

Pengujian Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Katalis Heterogen Abu Daun KUCAI (*Allium schoenoprasum*): Parameter Berat Katalis, Rasio Mol Minyak Terhadap Metanol dan Waktu Reaksi

Characterization of Biodiesel Produced from Palm Oil with Chives Leaf (*Allium schoenoprasum*) Ash as Heterogenous Catalyst: Effect of Catalyst Load, Oil to Methanol Molar Ratio, and Reaction Time

Okta Bani*, David, Toby Febianto

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kampus USU, Padang Bulan, Kota Medan, 20155, Indonesia

*Email: oktabani@usu.ac.id

Abstrak

Tanaman kUCAI (*Allium schoenoprasum*) berasal dari varietas tanaman asli Eropa dan Asia. Daun kUCAI mengandung logam tinggi, sehingga berpotensi dalam penggunaannya sebagai katalis pembuatan biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio mol minyak terhadap metanol, waktu reaksi dan berat katalis abu daun kUCAI sebagai katalis heterogen terhadap *yield* biodiesel yang dihasilkan. Hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), abu daun kUCAI pada kalsinasi suhu 600 °C mengandung 26,14% kalium oksida, 17,55% kalsium oksida, 21,94 % fosfor pentaoksida dan karbon 22,05%. Abu daun kUCAI kemudian digunakan sebagai katalis heterogen pada pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit. *Yield* biodiesel tertinggi sebesar 94,42% pada kondisi operasi suhu reaksi 60 °C, jumlah katalis 3%, perbandingan mol minyak dan metanol 1:12, dan waktu reaksi 120 menit. Densitas, viskositas, kadar air, dan total gliserol, biodiesel telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. Namun, pada analisis kemurnian biodiesel masih tidak memenuhi standar, sebagaimana diperoleh kandungan metil ester sebesar 69,13% dan kandungan trigliserida sebesar 18,83%.

Kata kunci: biodiesel, kUCAI, karakterisasi, katalis heterogen, transesterifikasi

Abstract

The Chives's Plant (*Allium schoenoprasum*) came from the wild ancestors that is the native of European and Asian. The ash of chive leaves contain considerable amount of metal, enabling its usage as catalyst in the making of biodiesel. Based on the Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) characterization, chive leaf ash calcined at 600 °C contained 26.14% potassium oxide, 17.55 calcium oxide, 21.94% carbon, and 22.05% phosphorus pentoxide. The ash of chive leaves later on, used as the catalyst on the biodiesel making from the palm oil. The highest biodiesel yield of 94.42% was achieved at reaction temperature of 60 °C, 3% catalyst amount, ratio of oil and methanol 1:12, and reaction time 120 minutes. Based on its density, viscosity, moisture, and total glycerol biodiesel has met the Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. However, the purity of biodiesel still haven't met the standards, in which methyl ester content was 69.13% and the triglyceride was 18.83%.

Keywords: *biodiesel, chives, characterization, heterogenous catalyst, transesterification*

Pendahuluan

Meningkatnya permintaan akan energi dengan terbatasnya sumber daya berbasis fosil menyebabkan terjadinya peningkatan pada kebutuhan sumber energi berkelanjutan dan terbarukan. Sumber energi alternatif yang cocok dengan bahan bakar fosil adalah sumber bahan bakar terbarukan berbahan biomassa, sumber energi ini telah menyumbang hampir 59% dari total sumber energi terbarukan pada tahun 2015

bagi Uni Eropa. Komitmen Uni Eropa untuk energi terbarukan diharapkan meningkat dari 55% hingga 75% pada tahun 2050 [1]. Bahan bakar biomassa dapat berupa aditif bahan bakar atau hampir digunakan secara murni. Karakteristik umum biomassa adalah bahan mentah dan sifat terbarukannya (*renewable*) [2].

Biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai sumber seperti minyak kelapa sawit, minyak jelantah, minyak dedak padi, dan ganggang [3].

Secara kimia, biodiesel adalah metil ester yang diperoleh dari pencampuran asam lemak rantai panjang yang berasal dari sumber hayati seperti minyak nabati dan lemak hewani. Kelapa sawit merupakan salah satu jenis biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biodiesel. Minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) *off grade* memiliki kadar asam lemak bebas tinggi yang diperoleh dari tangki limbah setelah proses pemisahan minyak. Rendemen yang dihasilkan oleh minyak sawit sebesar 28%. Hal ini menunjukkan potensi besar yang dimiliki minyak kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan biodiesel [4].

Secara konvensional, biodiesel diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani. Dalam reaksinya, molekul triasilgliserol, selaku komponen utama minyak nabati, bereaksi dengan tiga molekul alkohol rantai pendek, metanol atau etanol, dengan adanya katalis akan menghasilkan tiga molekul metil asam lemak (*Fatty Acid Methyl Ester* (FAME)) atau etil ester (*Fatty Acid Ethyl Ester* (FAEE)) dan satu molekul gliserol. Katalis digunakan untuk mempercepat laju proses transesterifikasi dan dapat dibagi menjadi dua, yakni katalis homogen dan heterogen [5].

Secara umum, jenis katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi di industri adalah katalis basa homogen. Proses katalitik basa homogen memiliki keunggulan seperti waktu reaksi yang lebih cepat dibanding proses katalitik asam. Meskipun demikian, penggunaan katalis basa homogen untuk transesterifikasi memiliki kekurangan diantaranya proses pemisahan yang lebih sulit, pemurnian, dan selektivitasnya terhadap kandungan asam lemak bebas (ALB) pada bahan yang digunakan [6]. Maka pada produksi biodiesel penggunaan katalis heterogen disadari sebagai pilihan terbaik. Katalis heterogen dapat dengan mudah digunakan kembali dan aman terhadap lingkungan [7].

Penggunaan abu daun kucai (*Allium schoenoprasum*) sebagai katalis heterogen dapat dilakukan karena daun kucai memiliki kandungan logam yang dapat digunakan sebagai katalis basa pada pembuatan biodiesel. Pemilihan daun kucai sebagai sampel didasari oleh sebab penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Erwin, et al. (2014) menggunakan katalis heterogen berupa abu batang pisang dengan *yield* tertinggi yaitu 76,8% [8] dan penelitian oleh Kusyanto, et al. (2017) menggunakan katalis heterogen abu sekam padi diperoleh *yield* biodiesel sebesar 67% [9]. Oleh karena itu penelitian berikut bertujuan untuk mengetahui kemampuan katalis heterogen abu daun kucai (*Allium schoenoprasum*) dalam pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit.

Teori

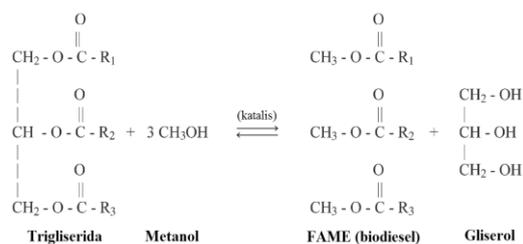
Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan dari minyak nabati dan lemak hewani. Penggunaan biodiesel sebagai pengganti diesel dapat mempromosikan keamanan akan energi dan memberi dorongan terhadap status ekonomi sosial dari industri pedesaan, serta mengurangi akibat buruk pada lingkungan yang disebabkan bahan bakar fosil. Biodiesel diproduksi dari biomassa, biodiesel dianggap sebagai sumber energi terbarukan yang berpotensi menjadi sumber energi yang berkepanjangan dan dapat diandalkan. Diketahui produksi dari biodiesel dapat membantu mengurangi limbah lingkungan terutama terhadap produksi dari generasi kedua biodiesel yang dibuat dari limbah domestik [10].

Biodiesel konvensional diproduksi dengan proses transesterifikasi dari trigliserol dengan alkohol (etanol atau metanol) dalam kehadiran dari basa menjadi asam lemak etil atau metil ester. Komposisi tersebut sesuai dengan komposisi asam lemak dari kandungan asli lemak yang dianggap memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas dan performa dari biodiesel yang dihasilkan [11].

Parameter yang sangat berpengaruh dalam penggunaan biodiesel diantaranya adalah angka asam dan viskositas. Nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) biodiesel angka asam tidak boleh melebihi 0,5 mg-KOH/g dan viskositas kinematik (pada 40 °C) berkisar antara 2,3-6,0 mm²/s. Nilai angka asam dan viskositas yang terlalu tinggi dapat merusak performa mesin. Syarat suatu bahan bisa digunakan sebagai bahan baku untuk biodiesel adalah bahan tersebut memiliki komposisi trigliserida diatas 95% serta memiliki kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas dibawah 2%. Jika suatu sampel minyak yang mengandung FFA diatas 2% maka harus dilakukan proses pre-treatment terlebih dahulu yaitu reaksi esterifikasi dari FFA menjadi metil ester [12].

Pada industri, proses reaksi transesterifikasi lebih diunggulkan pada penggunaan katalis homogen basa seperti natrium atau kalium karbonat dan logam alkali oksida atau hidroksida karena lebih tidak korosif dibandingkan katalis asam. Akan tetapi, sejak reaksi dengan dasar katalis homogen basa sangat sensitif terhadap air dan asam lemak bebas dalam bahan baku, gliserida dan alkohol pada pokoknya anhidrat untuk menghindari terbentuknya sabun yang dapat mengurangi perolehan berat biodiesel. Oleh karena itu, pemakaian katalis padat heterogen lebih disukai akibat tidak terbentuknya produk samping yang berpolusi dan permasalahan lingkungan seperti korosi yang disebabkan oleh karakteristik alkali dan asam dapat diminimalisir dan tidak

diperlukannya proses pemurnian yang lebih lanjut [13]. Reaksi transesterifikasi dari trigliserida dengan metanol ditunjukkan pada Gambar 1 [14].



Gambar 1. Reaksi transesterifikasi dari trigliserida dengan metanol

Kinetika reaksi transesterifikasi pada Gambar 1 akan dipengaruhi oleh waktu dan konsentrasi dan reaksi pembentukan mengikuti orde satu semu [15].

Tanaman kucai (*Allium schoenoprasum*) berasal dari varietas yang merupakan tanaman Eropa dan Asia. Kucai sekarang telah dibudayakan sebagai sayuran hijau atau sebagai rempah-rempah di seluruh dunia, terutama di belahan bumi utara [16].

Penurunan temperatur *sintering* (pemanasan dibawah titik leleh) dilakukan untuk mencegah kerusakan struktur dasar agar sampel dapat memiliki kristalisasi rendah dan pori yang kecil. Sementara temperatur yang lebih tinggi lebih diunggulkan untuk memperoleh partikel yang terkristalisasi dengan baik dan pertumbuhan dari nanopartikel berlangsung bertahap akan menunjang perluasan pori dan penurunan permukaan. Oleh karena itu, sampel yang diabukan pada temperatur yang lebih rendah, lebih baik untuk penyimpanan pori-pori kecil dimana akan memperoleh sifat katalisasi yang luar biasa karena efek-nano dari partikel [17].

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan penelitian berikut adalah daun kucai yang diperoleh dari salah satu pasar di kota Medan dengan kondisi yang masih segar. Minyak kelapa sawit diperoleh dari toko lokal sekitar. Bahan lain seperti etanol dan *aquadest* diperoleh dari toko kimia di sekitar kota Medan. Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian berikut adalah *aluminium foil*, batang pengaduk, *beaker glass*, blender, buret, corong gelas, corong pisah, *erlenmeyer*, *furnace*, gelas ukur, *hot plate*, labu leher tiga, *magnetic stirrer*, *oven*, penjepit tabung, piknometer, pipet tetes, refluks kondensor, statif dan klem, termometer, viskosimeter *Oswald*.

Proses Kalsinasi Daun Kucai

Pembuatan katalis heterogen dari abu daun kucai dilakukan dengan cara pemotongan daun kucai dengan ukuran ± 1 mm. Setelah itu dilakukan proses pengeringan dengan menggunakan oven listrik dan penghancuran menggunakan *ball mill* serta pengayakan pada ukuran saringan 100 *mesh*. Serbuk daun kucai yang telah diperoleh dikalsinasi pada suhu 600 °C selama 3 jam menggunakan tungku kalsinasi.

Proses Transesterifikasi

Penelitian dilakukan dengan proses transesterifikasi menggunakan sampel 50 g minyak kelapa sawit pada kecepatan pengadukan 300 rpm dan suhu reaksi 60 °C dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan variabel bebas berupa berat katalis abu daun kucai (*Allium schoenoprasum*) yakni 3%, 4%, 5%, dan 6% pada rasio mol minyak terhadap metanol 1:6, 1:9, 1:12, dan 1:15 selama 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Hasil transesterifikasi yang diperoleh kemudian dipisahkan dalam corong pisah dan dibiarkan selama 24 jam untuk membentuk 2 lapisan. Lapisan atas berupa biodiesel kemudian dicuci dengan air panas pada suhu 80°C. Proses pencucian dilakukan hingga air pencucian menjadi jernih. Setelah itu biodiesel dipanaskan pada suhu 105 °C untuk menguapkan sisa air pencucian.

Analisis Biodiesel

Dilakukan analisis pada serbuk dan abu daun kucai sebelum dan sesudah kalsinasi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) serta *Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDX). Pada biodiesel dengan *yield* terbaik dilakukan analisis berdasarkan sebagian standar B30 seperti densitas, kadar air, dan viskositas kinematik, kadar, analisis gugus metil ester dengan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) serta kemurnian dengan instrumen *Gas Chromatography* (GC) [18].

Hasil Pembahasan

Hasil Analisis dan Karakterisasi SEM-EDX Serbuk dan Abu Daun Kucai

Pada penelitian ini serbuk daun kucai dengan ukuran 100 *mesh* dikalsinasi pada suhu 600 °C selama 3 jam untuk mendapatkan katalis daun kucai dalam bentuk abu. Serbuk dan abu daun kucai dianalisis menggunakan EDX. Analisis EDX dilakukan untuk mengidentifikasi komposisi unsur serta senyawa oksida pada sampel. Hasil analisis EDX serbuk dan abu daun kucai ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Senyawa Daun Kucai (*Allium schoenoprasum*) Dalam Bentuk Serbuk dan Abu

Komponen	Komposisi (%)	
	Serbuk Daun Kucai	Abu Daun Kucai (600 °C)
C	86,62	21,94
Na ₂ O	0,12	0,62
MgO	0,32	3,06
Al ₂ O ₃	0,64	1,60
SiO ₂	1,65	2,86
P ₂ O ₅	0,94	22,02
SO ₃	2,88	1,12
Cl	0,20	2,54
K ₂ O	2,86	26,14
CaO	0,84	17,55
CuO	0,81	-
ZnO	0,67	-
ZrO ₂	1,44	-
FeO	-	0,55

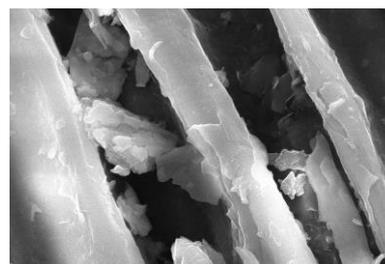
Berdasarkan Tabel 1, kandungan K₂O serta CaO serbuk daun kucai masing-masing berkisar 2,86% dan 0,84%. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Snafi (2013) pada kandungan daun kucai *Freeze-dried* dengan kandungan K₂O serta CaO masing-masing 2,96% dan 0,81% [16].

Kandungan K₂O dan CaO kemudian meningkat menjadi 26,14% dan 17,55% setelah melalui proses kalsinasi. Kandungan lain yang meningkat adalah P₂O₅ dari 0,94% menjadi 22,02%. Sedangkan kandungan karbon mengalami penurunan dari 86,62% menjadi 21,94%.

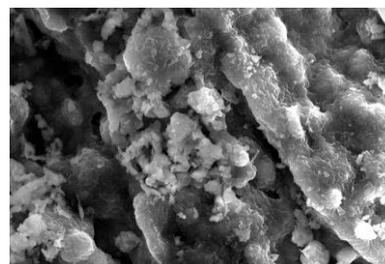
Penelitian yang telah dilakukan oleh Taslim, et al (2020), menggunakan bahan baku daun kelor, proses kalsinasi meningkatkan kandungan mineral seperti K dan Ca [17]. Pada hasil EDX abu daun kucai diperoleh peningkatan K₂O dan CaO menjadi 26,14% dan 17,55% setelah melalui proses kalsinasi. Kandungan lain yang meningkat adalah P₂O₅ dari 0,94% menjadi 22,02%. Hal ini disebabkan oleh penurunan kandungan volatil dan karbon pada bahan selama proses kalsinasi [19]

Morfologi permukaan serbuk dan abu daun kucai dianalisis menggunakan SEM. Hasil analisis SEM serbuk dan abu daun kucai ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 ini ditunjukkan perubahan morfologi antara serbuk dan abu daun kucai. Permukaan pada serbuk daun kucai terlihat lebih halus, berongga serta tidak terdapat pori-pori yang jelas. Namun pada abu daun kucai yang dikalsinasi pada suhu 600°C, permukaan abu daun kucai lebih kasar,

lebih kecil serta memiliki banyak pori-pori yang jelas pada permukaannya.



(a)



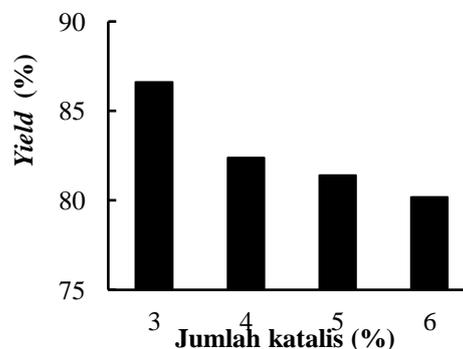
(b)

Gambar 2. Hasil analisis SEM (a) Serbuk daun kucai dan (b) Abu daun kucai pada kalsinasi suhu 600 °C pada perbesaran 3000x

Pengaruh Jumlah Katalis Terhadap Yield Biodiesel

Pengaruh jumlah katalis abu daun kucai terhadap yield biodiesel dilakukan dengan variabel tetap suhu reaksi 60 °C, serta dengan rasio mol minyak terhadap metanol ditetapkan sebesar 1:9 dengan waktu reaksi 90 menit.

Variasi jumlah katalis dalam penelitian ini adalah 3%, 4%, 5%, dan 6%. Pengaruh jumlah katalis terhadap yield biodiesel ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh jumlah katalis terhadap yield biodiesel pada kondisi rasio mol minyak dan metanol 1:9 pada waktu reaksi 90 menit

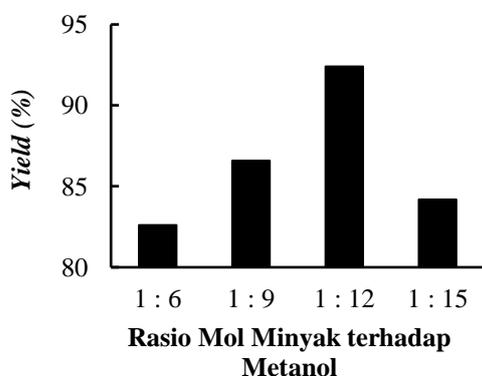
Jumlah banyak katalis heterogen atau katalis K₂O yang ditambahkan tidak akan

berperan sebagai katalis, melainkan akan bereaksi dengan asam lemak bebas maupun trigliserida melalui reaksi asam basa sehingga terbentuk garam yang berupa produk sabun [20].

Hasil penelitian Oladipo, et al. (2018) menunjukkan jumlah katalis dari kulit papaya yang optimal adalah 3,5% [21]. Melalui artikel tersebut dinyatakan bahwa penggunaan katalis berlebih juga menyebabkan pemisahan katalis campuran lebih sulit dan meningkatkan kemungkinan terbentuknya sabun. Gambar 3 memperlihatkan *yield* tertinggi sebesar 86,6% dengan jumlah katalis sebesar 3%.

Pengaruh Perbandingan Mol Minyak dan Metanol Terhadap *Yield* Biodiesel

Variasi rasio mol minyak dan metanol terhadap *yield* biodiesel yang diperlakukan adalah 1:6, 1:9, 1:12, dan 1:15. Pengaruh rasio mol terhadap *yield* biodiesel ditunjukkan pada Gambar 4. Diketahui data *yield* biodiesel tertinggi pada variasi jumlah katalis 3% pada Gambar 3. sama dengan data rasio mol minyak dan metanol 1:9 pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Rasio Mol Minyak dan Metanol terhadap *Yield* Biodiesel pada Jumlah Katalis Optimum 3% dan Waktu Reaksi 90 menit

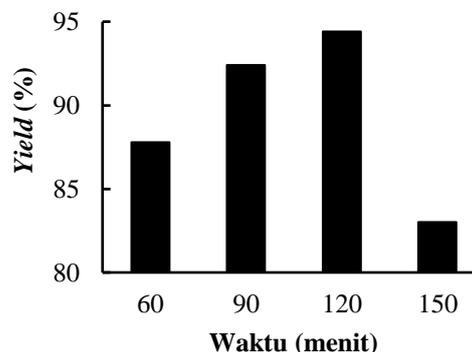
Semakin banyak metanol yang ditambahkan, akan semakin besar rendemen biodiesel yang diperoleh. Penambahan metanol berlebih akan menggeser kesetimbangan reaksi ke kanan sehingga produk biodiesel yang dihasilkan akan semakin banyak [22].

Diketahui bahwa ketika rasio metanol terhadap minyak ditingkatkan melampaui jumlah batas tertentu, hasil biodiesel dapat menurun. Produk samping akan larut dalam metanol, sehingga terjadi pergeseran reaksi berbalik arah [23].

Pengaruh Waktu Reaksi Transesterifikasi Terhadap *Yield* Biodiesel

Variasi waktu reaksi transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel yang diperlakukan adalah 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150

menit. Pengaruh waktu reaksi transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel ditunjukkan pada Gambar 5. Dengan diketahui data *yield* tertinggi variasi rasio mol minyak dan metanol 1:12 pada Gambar 4 sama dengan data variasi waktu reaksi 90 menit pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh waktu reaksi transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel pada jumlah katalis optimum 3% dan rasio mol minyak dan etanol 1:12

Bedasarkan penelitian Prastyo, et al. (2021) bahwa meningkatnya waktu reaksi akan berpengaruh pada waktu kontak antara situs aktif katalis, metanol, dan bahan baku. Ketika waktu reaksi mencapai batas optimal, maka efektivitas kontak situs aktif katalis, metanol dan bahan baku akan jenuh dan menyebabkan reaksi berbalik arah. Sesuai dengan hasil penelitian tersebut yang menunjukkan *yield* tertinggi yaitu 94,42% terdapat pada waktu reaksi 120 menit dan menurun hingga mencapai 83% pada waktu reaksi 150 menit [24].

Sesuai dengan penelitian Dedy, et al. (2019), menggunakan waktu sebagai variabel tetap yaitu 90 menit. Disebutkan bahwa reaksi biodiesel merupakan reaksi *reversible* sehingga proses reaksi sebaiknya dihentikan agar tidak terjadi reaksi yang berbalik arah [25].

Maka katalis yang digunakan sebaiknya dengan jumlah paling sedikit untuk menghasilkan *yield* biodiesel terbanyak, sebagaimana diperoleh *yield* tertinggi sebesar 86,6% dengan jumlah katalis sebesar 3%.

Analisis Sifat Fisika Biodiesel

Analisis sifat fisika dari biodiesel antara lain densitas, viskositas dan kadar air pada variasi percobaan terbaik yakni dengan jumlah katalis 3%; rasio minyak terhadap metanol 1:12 selama 120 menit pada suhu 60 °C. Sifat fisika dari biodiesel dengan *yield* terbaik kemudian dianalisis mengetahui kelayakan biodiesel sesuai standar Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, sifat fisika biodiesel pada variasi katalis 3%, rasio minyak terhadap

metanol 1:12 selama 120 menit telah sesuai SNI. Densitas yang dihasilkan adalah 887 kg/m³. Hasil ini sesuai pada rentang yang ditetapkan SNI yakni 850-890 kg/m³.

Tabel 2. Standar sifat fisika biodiesel untuk SNI 7182:2015

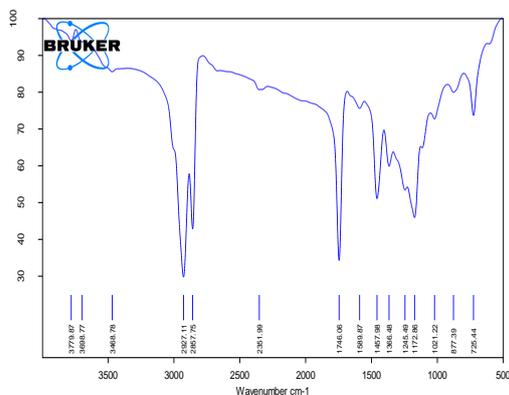
Parameter	SNI 7182:2015 [26]	Biodiesel yang dihasilkan
Densitas (kg/m ³)	850-890	887
Viskositas kinematik (mm ² /s)	2,3 – 6,0	3,557
Kadar air (mg/kg)	-	0

Viskositas yang diperoleh adalah 3,557 mm²/s dan termasuk rentang standar. Viskositas yang rendah dapat membentuk *fuel rich zone* (daerah kaya bahan bakar) yang dapat membentuk jelaga dan Jika terlalu tinggi dapat menyebabkan bahan bakar teratomasi. Maka viskositas yang masuk mutu baik adalah 2,3 – 6,0 mm²/s [8].

Kadar air yang diperoleh adalah 0%, hasil ini telah sesuai dengan standar SNI. Kadar air yang tinggi dapat memicu reaksi hidrolisis pada trigliserida [8].

Analisis Gugus Metil Ester dengan FTIR

Pengujian karakteristik FTIR dapat digunakan untuk membuktikan dan meyakinkan bahwa hasil proses transesterifikasi trigliserida terhadap metanol memiliki gugus fungsi utama biodiesel yakni gugus metil ester [27]. Analisis FTIR dilakukan pada biodiesel dengan *yield* terbaik yakni pada variasi katalis 3%, rasio minyak terhadap metanol 1:12 selama 120 menit dan suhu 60 °C. Hasil analisis FTIR dari biodiesel pada ditunjukkan pada Gambar 6.

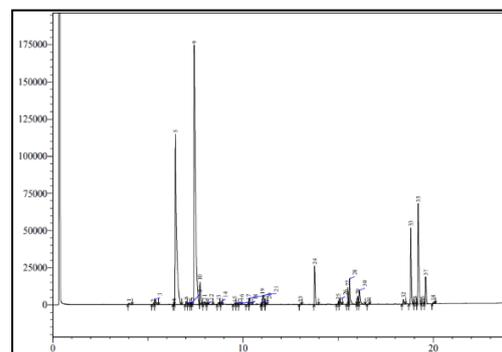


Gambar 6. Karakteristik FTIR biodiesel pada kondisi operasi terbaik

Gambar 6 menunjukkan karakteristik FTIR biodiesel pada variasi katalis 3%, rasio minyak terhadap metanol 1:12 selama 120 menit dan suhu 60 °C. Pada hasil analisis ditemukan gugus C–H (sp³) alkana pada gelombang 2927,11 cm⁻¹ dan 2857,75 cm⁻¹ [28]. Pada hasil analisis dapat ditemukan gugus C=O yang berada pada gelombang 1746.06 cm⁻¹ dan diperoleh Gugus C–O pada gelombang 1245,48 dan 1172,96 cm⁻¹ [29]. Gugus C=O dan C–O ini menandakan terbentuknya gugus ester pada biodiesel [28]. Puncak serapan pada bilangan gelombang 1457,98 cm⁻¹ merupakan gugus CH₂. Gugus alkana didapati pada puncak gelombang 725,44 cm⁻¹. Daerah gelombang 722,35 cm⁻¹ merupakan serapan gugus CH=CH yang merupakan rantai asam lemak tak jenuh [30]. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa biodiesel yang dihasilkan pada variasi katalis 3%, rasio minyak terhadap metanol 1:12 selama 120 menit dan suhu 60 °C mengindikasikan keberadaan gugus metil ester yang ditandai pada gugus C=O dan C–O.

Analisis Metil Ester dengan GC

Biodiesel diuji dengan menggunakan instrumen GC untuk mengetahui komposisi ester yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kromatogram komposisi biodiesel pada kondisi operasi terbaik

Hasil analisis GC pada Gambar 7 menunjukkan beberapa puncak senyawa ester yang terkandung pada sampel biodiesel. Rincian komposisi dari kromatogram pada biodiesel hasil penelitian kemudian dibandingkan dengan standar Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 dapat dilihat kandungan metil ester di dalam biodiesel sebanyak 69,13%. Hal ini menunjukkan pengujian GC ini telah sesuai dengan pengujian FTIR yang telah dilakukan. Pada pengujian FTIR sebelumnya didapati gugus C–O dan C=O yang menandakan terbentuknya gugus ester pada biodiesel [30]. Pada kadar gliserol, diperoleh 0% pada biodiesel yang dihasilkan dengan katalis daun kucai yang telah sesuai dengan standar yang ada. Namun pada

komposisi total kandungan ester, monogliserida, digliserida serta trigliserida biodiesel yang dihasilkan pada variasi katalis 3%, rasio minyak terhadap metanol 1:12 selama 120 menit dan suhu 60 °C masih belum memenuhi standar. Hal ini disebabkan ketidakmampuan trigliserida dalam minyak untuk bereaksi pada metanol untuk membentuk metil ester yang terbukti dengan jumlah kandungan trigliserida yang masih bersisa yakni 18,8%. Hal ini disebabkan ketidakmampuan trigliserida untuk membentuk metil ester yang terbukti masih bersisa sebanyak 18,84%. Adapun penyebabnya adalah penggunaan abu daun kucai sebagai katalis yang belum optimal. Katalis abu daun kucai yang dicampurkan dengan metanol tidak membentuk molekul transisi nukleofil yang cukup efektif untuk mengkonversi trigliserida menjadi campuran metil ester [31].

Tabel 3. Komposisi Biodiesel yang Diperoleh dari Penelitian serta Perbandingan Terhadap SNI 7182:2015

Parameter	SNI 7182:2015 [25]	Biodiesel yang dihasilkan
Kandungan Ester	≥ 96,5	69,13
Kandungan monogliserida	≤ 0,80	1,89
Kandungan digliserida	-	6,67
Kandungan trigliserida	-	18,84
Total gliserol	≤ 0,24	0

Kesimpulan

Abu daun kucai memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai katalis heterogen dalam proses pembuatan biodiesel karena kandungan oksida logam yang tinggi, yaitu senyawa K₂O. Yield biodiesel tertinggi yaitu 94,42% diperoleh pada kondisi jumlah katalis 3%, rasio mol minyak dan metanol 1:12, dan waktu reaksi 120 menit. Hasil karakterisasi biodiesel yang diperoleh masih belum memenuhi standar terhadap kandungan total kandungan ester, monogliserida, digliserida dan trigliserida. Pada penelitian selanjutnya perlu ditinjau variasi pengaruh suhu kalsinasi daun kucai dan pengaruh kecepatan pengadukan pada proses reaksi transesterifikasi untuk mengetahui kemampuan katalis dan pengaruhnya terhadap yield biodiesel.

Daftar Pustaka

[1] A. K. Sharma, P. K. Sharma, V. Chintala, N. Khatri and A. Patel, "Environment-friendly biodiesel/diesel blends for improving the exhaust emission and engine

performance to reduce the pollutants emitted from transportation fleets," *J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 11, pp. 1–18, 2020.

[2] T. Mizik, and G. Gyarmat, "Economic and sustainability of biodiesel production - a systematic literature review," *Clean Technol*, vol. 3, no. 1, pp. 19–36, 2021.

[3] H. Niawanti, "Review perkembangan metode produksi dan teknologi pemurnian dalam pembuatan biodiesel," *J. Chemur*, vol. 4, no. 1, pp. 27–35, 2020.

[4] E. Mardawati, M. S. Hidayat, D. M. Rahmah and S. Rosalinda, "Produksi biodiesel dari minyak kelapa sawit kasar *off grade* dengan variasi pengaruh asam sulfat pada proses esterifikasi terhadap mutu biodiesel yang dihasilkan," *J. Indus. Pertan.* vol. 1, no. 3, pp. 46–60, 2019.

[5] R. S. B. Ferreira, R. M. dos Passos, K. A. Sampaio and E. A. C. Batista, "Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production: A Review," *Food and Public Health. Brazil*, vol. 9, no. 4, pp. 125–137, 2019.

[6] Wahyudin, A. H. Tambunan, N. Purwanti, Joelianingsih and H. Nabetani, "Tinjauan perkembangan proses katalitik heterogen dan non-katalitik untuk produksi biodiesel," *J. Ketekni. Pertani. Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 123–130, 2018.

[7] M. O. Faraque, A. A. Razzak and M. M. Hossain, "Application of heterogeneous catalysts for biodiesel production from microalgal oil—A review," *Catalysts*, vol. 10, no. 9, pp. 1–25, 2020.

[8] Erwin, O. Patibong and S. P. Pasaribu, "Pemanfaatan abu batang pisang (*Musa Paradisiaca*) dengan variasi berat abu sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah," *Chimica Acta. Indonesia*, vol. 7, no. 2, pp. 12–20, 2014.

[9] Kusyanto and P. A. Hasmara, "Pemanfaatan abu sekam padi menjadi katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel dari minyak sawit," *J. Trop Pharm. Chem*, vol. 4, no. 1, pp. 14–21, 2017.

[10] T. M. I. Mahlia, Z. A. H. S. Syazmi, M. Mofijur, A. E. Pg Abas, M. R. Bilad, H. C. Ong and A. S. Silitonga, "Patent landscape review on biodiesel production: Technology updates," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 118, pp. 1–9, 2020.

[11] A. H. M. Rasmey, M. A. Tawfik and M. M. A. Kareem, "Direct transesterification of fatty acids produced by *Fusarium solani* for biodiesel production: Effect of carbon

- and nitrogen on lipid accumulation in the fungal biomass,” *J. App. Microbiol.*, vol. 128, no. 4, pp. 1074-1085, 2019.
- [12] L. Laila and L. Oktavia. “Kaji eksperimen angka asam and viskositas biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit dari PT Smart Tbk.,” *J. Teknol. Proses Inov. Indus.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–31, 2017.
- [13] Anonim, Establishment of The Guidelines for the Development of Biodiesel Standards in the APEC Region, APEC Expert Group on New and Renewable Energy Technologies, Texas, 2008.
- [14] N. F. Sulaiman, A. N. N. Hashim, S. Toemen, S. J. M. Rosid, W Nur Aini W. Mokhtar, R. Nadarajan and W. A. W. A. Bakar, “Biodiesel production from refined used cooking oil using co-metal oxide catalyzed transesterification,” *Renewable Energy*, vol. 153, pp. 1–11, 2020.
- [15] A. B. Mapossa, J. Dantas and A. C. F. M. Costa, “Transesterification reaction for biodiesel production from soybean oil using $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ nanomagnetic catalyst: Kinetic study,” *Int. J. Ener. Resear. Brazil*, vol. 44, no. 11, pp. 1-11, 2020.
- [16] A. E. A. Snafi, “Pharmacological Effects Of Allium Species Grown In Iraq,” *Int. J. Pharma. Health Care Rese.*, vol. 1, no. 4, pp. 132–147, 2013.
- [17] W. Tang, X. Wu, D. Li, Z. Wang, G. Liu, H. Liu and Y. Chen, “Oxalate route for promoting activity of manganese oxide catalysts in total VOCs’ oxidation: Effect of calcination temperature and preparation method,” *J. Mater. Chem. A.* vol. 2, pp. 2544–2554, 2013.
- [18] Anonim, *Pedoman Penanganan dan Penyimpanan Biodiesel dan Campuran Biodiesel (B30)*, Indonesia: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020.
- [19] Taslim, F. Irawan, dan Iriany, “Moringa leaves (*Moringa oleivera*) potential as green catalyst for biodiesel production,” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 3, 2018.
- [20] S. Oko, and M. Feri, “Pengembangan katalis CaO dari cangkang telur ayam dengan impregnasi KOH dan aplikasinya terhadap pembuatan biodiesel dari minyak jarak,” *J. Teknol.*, vol. 11, no. 2, pp. 103-110, 2019.
- [21] B. Oladipo, T. V. Ojumu, and E. Betiku, “Potential of pawpaw peels as a base heterogeneous catalyst for biodiesel production: modeling and optimization studies,” *Nigerian Society of Chemical Engineers 48th Annual Conference*, pp. 1-11, 2018.
- [22] Sukaryo, S. D. Purwaningram, and A. Zulaidah, “Pembuatan biodiesel berbahan dasar limbah ikan menggunakan *microwave* dengan metode insitu,” *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian*, vol. 1, no. 1, pp. 992-999, 2021.
- [23] M. Farooq, A. Ramli, A. Naeem, S. Ahmad, and M. G. U. Islam, “Biodiesel production from date seed oil (*Phoenix dactylifera* L) via egg shell derived heterogeneous catalyst,” *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 132, pp. 644-651, 2021.
- [24] E. Prastyo, D. S. Farkhatu, and P. A. Ibrahim. “Pengaruh waktu reaksi terhadap *yield* dan kandungan metil ester sintesis biodiesel ampas tahu metode elektrokatalitik,” *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 15, no. 1, pp. 54-64, 2021.
- [25] D. Irawan, Z. Arifin, Fitriyana, C. Olivia, and M. Nopal, “Pengaruh rasio metanol dan KOH pada proses pembuatan biodiesel dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda perak,” *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 268-272, 2019.
- [26] SNI, “*Biodiesel SNI 7182:2015*,” SNI-Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2015
- [27] M. T. M. Bintang, and A. Saleh, “Sintesis biodiesel dari minyak biji nyamplung (*Callophyllum innophyllum* L.) dengan metode ultrasonokimia,” *J. Chimica et Natura Acta.*, vol. 3, no. 2, pp. 84-89, 2015.
- [28] S. Setiadi, N. Tanyela, T. Sudiarti, E. Prabowo, dan B. Wahid, “Alternatif pembuatan biodiesel melalui transesterifikasi minyak castor (*Ricinus communis*) menggunakan katalis campuran cangkang telur ayam dan kaolin,” *J. Kim. Valen. Penel. Pengem. Ilmu Kim.*, vol. 3, no. 1, pp. 1-10, 2017.
- [29] J. Suranta and Nurhayati, “Transesterifikasi minyak goreng bekas menjadi biodiesel menggunakan katalis CaO cangkang siput gonggong (*Strombus canarium*) diimpregnasi KOH: variasi waktu dan temperatur reaksi,” *Repository Universitas Riau*, pp. 1-7, 2020.
- [30] Rosmawaty, I. W. Supata, dan D. Kamanasa, “Pemanfaatan katalis $Ca_3(PO_4)_2$ dari tulang ikan tuna pada pembuatan biodiesel dari minyak bintanggur (*Callophyllum inophyllum* L.)”

- Molluco J, Chem. Edu. Indonesia*, vol. 8, no.1, pp. 12-24, 2017.
- [31] Furqon, A. K. Nugroho, and M. K. Anshorulloh, "Kajian penggunaan katalis KOH pada pembuatan biodiesel menggunakan reverse flow biodiesel reactor secara batch," *J. Rona Tek. Pertani. Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 22-31, 2019.