik diperlukan untuk mengetahui kelayakan biodiesel dalam aplikasinya terhadap mesin diesel. Karakteristik biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Karakteristik Biodiesel dari % Rendemen Maksimum

No.	Parameter	Nilai (Standar SNI)	Nilai Biodiesel (Ultrasonik)
1	Massa jenis pada 15°C (kg/m^3)	850 – 890	878,5
2	Viskositas kinematik pada 40°C (mm^2/s)	2,3 – 6,0	5,13
3	Angka Setana	Min.51	52
4	Titik nyala ($^\circ\text{C}$)	Min. 100	129,4
5	Titik kabut ($^\circ\text{C}$)	Maks. 18	12
6	Kadar Air (%-v)	Maks. 0,05	0,0293
7	Kadar ester alkil (% m)	Min. 96,5	96,76
8	Angka asam (mg KOH/g)	Maks. 0,8	0,4837

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh aktivator kimia berupa larutan KOH pada katalis basa dan aktivasi fisika dapat meningkatkan kadar kalium pada katalis limbah tandan kosong sawit dan batang pisang, kalium terikat dalam gugus K_2O .
2. Penggunaan katalis basa limbah tandan kosong sawit dan batang pisang dapat digunakan sebagai katalis pada transesterifikasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel dengan rendemen biodiesel 93,17% dengan massa katalis 20g dan kadar metil ester 96,76% serta dapat mengurangi efek reaksi penyabunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (UP2M) Politeknik Negeri Samarinda

atas perannya dalam pelaksanaan penelitian Hibah Bersaing Terapan di lingkungan Politeknik Negeri Samarinda sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan atas biaya BOPTN Politeknik Negeri Samarinda Tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atkins P.W. 1990. Kimia Fisika. *University Lecturer and Fellow Of Lincoln College, Oxford*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [2] Badan Pusat Statistik, 2010, Jakarta.
- [3] Ediati., R., D. Prasetyoko dan Samik. 2012. *Pengaruh Kebasaan dan Luas Permukaan Katalis Terhadap Aktivitas Katalis Basa Heterogen untuk Produksi Biodiesel*. Surabaya: Jurusan Kimia Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh November. Hal 1-6.
- [4] Eka, G.P., Syukri dan Zulhajri. 2012. *Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Kobalt Dan Tembaga Yang Di Amobilisasi Pada Silika Mesopori Dan Uji Aktivitas Katalis Dalam Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit*. Padang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas.
- [5] Imaduddin, M., I. Tahir, K. Wijaya dan Yoeswono. 2008. *Ekstraksi Kalium dari Abu Tandan Kosong Sawit Sebagai Katalis Pada Reaksi Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit*. Yogyakarta: Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada. *Buletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*.
- [6] Herman, S dan I. Zahrina. 2006 *Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Sawit Menggunakan Katalis Heterogen*. Fakultas Teknik Universitas Riau Pekanbaru Jurnal Sains dan Teknologi. 5(2): 1412-6257.
- [7] Mahfud, P. Pantjawarni, G.A. Wibawa dan R. Putra. 2012. *Pembuatan Biodiesel Secara Batch dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro*. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November. Vol. 1 No. 1, Hal 34.
- [8] Muchtar, R. 2012. *Pemanfaatan Teknologi Gelombang Ultrasonik Dalam Proses Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah*. Samarinda: Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Samarinda.
- [9] Mohapatra D, Misha S dan Sutar N. 2010. *Banana and its by produc utilization an overview*. Journal of Scientific And Industrial Research, vol 69 hal 323-329.
- [10] Ridlo, R. 2010. *Optimasi Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit dan Jarak Pagar dengan Menggunakan Katalis Heterogen Kalium Oksida*. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi dan Material Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi .
- [11] SNI. 2006. *Standar Nasional Indonesia Biodiesel*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [12] Soerawidjaja, TH. 2006. *Fondasi-fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel*. Handout Seminar Nasional “Biodiesel Sebagai Energi Alternatif Masa Depan”UGM Yogyakarta.
- [13] Susilo, B., 2006, *Biodiesel sumber Energi Alternatif Pengganti Solar yang terbuat dari Ekstraksi Minyak jarak Pagar*, Trubus Agrisarana, Surabaya.
- [14] Widayat dan Agam, DKW. 2013. *Teknologi Proses Produksi Biodiesel*. EF Press Digimedia. Semarang
- [15] Yoeswono, J. Sibarani dan S. Khairi. 2008. *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Katalis Basa Pada Reaksi Transesterifikasi Dalam Pembuatan Biodiesel*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia Fakultas MIPA Universitas Gajah Mada. Hal 1-10.