

PYROLYSIS OF WASTE COOKING OIL WITH ACTIVATED ZEOLITE CATALYST USING NaOH SOLUTIONS

Abdullah*, Yudha Adi Pratama Putra, Azidi Irwan

Progam Studi S-1 Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Ahmad Yani Km. 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan Indonesia 70714

* E-mail corresponding author: abdullahunlam@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 18-02-2019 Received in revised form: 25-02-2019 Accepted: 27-03-2019 Published: 20-04-2019</p> <p><i>Keywords:</i> Pyrolysis Used cooking oil Zeolite Catalyst activation GC-MS</p>	<p><i>Used cooking oil can be used as raw material of alternative energy source. Used cooking oil has long hydrocarbon chains, it can be cracked to produce alkanes and alkenes through pyrolysis process. This research aims to produce pyrolisate as an alternative fuel in the form of bio-oil with a catalyst that has been activated NaOH solution. In addition, this research aims to determine the ability of bio-oil produced and compared with kerosene as a fuel stove. pyrolysis of used cooking oil has been performed with zeolites activated using NaOH solutions (1, 2, 3, 4, and 5M). The optimum concentration of activation occurred in zeolite characterization process with absorption test to methylene blue solution and acidity test by adsorption method of desorption of ammonia which yield 4M NaOH solution as optimum concentration. Pyrolysis is carried out by varying the amount of zeolite (0, 5, 10, 15, and 20%) against used cooking oil with observational parameters in the pyrolysis process in the form of data about yield, pyrolysis duration, and change in mass pergram catalyst. The optimum yield of pyrolisate is obtained in the pyrolysis process using catalyst as much as 20%. Analysis of the chemical components of the constituents of pyrolisate with GC-MS showed a hydrocarbon content of 81.93%. pyrolisate from pyrolysis of used cooking oil has the potential as an alternative fuel to replace stove fuel oil.</i></p>

PIROLISIS MINYAK GORENG BEKAS DENGAN KATALIS ZEOLIT TERAKTIVASI NaOH

Abstrak-Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai bahan baku sumber energi alternatif. Minyak goreng bekas mempunyai rantai hidrokarbon panjang yang dapat dipecah untuk menghasilkan senyawa alkana dan alkena melalui proses pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan pirolisat sebagai bahan bakar alternatif berupa bio-oil dengan katalis yang telah teraktivasi larutan NaOH. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bio-oil yang dihasilkan dan dibandingkan dengan minyak tanah sebagai bahan bakar kompor. Pirolisis minyak goreng bekas telah dilakukan dengan zeolit yang diaktivasi menggunakan larutan NaOH (1, 2, 3, 4, dan 5M). Konsentrasi optimum aktivasi terjadi pada proses karakterisasi zeolit dengan uji daya serap terhadap larutan methylene blue dan uji keasaman dengan metode adsorpsi desorpsi amonia yang menghasilkan larutan NaOH 4M sebagai konsentrasi optimum. Pirolisis dilakukan dengan variasi jumlah zeolit (0, 5, 10, 15, dan 20%) terhadap minyak goreng bekas dengan parameter pengamatan pada proses pirolisis berupa data mengenai yield, lama pirolisis, dan perubahan massa katalis pergram. Hasil optimum pirolisat diperoleh pada proses pirolisis menggunakan katalis sebanyak 20%. Analisis komponen kimia penyusun pirolisat dengan GC-MS menunjukkan kandungan hidrokarbon sebesar 81,93%. Pirolisat hasil pirolisis minyak goreng bekas berpotensi sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bahan bakar kompor.

Kata kunci: Pirolisis, minyak goreng bekas, zeolit, aktivasi katalis, GC-MS

PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan. Bahan bakar yang digunakan selama ini berasal dari minyak mentah yang diambil dari perut bumi, sedangkan minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, sehingga akan mengalami kesulitan dikemudian hari. Dalam kurun waktu satu dekade terakhir, konsumsi energi Indonesia mengalami kenaikan terutama sektor industri, transportasi, dan rumah tangga. Indonesia mempunyai sumber energi terbarukan yang melimpah, namun belum dimanfaatkan secara optimal dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil. Kontribusi energi terbarukan terhadap total penggunaan energi masih di bawah 10% (Kementerian ESDM, 2012).

Bio oil adalah sejenis minyak bakar yang memiliki berat jenis tinggi, dibuat dari bahan nabati khususnya dari bahan berlignoselulosa, seperti biomassa limbah kehutanan, industri hasil hutan, dan pertanian (Wibowo & Hendra, 2015). *Bio oil* adalah bahan bakar cair berwarna gelap beraroma seperti asap yang dihasilkan dari minyak sawit, tongkol jagung, kayu, kulit kayu atau biomassa lainnya yang mengandung selulosa yang dapat diolah menjadi energi alternatif dengan cara pirolisis. *Bio oil* sangat ramah lingkungan karena dapat didaur ulang, tidak menghasilkan emisi SO_x dan ketika dibakar emisi NO_x yang dihasilkan hanya sekitar 15%, karena *bio-oil* memiliki kandungan nitrogen dan sulfur yang sangat sedikit (Akbar & Sunarno, 2013).

Indonesia sendiri merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah Malaysia dengan total produksi rata-rata 9,9 juta ton per tahun sejak tahun 2003 (Dirjen Perkebunan, 2014). Minyak sawit atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati *edibel* yang didapatkan dari *mesocarp* buah pohon kelapa sawit. Minyak kelapa sawit terdiri atas minyak kelapa sawit yang berasal dari daging buah kelapa sawit yang lebih dikenal dengan CPO (*crude palm oil*) dan minyak inti kelapa sawit yang dikenal dengan PKO (*palm kernel oil*) (Poku, 2002). Minyak sawit adalah suatu trigiserida, yaitu senyawa gliserol dengan asam lemak. Seperti halnya lemak dan minyak lainnya, minyak kelapa sawit terdiri atas trigliserida yang merupakan ester dari gliserol dengan tiga molekul asam lemak. Berikut jumlah komposisi senyawa trigliserida yang terdapat pada minyak kelapa sawit yang dapat dilihat pada tabel berikut:

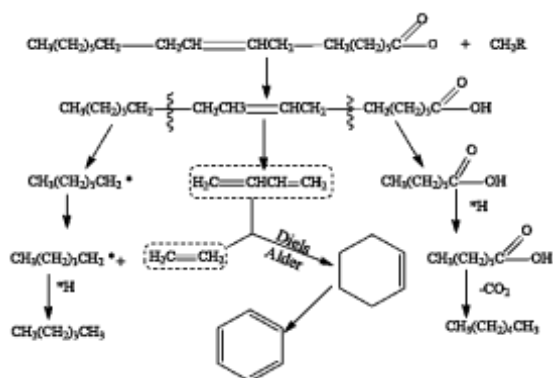
Tabel 1. Komposisi Trigliserida Dalam Minyak Kelapa Sawit

Trigliserida	Jumlah (%)
dipalmito-stearine	1-3
linoleo-diolein	3-12
oleo-dipalmitin	21-43
oleo-miristopalmitin	0-5
oleo-palmitostearine	10-11
palmito-diolein	32-48
stearo-diolein	0-6
tripalmitin	3-5

Minyak goreng bekas (*waste cooking oil*) merupakan limbah dan bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak goreng bekas mengandung senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Minyak goreng bekas memiliki rantai hidrokarbon panjang yang memungkinkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar nabati (BBN).

Salah satu metode yang digunakan untuk mengkonversi minyak sawit menjadi bahan bakar adalah metode pirolisis. Dari beberapa penelitian yang dilakukan, menurut Ringer dkk. (2006) metode pirolisis layak dikembangkan untuk mengatasi kelangkaan minyak bumi di masa mendatang. Senyawa kimia yang dihasilkan melalui proses pirolisis juga berguna dalam kehidupan misalnya sebagai bahan baku dalam kimia industri untuk produksi pelumas, pelarut, atau lak. Berdasarkan hasil analisis dengan GC-MS diketahui bahwa dalam fasa organik terdapat beberapa senyawa seperti alkena, alkana, asam karboksilat, alkohol, keton, dan aldehida (Boey dkk., 2011), dan banyak dilakukan penelitian lain yang berkaitan dengan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi, seperti penelitian yang dilakukan oleh Ozbay dkk. (2001), Beis dkk. (2002), dan Onay dkk. (2004) yaitu mengkonversikan biomassa menjadi produk *bio oil*.

Melalui proses pirolisis, suatu senyawa dengan ukuran molekul besar diubah menjadi kecil, sehingga lebih mudah menguap dan terbakar. Dengan demikian, senyawa yang dihasilkan dari proses pirolisis berpotensi sebagai bahan bakar. Skema prediksi mekanisme pirolisis secara termal yang dibuat oleh Schwab (1988) dapat dilihat pada gambar berikut:

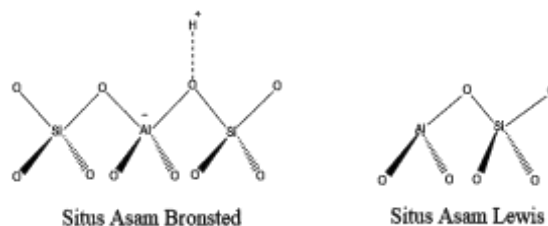


Gambar 1. Mekanisme dekomposisi trigliserida secara termal (Schwab, 1988)

Menurut Antonakou dkk. (2006) cara untuk meningkatkan kualitas *bio oil* salah satunya dengan metode katalitik pirolisis. Katalis berperan penting dalam hal selektifitas komposisi kimia dalam *bio oil*, penggunaan katalis dapat menurunkan pembentukan komponen-komponen teroksigenasi yang tak diinginkan seperti alkohol, keton, asam, dan grup karbonil (Khanday dkk., 2016). Zeolit merupakan mineral dengan struktur kristal alumino silikat yang berbentuk rangka (*framework*) disertai rongga (*cavity*), dan saluran (*chane/*) yang biasanya ditempati oleh air dan logam alkali atau alkali tanah dan terbentuk di alam secara alamiah. Bentuk struktur yang unik ini memungkinkan zeolit bersifat utama sebagai adsorben, penukar ion, penyaring molekuler, dan sebagai katalis (Biyantoro dkk., 2000).

Penelitian tentang perengkahan berkatalis telah banyak dilakukan, antara lain penelitian tentang pirolisis limbah serbuk kayu dengan katalis zeolit menunjukkan bahwa zeolit memiliki stabilitas dan selektivitas yang jauh lebih baik dari pada *bulk* logam (Danarto dkk., 2010). Dari penelitian Damayanti dkk. (2013) tentang pengaruh rasio katalis zeolit aktif/umpan pada proses pirolisis limbah serbuk sagu (*Metroxylon sp*) bertujuan untuk mengoptimalkan hasil *bio oil*. *Bio oil* optimum dihasilkan pada rasio katalis/umpan 6% dengan kandungan senyawa paling besar adalah asam asetat dengan kelimpahan 29,48%.

Dengan adanya keasaman Bronsted dan Lewis zeolit mampu merengkah minyak kelapa sawit menjadi fraksi *biogasoline*. Situs asam Bronsted berperan untuk merengkah ikatan rangkap (asam oleat) sedangkan situs asam Lewis berperan untuk merengkah ikatan tunggal (asam palmitat) pada struktur trigliserida pada minyak sawit tersebut. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi.



Gambar 2. Situs asam Bronsted dan Lewis (Handoko dkk, 2009)

Salah satu langkah penting dalam pirolisis berkatalis adalah aktivasi katalis. Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu 300-400°C (*untuk* skala laboratorium) atau menggunakan tungku putar dengan pemanasan secara penghampaan selama 3 jam atau penghampaan selama 5-6 jam (skala besar). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam H₂SO₄ atau NaOH dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Terdapat beberapa penelitian tentang proses aktivasi zeolite dengan NaOH. Penelitian yang dilakukan Jozefaciuk (Jozefaciuk & Bowanko, 2002) Pada proses aktivasi dengan NaOH, akan terjadi proses pelarutan silika yang merupakan salah satu komponen dalam kerangka zeolite. Pelarutan silika akan menyebabkan perubahan struktur zeolit serta berkurangnya silika dalam kerangka zeolit sehingga rasio Si/Al menurun. Penurunan rasio ini akan meningkatkan kapasitas adsorpsi dan selektivitas zeolit terhadap molekul-molekul polar seperti uap air. Menurut Inglezakis (Inglezakis dkk., 2001) Aktivasi dengan NaOH bertujuan untuk menghilangkan ion-ion tertentu dari kerangka zeolit dan menggantinya dengan ion Na⁺ sehingga zeolit alam mempunyai kondisi yang semakin mendekati bentuk homoionik. Dengan bentuk homoionik, molekul zeolit akan mempunyai ukuran pori yang relatif sama, sehingga diharapkan kemampuan dan selektivitas adsorpsinya terhadap uap air juga akan lebih baik. Sementara itu Menurut Kurniasari (Kurniasari dkk., 2011) kondisi operasi aktivasi dengan NaOH terbaik diperoleh pada konsentrasi 1M. Pada kondisi ini, penurunan rasio Si/Al serta kemampuan tukar kation pada zeolit alam kemungkinan telah maksimal. Dengan daya adsorpsi yang baik, reaktan (gas) akan terjerap pada permukaan aktif katalis yang menyebabkan interaksi dimana situs asam pada katalis akan

meningkatkan proses perengkahan pada hidrokarbon rantai panjang yang kemudian terpecah menjadi hidrokarbon rantai pendek sehingga semakin banyak *bio-oil* yang dihasilkan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan memperoleh data ilmiah mengenai konsentrasi aktivator NaOH yang menghasilkan daya serap dan keasaman tertinggi, memperoleh data ilmiah mengenai jumlah optimum dari katalis untuk menghasilkan *bio oil*, memperoleh data ilmiah mengenai karakteristik *bio oil* yang dihasilkan dalam hal berat jenis dan viskositas, dan memperoleh data ilmiah mengenai komposisi senyawa kimia pirolisat berdasarkan analisis GC-MS serta Memperoleh data ilmiah mengenai kemampuan *bio oil* sebagai bahan bakar kompor dibandingkan dengan minyak tanah.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas (Pyrex) seperti gelas kimia, Erlenmeyer, pipet tetes, cawan, corong pisah, corong, termometer, piknometer, gelas ukur, viskometer, dan buret; *furnace*, serangkaian alat pirolisis, pengaduk, pH meter (CT Lutron), labu leher tiga, desikator, cawan porselin, bunsen, serangkaian alat GC-MS (AGILENT 6890), spektrofotometer UV-Vis (Gold Spectrumlab 53), dan neraca analitik (OHAUS). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng bekas (jelantah) dari warung makan "Tarjo", zeolit alam (Bayah-Klaten Jawa Tengah), minyak tanah (Pertamina), akuades, kertas saring Whatman No. 42, larutan NaOH (E.Merck), Na₂SO₄ (E.Merck), *methylene blue* (E.Merck), dan NH₄OH (E.Merck).

Preparasi Katalis Zeolit

Proses aktivasi zeolit alam dilakukan menggunakan perlakuan dengan basa. Preparasi katalis zeolit yang teraktivasi dengan larutan basa yaitu NaOH. Zeolit alam sebanyak 50 g disiapkan lalu ditambahkan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 1M, 2M, 3M, 4M, dan 5M sebanyak 100 mL, direfluks selama 4 jam, kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral, dipanaskan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 400°C hingga kandungan air hilang selama 3 jam.

Karakterisasi Katalis Zeolit

a. Uji Daya Serap terhadap Larutan *Methylene Blue*

Zeolit yang diaktivasi ditimbang sebanyak 0,25 g kemudian dimasukkan ke Erlenmeyer. Sebanyak 50 mL larutan *methylene blue* 5 ppm ditambahkan dan dikocok selama 30 menit.

Kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya diukur daya serap pada panjang gelombang 665 nm dengan spektrofotometer UV-Vis.

b. Uji Keasaman dengan Metode Adsorpsi Desorpsi Amonia

Sebanyak 0,5 g sampel dalam cawan porselin dipanaskan sampai temperatur 120°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator, dan ditimbang hingga berat tetap (W) dalam gram. Setelah itu, sampel ditempatkan dalam desikator kembali. Larutan NH₄OH dimasukkan ke dalam cawan dan diletakkan ke dalam desikator dan desikator dijenuhkan, kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu sampel diangin-anginkan selama 15 menit dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan.

Pirolisis Minyak Goreng Bekas dengan Variasi Persentase Katalis

Minyak goreng bekas diambil sebanyak 25 mL, kemudian dibersihkan dari kotoran dan dimasukkan ke dalam wadah minyak yang ada di dalam tabung reaktor pirolisis. Katalis dengan variasi persentase katalis terhadap sampel 0, 5, 10, 15, dan 20% (b/b) dimasukkan ke dalam wadah katalis yang berada di atas tabung minyak. Kemudian tabung reaktor ditutup rapat-rapat dan dipanaskan dengan api kompor. Pada tabung reaktor ditambahkan termometer yang berfungsi untuk mengukur suhu pada proses pirolisis. Pirolisat yang dihasilkan selama proses pirolisis ditampung dalam Erlenmeyer. Produk hasil pirolisis kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah untuk dipisahkan dari air. Selanjutnya dianalisis untuk menentukan densitas dan viskositas. Hasil terbaik dari parameter ini akan dianalisis menggunakan GC-MS.

Karakterisasi *Bio Oil*

a. Pengukuran *Yield* Pirolisat

Pirolisat yang diperoleh diukur volumenya. Kemudian dihitung rendemennya. Rendemen diperoleh dari membagikan volume pirolisat yang diperoleh dengan volume awal sampel yaitu 25 mL kemudian dikalikan dengan 100%.

b. Pengukuran Densitas Pirolisat

Piknometer dicuci hingga bersih dan dipanaskan dengan oven hingga kering kemudian ditimbang beratnya hingga diperoleh berat yang konstan. Sebanyak 10 mL pirolisat dimasukkan ke dalam piknometer hingga penuh, kemudian ditutup hingga meluap dan tidak ada gelembung udara dan ditimbang beratnya.

c. Pengukuran Viskositas Pirolisat

Viskometer dibersihkan dan dikeringkan, kemudian diletakkan pada posisi vertikal. Sebanyak 15 mL pirolisat dimasukkan ke dalam reservoir A pada viskometer. Cairan dihisap ke dalam reservoir B menggunakan propipet, cairan dibawa sampai di atas garis atas kemudian propipet dilepas dan dibiarkan mengalir bebas sampai garis bawah, dicatat waktu yang dibutuhkan cairan untuk mengalir dari garis batas atas sampai garis batas bawah. Hal ini dilakukan beberapa kali.

d. Analisis dengan GC-MS

Pirolisat bebas air dianalisis dengan menggunakan GC-MS Shimadzu QP 2010S. Sampel sebanyak 1 µL diinjeksikan ke GC-MS yang dioperasikan menggunakan kolom kemasan sepanjang 30 m, diameter 0,25 mm dan ketebalan 0,25 µm dengan fasa diam CP-Sil 5CB dengan suhu oven diprogram antara 50-300°C dengan laju kenaikan suhu 10°C/menit, gas pembawa helium bertekanan 15 kPa, total laju 60 mL/menit, dan split ratio sebesar 1:50. Kromatogram kemudian dibandingkan dengan bank data untuk menentukan kandungan senyawa kimia pada pirolisat.

Perbandingan Potensi sebagai Bahan Bakar Kompor

Minyak hasil pirolisis dibandingkan dengan minyak tanah untuk mengetahui perbandingan potensinya sebagai bahan bakar kompor. Sebanyak 10 mL kedua jenis minyak (pirolisat dan minyak tanah) diuji pada 2 buah bunsen yang di atasnya telah disiapkan 20 mL air dalam gelas kimia. Data hasil perbandingan yang diperoleh berupa lama waktu yang diperlukan untuk menguapkan 20 mL air dan efisiensi bahan bakar.

Analisis Data

Data yang diperoleh berupa daya serap dan keasaman dibuat dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif. Data yang diperoleh dari parameter berat jenis, dan viskositas berdasarkan acuan SNI 7390 (2008) untuk tiap-tiap hasil pirolisat dibuat dalam bentuk grafik, dianalisis secara deskriptif. Hasil terbaik dari parameter akan dianalisis dengan GC-MS untuk memperoleh data senyawa kimia dan konsentrasi dari masing-masing komponen yang dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH terhadap Daya Serap Larutan *Methylene blue*

Uji daya serap zeolit teraktivasi ini menggunakan larutan *methylene blue*, dengan

tujuan untuk menghasilkan daya serap zeolit tertinggi pada larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 M. Hasil yang didapat berupa nilai absorbansi yang diukur dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil absorbansi larutan *methylene blue* yang dikontakkan dengan zeolit teraktivasi disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Hasil absorbansi larutan *methylene blue* yang dikontakkan dengan zeolit teraktivasi NaOH

Konsentrasi NaOH (M)	Konsentrasi Teradsorpsi (ppm)	Persen Adsorpsi (%)
1	1,792	33,01
2	2,771	47,31
3	2,899	49,82
4	3,427	59,11
5	2,953	49,01

Tabel 2 menunjukkan hasil konsentrasi teradsorpsi dan persen adsorpsi. Daya serap tertinggi yang diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis yaitu larutan NaOH 4M dengan hasil adsorpsi sebesar 59,11%. Daya serap tertinggi ini diasumsikan pada hasil yang didapat dimana larutan NaOH dengan konsentrasi 4M menghasilkan persen adsorpsi tertinggi antara larutan NaOH yang lain.

Selain dengan uji daya serap terhadap zat warna, karakterisasi zeolit juga dilakukan dengan uji keasaman zeolit menggunakan metode adsorpsi desorpsi amoniak. Hasil uji keasaman yang diperoleh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji keasaman zeolit teraktivasi dengan larutan ammonium

Konsentrasi NaOH (M)	Berat NH ₃ (gram)	Keasaman (mol/gram)
0	0,0024	0,0003
1	0,0178	0,0020
2	0,0209	0,0024
3	0,0171	0,0019
4	0,0353	0,0047
5	0,0410	0,0040

Hasil uji keasaman dan daya serap terhadap larutan *methylene blue* yang didapat, maka dapat diasumsikan kondisi optimum yang dihasilkan yaitu larutan NaOH 4M yang sudah diaktivasi dengan zeolit sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 2 dan 3.

Pengaruh Jumlah Katalis yang digunakan terhadap *Yield*, Lama Pirolisis, dan Perubahan Massa

Pirolisis merupakan proses pemutusan rantai karbon yang panjang untuk membentuk rantai karbon yang lebih pendek dengan suhu tinggi. Proses pirolisisnya sendiri menggunakan 5 variasi

jumlah katalis terhadap reaktan yaitu 0 atau tanpa katalis, 5, 10, 15, dan 20%. Hasil pirolisis dengan

katalis teraktivasi NaOH disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pirolisis dengan katalis teraktivasi NaOH

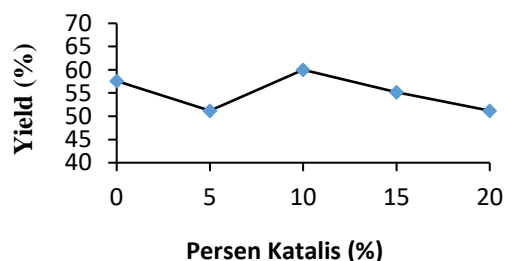
Katalis	Jumlah Katalis Terhadap Reaktan (% b/b)	Yield (% v/v)	Lama Pirolisis (menit)	Δ Massa Katalis /g (% b/b)
Tanpa katalis	0	56,0	123	-
Z-NaOH-4M	5	51,2	118	17,20
Z-NaOH-4M	10	60,0	112	17,22
Z-NaOH-4M	15	55,2	127	17,19
Z-NaOH-4M	20	51,2	165	17,67

Keterangan :

Z-NaOH-4M : Katalis zeolit teraktivasi NaOH 4M

% : Persen jumlah katalis terhadap reaktan (b/b)

Tabel 4 menunjukkan hasil pirolisis 5 variasi jumlah katalis dengan parameter berupa *yield*, lama pirolisis, dan perubahan massa katalis pergram yang didapat. Variasi jumlah katalis sendiri bertujuan untuk mengetahui jumlah optimum pada perubahan massa katalis, seberapa cepat proses pirolisis, dan banyaknya *yield* yang didapat. Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 4, dibuat grafik untuk memudahkan dalam menentukan jumlah optimum katalis yang disajikan pada Gambar berikut.

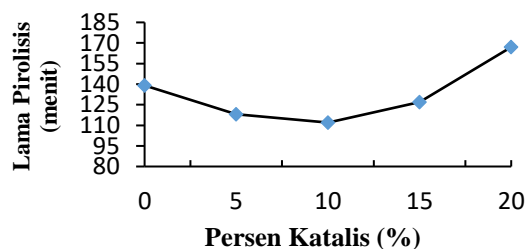


Gambar 3. Grafik hubungan antara persen jumlah katalis yang digunakan dengan *yield* dari proses pirolisis minyak goreng bekas

Berdasarkan grafik di atas, jumlah optimum katalis yang didapat yaitu jumlah katalis 10% dimana menghasilkan *yield* sebesar 60%. Sedangkan pada jumlah katalis sebesar 15% dan 20% mengalami penurunan. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Afdaliah (2017) mengatakan bahwa kehadiran katalis menjadi penghalang proses pirolisis, sehingga *yield* rendah. Penambahan jumlah katalis menyebabkan proses perengkahan tidak hanya membentuk fraksi hidrokarbon bahan bakar, namun juga membentuk berbagai macam komponen fraksi hidrokarbon yang lebih ringan sehingga tidak dapat terkondensasi sempurna dan menyebabkan penurunan *yield*. Sedangkan penelitian oleh Ruth (2017) menyebutkan bahwa semakin besar jumlah katalis, maka proses perengkahan berlangsung semakin cepat yang dapat menyebabkan hasil perengkahan tidak sempat terkondensasi sempurna dan terlepas dalam

bentuk gas sehingga *yield* yang diperoleh menurun. Melihat Gambar 3 dan Tabel 4 tadi, dapat disimpulkan bahwa jumlah katalis sebesar 10% mendapatkan hasil *yield* yang lebih besar.

Lamanya pirolisis pada variasi jumlah katalis berbeda-beda, hal ini diduga karena adanya katalis yang berperan dalam proses pirolisis. Salah satu faktornya yaitu perbedaan suhu yang terjadi pada proses pirolisis, pada dasarnya semakin panas suhu maka semakin cepat pula proses pirolisis yang terjadi, tetapi jika suhu terlalu panas maka pirolisis yang didapat akan menjadi rusak.



Gambar 4. Grafik hubungan antara persen jumlah katalis yang digunakan pada proses pirolisis dengan lama proses pirolisis minyak goreng bekas

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa jumlah optimum katalis yaitu sebesar 10% dimana mendapatkan hasil *yield* yang lebih banyak dan jumlah waktu pirolisis yang lebih cepat.

Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Densitas dan Viskositas Pirolisat

Uji densitas dilakukan dengan piknometer, sebelum uji dilakukan piknometer ditimbang terlebih dahulu agar mendapat berat awal. Kemudian piknometer diisi dengan pirolisat dan ditimbang agar mendapat berat akhirnya. Selisih dari berat awal dan berat akhir merupakan berat sampel, kemudian dibagi dengan volume sampel sehingga diperoleh densitas sampel.

Uji viskositas dilakukan dengan viskometer, sampel dipanaskan terlebih dahulu hingga suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$. Kemudian pirolisat dimasukkan ke dalam viskometer dan dihisap menggunakan propipet

hingga tanda batas, setelah itu diukur laju alir pirolisat menggunakan *stopwatch*. Hasil pengukuran densitas dan viskositas pada pirolisat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran densitas pirolisat dengan katalis teraktivasi NaOH

No.	Katalis	Jumlah Katalis Terhadap Reaktan (% b/b)	Densitas (g/mL)	Viskositas (cPs)
1	Tanpa katalis	0	0,8239	7,0545
2	Z-NaOH-4M	5	0,8448	8,5510
3	Z-NaOH-4M	10	0,8519	9,8106
4	Z-NaOH-4M	15	0,8458	8,5922
5	Z-NaOH-4M	20	0,8210	6,2737

Keterangan :

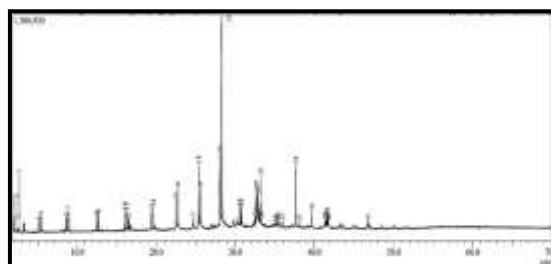
Z-NaOH-4M : Katalis zeolit teraktivasi NaOH 4M

% : Persen jumlah katalis terhadap reaktan (b/b)

Hasil pengukuran densitas dari kelima sampel tersebut memiliki nilai densitas yang hampir sama dan tidak banyak mengalami perubahan. Berbeda dengan viskositas, karena dari kelima sampel yang diuji memiliki nilai viskositas yang berbeda-beda meskipun ada 2 sampel yang bisa dikatakan memiliki nilai viskositas yang hampir sama. Nilai densitas berbanding lurus dengan nilai viskositas, karena semakin besar nilai densitas maka laju alirnya akan semakin cepat. Penurunan viskositas menandakan bahwa proses pirolisis berhasil dilakukan yang ditunjukkan dengan turunnya viskositas sampel. Viskositas yang lebih rendah mengindikasikan bahwa senyawa yang terkandung dalam sampel memiliki rantai hidrokarbon yang lebih pendek yang memiliki arti terjadi pemutusan rantai hidrokarbon pada sampel.

Baumann (1998) menyebutkan bahwa viskositas dari minyak goreng bekas (jelantah) sebesar 88,6 mm²/s. Abdullah dkk, (2010) menyebutkan bahwa viskositas dari minyak goreng bekas (jelantah) sebesar 38,24 mm²/s dan densitasnya sebesar 0,921 g/mL. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Darmawan (2013) disebutkan bahwa viskositas dari minyak goreng bekas sebesar 37,87 mm²/s. Berdasarkan data tersebut dapat diasumsikan bahwa viskositas minyak jelantah berkisar antara 37-89 mm²/s, sedangkan berdasarkan hasil dari Tabel 5 pirolisat memiliki viskositas antara 7,0-8,5 mm².

Untuk mengetahui komposisi senyawa yang terkandung di dalam pirolisat minyak goreng bekas dilakukan analisis GC-MS terhadap sampel. Pirolisat yang digunakan adalah pirolisat tanpa katalis dan pirolisat dengan katalis 20%. Pemilihan sampel pirolisat dengan katalis 20% didasarkan pada nilai viskositas terendah pada sampel hasil pirolisis dengan menggunakan katalis. Hasil analisis dengan GC-MS ditunjukkan pada Gambar berikut.



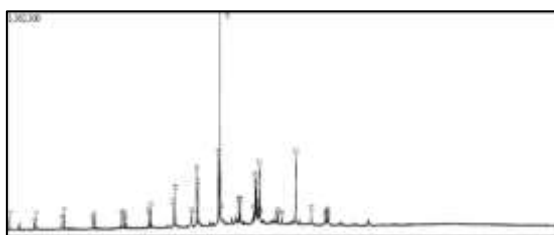
Gambar 5. Kromatogram GC dari pirolisat tanpa katalis

Gambar 5 merupakan kromatogram dari produk pirolisat tanpa katalis, berdasarkan kromatogram tersebut ditunjukkan adanya 41 senyawa. Untuk mengidentifikasi senyawa tersebut dianalisis lanjutan menggunakan spektra massa (MS). Data hasil analisis beserta dugaan senyawa yang terkandung disajikan pada Tabel 6 berdasarkan data *library* MS yang memiliki nilai SI (*Similarity Index*) ≥ 95 .

Tabel 6. Hasil analisis MS dari sampel pirolisat tanpa katalis dengan dugaan senyawa

No. Puncak	Dugaan Senyawa	Persentase (%)
2	C ₃ H ₆ O (aseton)	1,33
3	CHCl ₃ (kloroform)	2,74
4	C ₈ H ₁₆ (oktana)	0,84
5	C ₈ H ₁₈ (oktana)	1,19
6	C ₉ H ₁₈ (nonena)	1,08
7	C ₉ H ₂₀ (nonana)	1,57
8	C ₁₀ H ₂₀ (dekena)	1,29
10	C ₁₁ H ₂₂ (undekena)	1,59
11	C ₁₁ H ₂₄ (undekana)	2,92
13	C ₁₂ H ₂₄ (dodekena)	1,42
15	C ₁₂ H ₂₄ (2-dodekena)	2,38
19	C ₁₂ H ₂₆ (dodekana)	8,55
20	C ₁₄ H ₂₈ (3-tetradekena)	13,78
21	C ₁₃ H ₂₈ (tridekana)	27,56
22	C ₁₄ H ₂₈ (tetradekena)	1,83
25	C ₁₇ H ₃₄ (8-heptadekena)	8,81
34	C ₁₇ H ₃₄ O (2-heptadekanon)	6,85

Persentase terbesar pirolisat ditunjukkan oleh puncak 21 dengan kadar 20,63% dengan dugaan senyawa tridekana yang merupakan suatu hidrokarbon. Total kandungan senyawa alkana pada pirolisat yaitu sebesar 42,39%. Sedangkan senyawa alkena sebesar 38,05%. Kandungan asam karboksilat yang terdapat pada pirolisat sebesar 3,55%, kandungan senyawa keton sebesar 11,66%, dan kandungan senyawa lainnya sebesar 4,33%. Hasil proses pirolisis tanpa katalis menghasilkan pirolisat dengan kandungan senyawa hidrokarbon sebanyak 80,44% dengan rantai karbon C₈-C₁₇.



Gambar 6. Kromatogram GC dari pirolisat dengan katalis 20%

Gambar 6 merupakan kromatogram dari produk pirolisat dengan katalis Z-NaOH-4M-20%. Berdasarkan kromatogram tersebut ditunjukkan adanya 37 senyawa. Untuk mengidentifikasi senyawa tersebut dianalisis lanjutan menggunakan spektra massa (MS). Data hasil analisis beserta dugaan senyawa yang terkandung disajikan pada Tabel 7 berdasarkan data *library* MS yang memiliki nilai SI (*Similarity Index*) ≥ 95 .

Tabel 7. Hasil analisis MS dari sampel pirolisat dengan katalis Z-NaOH-4M-20% dengan dugaan senyawa

No. Puncak	Dugaan Senyawa	Persentase (%)
1	C ₃ H ₆ O (aseton)	0,70
3	C ₈ H ₁₈ (oktana)	1,16
5	C ₉ H ₂₀ (nonana)	1,54
7	C ₁₁ H ₂₄ (undekana)	2,47
8	C ₁₁ H ₁₂ (1-undekena)	2,90
11	C ₁₂ H ₂₄ (1-dodekena)	10,36
12	C ₁₂ H ₂₆ (dodekana)	9,12
15	C ₁₀ H ₂₀ O ₂ (asam dekanoat)	1,43
18	C ₁₅ H ₃₀ (1-pentadekena)	7,27
19	C ₁₃ H ₂₈ (tridekana)	30,90
21	C ₁₄ H ₂₈ (1-tetradekena)	13,53
32	C ₁₇ H ₃₄ O (2-heptadekanon)	8,47

Berdasarkan data tersebut dapat dilihat produk yang diperoleh dengan puncak tertinggi

yaitu pada puncak 19 sebanyak 30,90% dengan dugaan senyawa tridekana. Total kandungan senyawa alkana pada pirolisat yaitu sebesar 46,31%. Sedangkan senyawa alkena sebesar 35,62%. Kandungan asam karboksilat yang terdapat pada pirolisat sebesar 3,33%, kandungan senyawa keton sebesar 10,62%, dan kandungan senyawa lainnya sebesar 4,44%. Berdasarkan hasil analisis tersebut, proses pirolisis minyak goreng bekas dengan menggunakan katalis Z-NaOH-4M dengan persen jumlah katalis terhadap reaktan sebesar 20% mampu menghasilkan pirolisat dengan kandungan senyawa hidrokarbon tinggi sebanyak 81,93% dengan rantai karbon C₈-C₁₇. Abdullah dkk (2010) menyebutkan bahwa kandungan minyak goreng bekas (jelantah) terdiri atas asam lemak dengan rantai karbon C₈-C₁₈ dengan kandungan terbesar yaitu asam laurat (C₁₂) sebanyak 45,63% yang merupakan hidrokarbon dengan rantai panjang. Keberadaan hidrokarbon berantai panjang inilah yang mengakibatkan viskositasnya menjadi besar. Sedangkan pada tabel 6 dan 7 hasil pirolisat, kandungan terbesarnya adalah senyawa tridekana (C₁₃) dengan persentase hanya 27-29%. Hal ini lah yang menyebabkan pirolisat memiliki densitas yang jauh lebih rendah, karena kandungan hidrokarbon dengan rantai panjang hanya sedikit.

Perbandingan Hasil Pirolisat terhadap Minyak Tanah dengan Uji Sederhana

Uji sederhana dilakukan untuk mengetahui potensi pirolisat sebagai bahan bakar alternatif minyak tanah. Uji ini membandingkan pirolisat dengan minyak tanah dengan parameter waktu yang diperlukan untuk mendidihkan air, lama proses pembakaran, dan banyaknya sampel yang terpakai. Air yang digunakan yaitu sebanyak 20mL. Berdasarkan Tabel 5 maka pirolisat dikelompokkan menjadi 3 kelompok. Kelompok pirolisat A yaitu pirolisat dari proses pirolisis tanpa katalis yang memiliki nilai viskositas antara 7,0-7,2. Kelompok pirolisat B yaitu pirolisat dari proses pirolisis dengan persen jumlah katalis 5% dan 15% yang memiliki nilai viskositas antara 8,5-8,6. Kelompok pirolisat C yaitu pirolisat dari proses pirolisis dengan persen jumlah katalis 10% yang memiliki nilai viskositas 9,8. Sedangkan kelompok pirolisat D yaitu pirolisat dari proses pirolisis dengan persen jumlah katalis 20% yang memiliki nilai viskositas 6,2. Hasil dari uji sederhana disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Data hasil uji sederhana perbandingan potensi pirolisat dengan minyak tanah

Sampel	Waktu untuk mulai Mendidih (menit)	Lama pembakaran (menit)	Sampel terpakai (gram)
Kerosin	2,5	20	5,8758
Pirolisat A	2	36,5	4,9707
Pirolisat B	2	32,5	4,4714
Pirolisat C	2	49	4,3056
Pirolisat D	2	27	5,1207

Berdasarkan data hasil uji sederhana pada tabel 8 dapat dilihat bahwa viskositas yang semakin besar maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan 20 mL akuades. Hal ini disebabkan karena semakin besar viskositas maka daya alir terhadap sumbu semakin kecil atau susah merambat di sumbu, sehingga api yang dihasilkan akan lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai viskositas yang rendah. Karena api yang dihasilkan lebih kecil, maka waktu pembakaran pun akan lebih lama dan sampel yang dipakai juga akan lebih sedikit. Oleh sebab itu pirolisat C membutuhkan 49 menit waktu pembakaran dan memakai sampel yang sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar viskositas sampel maka semakin kecil nyala api, semakin lama proses pembakaran, dan semakin sedikit sampel yang terpakai.

Penggunaan minyak tanah sebagai bahan bakar mampu mempercepat proses pembakaran, namun menggunakan bahan bakar yang agak lebih banyak. Sedangkan penggunaan pirolisat sebagai bahan bakar pengganti memiliki kemampuan bakar sedikit lebih kecil dibandingkan dengan minyak tanah namun dibutuhkan lebih sedikit sampel untuk proses pembakaran. Jadi dapat disimpulkan bahwa pirolisat hasil pirolisis minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa larutan NaOH 4M merupakan aktivator terbaik yang didapat, mampu meningkatkan daya serap dan keasaman zeolit. Pada penelitian ini jumlah optimum katalis yang dihasilkan yaitu sebesar Z-NaOH-4M dengan persen jumlah katalis terhadap reaktan sebesar 10%, mampu meningkatkan kecepatan proses pirolisis dan menghasilkan *yield* lebih banyak yaitu sebesar 60,0%. Dari penelitian juga diketahui bahwa pirolisat menggunakan katalis dapat meningkatkan produk senyawa utama yaitu hidrokarbon berupa alkana. Pada pirolisat tanpa katalis kandungan hidrokarbonnya sebesar 80,44%, sedangkan pada pirolisat dengan katalis Z-NaOH-4M dengan persen jumlah katalis terhadap reaktan sebesar 20% kandungan hidrokarbonnya sebesar 81,93%. Serta *bio oil* yang

dihasilkan memiliki kemampuan yang baik untuk digunakan sebagai bahan bakar kompor. Penggunaan *bio oil* sebagai bahan bakar kompor memiliki keunggulan yaitu bahan bakar yang terpakai lebih sedikit atau lebih hemat, namun memiliki kekurangan berupa besar api yang kecil sehingga proses pembakaran menjadi lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada bapa Sunardi, S.Si., M.si., Ph.D dari Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan sampel zeolit pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ABDULLAH, D. E. RIA, U. T. SANTOSO, & K. ROSYIDAH. 2010. Penentuan Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis (H₂SO₄ dan KOH) Optimum pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas. *Info Teknik*. 10(1): 01-10.
- AFDALIYAH. 2017. Pirolisis CPO Parit Menggunakan Katalis Zeolit dalam Rangka untuk Mendapatkan Bio-Fuel. Skripsi Program Studi Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- AKBAR, F. & SUNARNO. 2013. Sintesis Katalis Ni/ZSM-5 untuk Pirolisis Cangkang Sawit Menjadi Bio-Oil. *Jurnal Prodi Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta*. 11: 23-24
- ANTONAKOU, E., A. LAPPAS, M. H. NILSEN, A. BOUZGA, & M. STOCKER. 2006. Evaluation of various types of Al-MCM-41 materials as catalysts in biomass pyrolysis for the production of bio-fuels and chemicals. *Fuel*. 85:2202–2212.
- BAUMANN, R. 1998. *Equity and Employment*. Hohenheim University, Stuttgart, Germany.
- BEIS, S. H., ONAY, O., KOCKAR, O. M. (2002) Fixed bed pyrolysis of safflower seed: influence of pyrolysis parameter on Products yields and compositions, *Journal Renewable Energy*. 26:21-32.
- BIYANTORO, D., MV PURWANI., & MUZAKKY. 2000. Penyerapan Stronsium

- Dan Zirkonium Dengan Zeolit Dan Senyawa Humat. *Chem Info Journal*. 12-16.
- BOEY, P. L., M. I. SALEH, N. SAPAWE, S. GANESAN, G. P. MANIAM, & D. M. H. ALI. 2011. Pyrolysis of residual palm oil in spent bleaching clay by modified tubular furnace and analysis of the products by GC-MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 91:199-204.
- DAMAYANTI, E. D., TASLIMAH, & R. NURYANTO. 2013. Pengaruh Rasio Katalis Zeolit Aktif/Umpan Pada Proses Pirolisis Limbah Serbuk Sagu (Metroxylon Sp). *Chem Info Journal*. 1:114-120.
- DANARTO, Y. C., P. B. UTOMO, & F. SASMITA. 2010. Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalisator Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta.
- DARMAWAN, F. I. 2013. Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. *Jurnal Teknik Mesin*. 02(01): 80-87.
- HANDOKO, D. S. P. 2009. Aktivitas Katalis Ni/Zeolit Pada Konversi Katalitik Metil Ester Minyak Goreng Jelantah (MEWCO) Pada Temperatur 450 °C menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar. *Jurnal ILMU DASAR*. 8(1): 1-13.
- INGLEZAKIS, V. J., C. D. PAPADEAS, M. D. LOIZIDOU, & H. P. GRIGOROPOULOU. 2001. Effects of Pretreatment on Physical and Ion Exchange Properties of Natural Clinoptilolite. *Environmental Technology*. 22: 75-82.
- JOZEFACIUK, G. & G. BOWANKO. 2002. Effect of Acid and Alkali Treatments on Surface Areas and Adsorption Energies of Selected Minerals. *Journal Clays and Clay Minerals*. 50:771-783.
- KHANDAY, W. A., K. GARBA, & B. H. HAMEED. 2016. Catalytic pyrolysis of oil palm mesocarp fibre on a zeolite derived from low-cost oil palm ash. *Energy Conversion and Management*. 127:265-272.
- KURNIASARI, L., M, DJAENI, & A. PURBASARI. 2011. Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Pada Alat Pengering Bersuhu Rendah. *Reaktor*. 13:178-184.
- ONAY, O., KOKAR, O. M. (2004) Fixed Bed pyrolysis of rapeseed (*Brassica Napus L.*), *Journal Biomass Bioenergy*. 26:289-299.
- OZBAY, N., PUTUN, A. E., UZUN, B. V., PUTUN, E. (2001) Biocrude from biomass: pyrolysis of cotton seed cake, *Journal Renewable Energy*. 24:615-625.
- POKU, K. 2002. "Origin of oil palm". Small-Scale Palm Oil Processing in Africa. FAO Agricultural Services Bulletin 148. FAO, New York.
- RINGER, M., V. PUTSCHE, & J. SCAHILL. 2006. Large-Scale Pyrolysis Oil Production: A Technology Assessment and Economic Analysis. Department of Energy Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. A national laboratory of the U.S.D.
- SIANIPAR, R.N.R. 2017. Esterifikasi dan Transesterifikasi CPO Parit Menjadi Metil Ester Asam Lemak (Biodiesel) Menggunakan Katalis Tawas dan KOH. Skripsi Program Studi Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- SCHWAB, A.W., G.J DYKSTRA, E. SELKE, S.C SORENSON, & E.H PRYDE. 1988. Diesel fuel from thermal-decomposition of soybean oil. *JAACS* 65 (11):1781-1786.
- WIBOWO, S. & D. HENDRA. 2015. Teknik Pengolahan Bio-Oil dari Biomassa. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hasil Hutan Badan Penelitian, Pengembangan Dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Bogor.