

PENGARUH WAKTU REAKSI PADA SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha Curcas*) MENGGUNAKAN KATALIS LA/LEMPUNG

Muhammad Sulthon Siregar¹⁾, Syaiful Bahri²⁾, Khairat²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾Dosen Teknik Kimia

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

Email: muhammad.sulthonsiregar@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Jatropha curcas is used as a raw material for making biodiesel because the oil content of *jatropha* seeds is quite high around 30-50%. In this study, the transesterification of *Jatropha* oil into biodiesel has been conducted using La/Clay catalyst. This catalyst is made by clay activated using a NaOH base solution with concentrations 1N, 2N, and 3N and impregnated using metal La 1%, 3%, and 5% w/w. La/Clay catalysts were characterized using SEM-EDX and BET. The catalyst obtained proved has a surface area of 6.37 m²/g. La/Clay catalyst is used as a catalyst in the transesterification reaction with a variation of reaction time (120 minutes, 150 minutes and 180 minutes). Effect of catalyst activation, metal La impregnation, and time of transesterification reaction on biodiesel yield has studied. From the results obtained, the best condition was the activation of clay catalyst activation using NaOH 3N, 5% lanthanum metal impregnation, and 180 minutes of transesterification reaction time, obtained 84,64% biodiesel yield. The produced biodiesel fulfilled SNI 7182:2015 having characteristics: density 884 kg/m³, viscosity 4.08 cSt, acid number 0.46 mg-KOH/g, and flash point 136 °C.

Keywords: *biodiesel, jatropha curcas oil, la/clay, transesterification, yield*

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, sementara pasokan energi dari bahan bakar minyak bumi (BBM) semakin menipis. Pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai BBM alternatif merupakan salah satu pilihan yang sangat layak karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable resource*) (Harimurti & Sumangat, 2011).

Pemerintah Indonesia telah menetapkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Salah satu kebijakan utama dalam PP tersebut adalah peran energi baru dan terbarukan bisa

mencapai 25% pada tahun 2025. Demi tercapainya kebijakan tersebut, dilakukan pengembangan dan pemanfaatan energi alternatif yang potensial seperti biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif sebagai pengganti solar yang berasal dari transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewan. Lebih dari 95% biodiesel di dunia diproduksi dari minyak pangan (*edible oil*) yang didapatkan dan tersedia dalam skala besar dari industri pertanian. Namun, persaingan minyak pangan sebagai sumber makanan dengan bahan bakar membuat minyak pangan bukan bahan baku yang ideal untuk memproduksi biodiesel (Ong et al., 2011).

Jarak pagar (*Jatropha curcas*) adalah salah satu dari banyak tanaman di Indonesia yang memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan baku biodiesel karena kandungan minyak pada biji yang cukup tinggi. Biji jarak pagar memiliki kandungan minyak yang sangat bernilai, dengan tingkat keasaman yang rendah, stabilitas yang baik, dan viskositas yang rendah (Helwani et al., 2013).

Dalam memproduksi biodiesel, salah satu aspek yang memegang peranan penting yaitu penggunaan katalis pada reaksi transesterifikasi trigliserida (TG) (Sharma et al., 2015). Penggunaan katalis homogen menimbulkan masalah seperti, emulsifikasi selama pemurnian, proses pemisahan yang sulit, *yield* berkurang, dan tidak ekonomis (Xue et al., 2014). Untuk mengatasi masalah ini, katalis homogen dapat diganti dengan katalis heterogen (Meher et al., 2006). Penggunaan katalis heterogen bersifat ekonomis, membuat pemisahan lebih mudah, dan ramah lingkungan karena katalis dapat digunakan kembali (Xue et al., 2014).

Salah satu katalis heterogen yang dapat digunakan dalam sintesis biodiesel berupa katalis logam pengemban. Reaksi katalis heterogen untuk sistem logam pengemban pada umumnya menggunakan logam-logam yang memiliki elektron orbital d yang tidak berpasangan sehingga dapat menghasilkan satu atau lebih valensi bebas sehingga pada permukaan di mana reaktan akan teradsorpsi secara spesifik pada orbital tersebut dan terjadi reaksi yang diharapkan (Siswodihardjo, 2006).

Logam lantanum (La) merupakan salah satu katalis logam yang dapat digunakan pada sintesis biodiesel. Lantanum dalam sistem periodik unsur memiliki nomor atom 57 dengan konfigurasi elektron [Xe] 5d¹ 6s². Logam La mempunyai orbital d yang belum penuh maka, sesuai aturan Hund, terdapat elektron-elektron yang tidak berpasangan pada orbital d. Keadaan ini

menjadikan logam La mudah membentuk ikatan kovalen koordinat sehingga pembentukan senyawa antara pada permukaan katalis menjadi lebih mudah.

Namun, fasa aktif katalis La tidak memiliki permukaan yang luas sehingga reaksi menjadi tidak efektif dan efisien karena tidak seluruh pusat aktifnya dapat mengadakan kontak dengan reaktan. Oleh karena itu, komponen La perlu didistribusikan pada suatu permukaan padatan penyangga yang memiliki luas permukaan yang besar seperti lempung. Pada penelitian ini digunakan lempung cengar yang berasal dari Kabupaten Kuantan Singingi (Bahri dan Rivai, 2010). Lempung alam sudah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, diantaranya sebagai adsorben, resin penukar ion, katalis, komposit, membran, dan bahan keramik. Lempung dapat digunakan sebagai katalis karena mempunyai luas permukaan yang besar, stabilitas termal tinggi, dan aktivitas katalitik yang baik (Darwanta & Sriyanto, 2008).

2. Metode Penelitian

Bahan baku minyak jarak pagar yang berasal dari produsen di Pekanbaru, lempung yang berasal dari daerah Desa Cengar Kuantan Singingi, metanol, NaOH, akuades, La₂O₃, H₂SO₄ pekat, indikator PP, gas N₂, O₂, dan H₂.

Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 100 & 200 mesh, pemanas dan *magnetic stirrer*, oven, *furnace*, timbangan analitik, reaktor labu leher tiga, reaktor alas datar, kondenser, termometer, dan peralatan gelas seperti gelas kimia, gelas ukur, corong pisah, dan lain-lain.

Pembuatan Katalis La/Lempung

Lempung dihaluskan dan kemudian diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh di mana partikel lempung yang

diambil merupakan partikel-partikel yang lolos pada pengayakan 100 mesh dan tertahan pada pengayak 200 mesh. Kemudian lempung diaktivasi dengan menggunakan larutan NaOH.

Aktivasi lempung dengan cara refluks lempung sebanyak 75 gram dalam larutan NaOH 1N, 2N, dan 3N sebanyak 300 ml selama 6 jam pada suhu 60°C sambil diaduk menggunakan motor pengaduk dengan kecepatan 300 rpm pada reaktor alas datar volume 1 liter. Kemudian sampel tersebut didiamkan selama 16 jam yang selanjutnya disaring dan dicuci berulang kali dengan menggunakan akuades sampai air cucian tidak keruh. *Cake* dikeringkan pada suhu 110°C selama 4 jam dalam oven. Lempung yang telah diaktivasi, dilakukan proses impregnasi dengan menggunakan logam lantanum.

Pengembangan (impregnasi) logam La dengan cara sampel lempung yang telah diaktivasi dilarutkan dalam 200 ml La_2O_3 dan dilakukan pengadukan sambil dipanaskan menggunakan *hot plate* yang dilengkapi *magnetic stirrer* pada suhu 60 °C selama 3 jam. *Cake* dikeringkan dalam oven selama 6 jam pada suhu 110 °C (diperoleh sampel La/Lempung). Larutan impregnasi divariasikan sebesar 1%-b, 3%-b, dan 5%-b terhadap sampel lempung.

Katalis yang telah dilakukan impregnasi, kemudian dilakukan proses kalsinasi, oksidasi, dan reduksi. Proses ini diawali dengan memasukkan katalis La/Lempung sebanyak 50 gram kedalam *tube* yang sebelumnya telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll* sebagai penyeimbang unggun katalis. *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada suhu 500 °C dengan selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar 400 ml/menit. Selanjutnya, katalis dioksidasi pada suhu 400 °C

menggunakan gas oksigen sebesar 400 ml/menit selama 2 jam dan direduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar 400 ml/menit selama 2 jam.

Proses Pembuatan Biodiesel

Pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dilakukan dua tahap proses. Mula-mula minyak jarak pagar dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB) dan kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi.

Proses Esterifikasi

Minyak jarak pagar memiliki kadar asam lemak bebas lebih dari 2% sehingga perlu dilakukan tahap esterifikasi terlebih dahulu (Sahirman et al., 2009). Sebanyak 300 ml minyak jarak pagar dipanaskan dalam labu leher tiga hingga suhu mencapai ± 60 °C dengan menggunakan hotplate (Prihanto et al., 2013). Setelah suhu reaksi tercapai, metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak : metanol 1 : 12 dan katalis H_2SO_4 sebanyak 1% (v/v minyak) ditambahkan ke dalam reaktor.

Reaksi esterifikasi berlangsung selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Setelah reaksi selesai, produk dimasukkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan kelebihan alkohol, asam sulfat dan impuritis yang terdapat di lapisan atas (Atabani & César, 2014). Minyak yang telah didapat dianalisis kadar asam lemak bebasnya.

Proses Transesterifikasi

Proses pembuatan biodiesel dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi sehingga metil ester hasil dari proses esterifikasi sebagai bahan baku. Bahan baku tersebut berupa bagian bawah dari lapisan dari produk esterifikasi dimasukkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan kondenser, termometer, dan *magnetic stirrer*. Sebelum penambahan katalis

La/lempung 3% dari berat minyak jarak pagar dan katalis 1%-b dan metanol dengan rasio mol minyak : metanol 1:9 kedalam reaktor, dipanaskan terlebih dahulu produk hasil esterifikasi tersebut hingga mencapai suhu 60°C.

Metanol dan katalis La/lempung dimasukkan ke dalam reaktor dengan tetap menjaga suhu reaksi 65°C selama 120 menit, lalu produk didinginkan dengan cara kondenser tetap dinyalakan sementara *magnetic stirrer* dimatikan. Kemudian produk disaring dengan kertas saring. Katalis yang terdapat dalam endapan dipisahkan dari filtratnya. Filtrat yang berupa gliserol dan biodiesel atau metil ester masih mengandung metanol sisa perlu dilanjutkan dengan proses pemisahan dan pemurnian biodiesel.

Proses yang sama diulangi untuk variabel katalis La 3%-b dan 5%-b terhadap lempung dan kecepatan waktu reaksi 150 menit dan 180 menit. Sementara berat minyak, suhu reaksi esterifikasi dan transesterifikasi tetap sama seperti prosedur sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Minyak Jarak Pagar

Penelitian ini menggunakan minyak jarak pagar sebagai bahan baku pembuatan biodiesel yang diperoleh dari produsen di Pekanbaru. Minyak jarak pagar yang akan digunakan sebagai bahan baku perlu dikarakterisasi. Karakterisasi sifat fisika meliputi densitas, viskositas, kadar ALB, dan kadar air. Setelah minyak jarak pagar dikarakterisasi, kemudian dilakukan tahap esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB) yang terdapat pada minyak jarak pagar. Karakteristik minyak jarak pagar dapat dilihat padat Tabel 3.1

Tabel 3.1 Karakterisasi Minyak Jarak Pagar

Parameter	Hasil Penelitian
Massa Jenis (kg/m ³)	934
Viskositas (mm ² /s)	39,6
Kadar Air (%)	7,96
Kadar ALB (%)	20

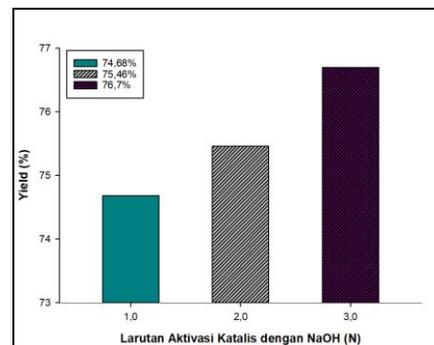
Proses Esterifikasi

Dari Tabel 3.1 menunjukkan bahwa kadar air yang terdapat pada minyak jarak pagar masih tinggi yaitu sebesar 7,96%, sedangkan kadar asam lemak bebas sebesar 20%. Kadar air berhubungan dengan kadar ALB dimana semakin tinggi kadar air maka kadar ALB pada minyak juga akan meningkat. Tingginya kadar ALB disebabkan kadar air yang tinggi dan aktivitas enzim lipase dalam minyak yang digunakan sebagai bahan baku (Putri et al., 2015). Secara alami, air memang terdapat pada minyak dan hal inilah yang menyebabkan trigliserida terhidrolisis menjadi ALB (Leung et al., 2010).

Setelah reaksi esterifikasi selesai, kadar ALB minyak jarak pagar menurun dari 20% menjadi 1,9% dan kadar air menurun dari 7,96% menjadi 0,92%.

Pengaruh Aktivasi Katalis dengan NaOH terhadap Yield Biodiesel

Berikut grafik hubungan aktivasi katalis dengan NaOH terhadap *yield* biodiesel dapat dilihat pada Gambar 3.1.

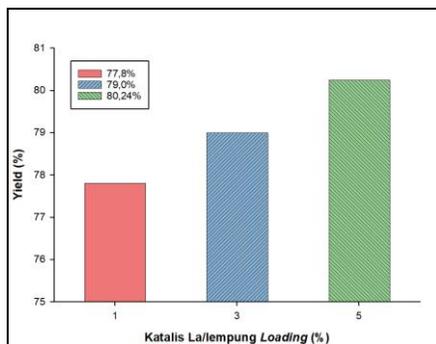


Gambar 3.1 Pengaruh Aktivasi Katalis dengan NaOH terhadap *Yield* Biodiesel

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa larutan NaOH yang digunakan sebagai aktivasi katalis lempung berpengaruh terhadap aktivitas katalis sehingga *yield* biodiesel meningkat. Pada aktivasi katalis lempung dengan larutan NaOH 1N, dihasilkan *yield* biodiesel sebesar 74,68% sedangkan pada aktivasi katalis lempung dengan larutan NaOH 2N dan 3N mengalami peningkatan *yield* biodiesel sebesar 75,46% dan 76,7%. Aktivasi secara basa dengan larutan NaOH bertujuan untuk mengaktifkan situs aktif lempung dengan melarutkan kation-kation pengotor yang berada pada permukaan lempung. Efektivitas pertukaran kation yang paling baik terjadi pada konsentrasi basa yang lebih tinggi (Nurhasanah et al., 2017).

Pengaruh Katalis La/Lempung Loading terhadap Yield Biodiesel

Berikut grafik hubungan katalis La/Lempung loading terhadap *yield* biodiesel dapat dilihat pada Gambar 3.2.



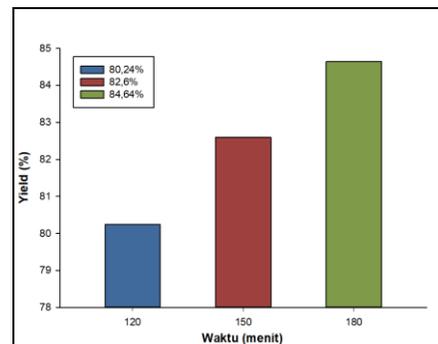
Gambar 3.2 Pengaruh Katalis La/Lempung Loading terhadap Yield Biodiesel

Zulfahni et al., (2018) melakukan penelitian dengan mensintesis biodiesel menggunakan katalis lempung dan menghasilkan *yield* sebesar 70,68%. Berdasarkan Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metal *supported catalyst* yang terdiri dari logam aktif La yang diimbangkan ke permukaan lempung maka *yield* biodiesel yang

dihasilkan lebih tinggi (80,24% pada La 5% b/b terhadap lempung) dibandingkan dengan menggunakan katalis lempung tanpa logam. Logam La (lantanum) baik digunakan sebagai katalis karena logam jenis ini memiliki orbital d yang belum penuh sehingga efektif menerima pasangan elektron reaktan pada reaksi transesterifikasi. Akibatnya aktivitas katalitik selama reaksi berlangsung dengan baik.

Pengaruh Waktu Reaksi Transesterifikasi terhadap Yield Biodiesel

Berikut grafik hubungan waktu transesterifikasi terhadap *yield* biodiesel dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pengaruh Waktu Transesterifikasi terhadap Yield Biodiesel

Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa *yield* biodiesel meningkat seiring dengan bertambahnya waktu reaksi diantara 120 menit hingga 180 menit. Hal ini membuktikan bahwa dengan bertambahnya waktu reaksi transesterifikasi maka *yield* biodiesel akan semakin meningkat, namun disaat reaksi sudah mencapai setimbang di waktu tertentu maka penambahan waktu reaksi tidak lagi menguntungkan. Jika dilihat pada Gambar 3.3, waktu reaksi dapat ditingkatkan lagi karena *yield* biodiesel yang dihasilkan terus meningkat signifikan dan ini menandakan reaksi belum mencapai setimbang atau katalis belum mengalami deaktivasi (Agustian E., 2012)

Karakterisasi Biodiesel

Analisa karakteristik biodiesel dilakukan untuk mengetahui biodiesel yang didapat pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu biodiesel di Indonesia (SNI 7182:2015).

Karakterisasi biodiesel yang diuji meliputi densitas (ASTM D1298), viskositas kinematik (ASTM D445), angka keasaman (AOCS Cd 3-63) dan titik nyala (ASTM D93). Perbandingan hasil karakterisasi biodiesel penelitian ini dengan SNI 7182:2015 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Karakterisasi Biodiesel

Parameter	SNI 7182:2015	Hasil Penelitian
Massa Jenis (kg/m ³)	850-890	884
Viskositas (mm ² /s)	2,3-6,0	4,08
Angka asam (mg- KOH/g)	Maks. 0,5	0,46
Titik Nyala (°C)	Min 100	136

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi standar mutu menurut SNI 7182:2015.

Daftar Pustaka

Agustian E. (2012). Production of Biodiesel From Waste Cooking Oil Using Ultrasonic Tubular Reactor. *Thesis*. Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering.

Atabani, A. E., & César, A. D. S. (2014). Calophyllum inophyllum L. - A prospective non-edible biodiesel feedstock. Study of biodiesel production, properties, fatty acid composition, blending and engine performance. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 37, 644-655.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.037>

Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2015). Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015. Syarat Mutu Biodiesel. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Bahri, S., & Rivai. (2010). Chemical Modification on Natural Clay and its Application on Equilibrium Study of the Adsorption of Pb²⁺ in Aqueous Solution. *Jurnal Sain dan Teknologi*. Vol. 9, 49-54.

Darwanta & Sriyanto. (2015). Sintesis Katalis Mesopori Ni/Mo Teremban Lempung Terpilar Si dan Aplikasinya pada Cracking Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Sains*. Vol. 1, 9-15.

Harimurti, N & Sumangat, D. (2011). Pengolahan Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) Menjadi Bahan Bakar Nabati dan Pemanfaatan Produk Samping. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. Vol. 7, 48-55.

Helwani, Z., Aziz, N., Bakar, M. Z. A., Mukhtar, H., Kim, J., & Othman, M. R. (2013). Conversion of *Jatropha curcas* oil into biodiesel using re-crystallized hydrotalcite. *Energy Conversion and Management*. Vol 73, 128-134.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.04.004>

Leung, D. Y. C., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. In *Applied Energy*. Vol 87, 1083-1096.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006>

Meher, L. C., Vidya Sagar, D., & Naik, S. N. (2006). Technical aspects of biodiesel production by transesterification - A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 10, 248-268.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.002>

- Nurhasanah, Syaiful Bahri, Saputra. E. (2017). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra*) Dengan Katalis Lempung Teraktivasi; Pengaruh Konsentrasi Katalis Dan Aktivasi Katalis. *JOM FTEKNIK*. Vol 4(2).
<https://doi.org/10.3945/an.113.005488>. 278
- Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., & Norhasyima, R. S. (2011). Comparison of palm oil, *Jatropha curcas* and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 15, 3501-3515.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.05.005>
- Prihanto, A., Pramudono, B., & Santosa, H. (2013). Peningkatan *Yield* Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Momentum*. Vol 9, 46-53.
- Putri, F. D., Helwani, Z., & Drastinawati, D. (2015). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sawit Off-Grade Menggunakan Katalis CaO Melalui Proses Dua Tahap. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*. Vol 10, 99-105.
<https://doi.org/10.23955/rkl.v10i3.3063>
- Sahirman, S., Suryani, A., Mangunwidjaja, D., Sukardi, S., & Sudradjat, R. (2009). Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Pada Proses Produksi Biodiesel. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol 27, 201-212.
<https://doi.org/10.20886/jphh.2009.27.3.201-212>
- Sharma, S., Medpelli, D., Chen, S., & Seo, D. K. (2015). Calcium-modified hierarchically porous aluminosilicate geopolymer as a highly efficient regenerable catalyst for biodiesel production. *RSC Advances*. Vol 5, 65454-65461.
<https://doi.org/10.1039/c5ra01823d>
- Siswodihardjo. (2006). Reaksi Hidrorengkeh Katalis Ni/Zeolit, Mo/Zeolit, NiMo/Zeolit terhadap Parafin. *Skripsi*. Program Sarjana Fakultas FMIPA Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Xue, B. jin, Luo, J., Zhang, F., & Fang, Z. (2014). Biodiesel production from soybean and *Jatropha* oils by magnetic CaFe₂O₄-Ca₂Fe₂O₅-based catalyst. *Energy*. Vol 68, 584-591.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.082>
- Zulfahni, F., Bahri, S., & Wisrayetti. (2018). Pengaruh Berat Katalis dan Perlakuan Aktivasi Katalis Lempung terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung. *Jom FTEKNIK*. Vol 5 ed 1.