

VARIASI BERAT DAN RASIO MOL MINYAK:METANOL PADA ESTERIFIKASI CPO (*crude palm oil*) MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS LEMPUNG MARELAN AKTIVASI H₂SO₄

Maipita Andriani¹, Nurhayati²

¹Mahasiswa Program S1 Kimia FMIPA-Universitas Riau

²Dosen Jurusan Kimia FMIPA-Universitas Riau

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Binawidya, Pekanbaru, 28293, Indonesia

maipita.andriani@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Biodiesel was an alternative fuel substitute for diesel fuel. Biodiesel was made by used crude palm oil (CPO) which has high free fatty acid content. In the esterification of free fatty acid can be converted into methyl ester by using an acid catalyst (clay catalyst activation H₂SO₄ 1 M). Characterized the type of mineral catalyst was by XRD. Biodiesel was synthesis using a two stage process esterification reaction and transesterification reaction. The esterification reaction was performed using clay catalyst activated H₂SO₄ 1 M (LM1*), with variation weight of catalyst 1%, 2%, 3% and mole ratio of oil to methanol 1: 6, 1:12 and 1:18. Transesterification reaction by using CaO catalyst from *Anadara granosa* calcinated at 900 °C for 10 h. The maksimum biodiesel yield was 72,87%, which achieved on the condition catalyst LM1* with weight of the catalyst 3%, and mole ratio of 1:12 with a reaction temperature of 65 ± 2 °C for 3 hours.

Keywords : Biodiesel, free fatty acid, esterification, transesterification

ABSTRAK

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar diesel. Biodiesel dibuat menggunakan *crude palm oil* (CPO) yang memiliki kandungan asam lemak bebas yang tinggi. Pada reaksi esterifikasi asam lemak bebas dapat dikonversi menjadi metil ester dengan menggunakan katalis asam (katalis lempung aktivasi H₂SO₄ 1 M). Jenis mineral katalis dikarakterisasi dengan XRD. Sintesis biodiesel menggunakan proses dua tahap yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Pada reaksi esterifikasi digunakan katalis lempung aktivasi H₂SO₄ 1 M (LM1*), dengan variasi berat katalis 1%, 2%, 3% dan rasio mol minyak:metanol 1:6, 1:12 dan 1:18. Reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO dari cangkang kerang darah kalsinasi 900 °C selama 10 jam. Hasil maksimum biodiesel sebesar 72,87%, yang diperoleh pada kondisi katalis LM1* dengan berat katalis 3% dan rasio mol 1:12 dengan suhu reaksi 65±2 °C selama 3 jam.

Kata kunci : biodiesel, asam lemak bebas, esterifikasi, transesterifikasi

PENDAHULUAN

Biodiesel disebut dengan FAME atau *fatty acid methyl ester* ialah bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin disel sebagai pengganti solar (Prihandana dkk., 2007). Berdasarkan kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) dalam minyak nabati maka proses sintesis biodiesel secara komersial dibedakan menjadi 2 yaitu dapat di sintesis melalui esterifikasi asam lemak bebas dan transesterifikasi trigliserida dari minyak nabati dengan metanol dan katalis sehingga dihasilkan metil ester (Suirta, 2009). Esterifikasi dengan katalis asam (umumnya menggunakan asam sulfat) untuk minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas tinggi (>1%). dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa, jika direaksikan dengan katalis basa, maka akan berpotensi membentuk emulsi yang dapat menyebabkan terbentuknya sabun melalui reaksi penyabunan (saponifikasi) (Ketaren, 1986).

Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Berdasarkan data Direktorat Jendral Perkebunan, Departemen Pertanian RI. Produksi minyak kelapa sawit kasar CPO Indonesia tahun 2010 sekitar 19,76 juta ton dan tahun 2014 mencapai 26 juta ton (Wulandari dkk., 2011). Riau merupakan propinsi yang memiliki areal perkebunan kelapa sawit terbesar di Indonesia dengan luas mencapai 2.296.849 ha atau 20,96% dari total luas sawit di Indonesia (Nahlunnisa, 2016). Tingginya kandungan asam lemak bebas CPO dapat dilihat pada penelitian Nurhayati dkk. (2015) yang menyatakan bahwa kandungan asam lemak bebas CPO sebesar 5,595%. Penelitian yang telah dilakukan oleh Putri (2015)

menggunakan lempung Maredan teraktivasi sulfat sebagai adsorben untuk menurunkan asam lemak bebas dari CPO dengan variasi suhu dan kecepatan pengadukan terjadi penurunan asam lemak bebas sebesar 76% dari 4,19% menjadi 1,01%. Dewi (2015) melakukan tahapan esterifikasi menggunakan katalis asam (H_2SO_4) untuk mensintesis biodiesel dari CPO dan transesterifikasi dengan katalis CaO diperoleh hasil biodiesel sebesar 77,93%. Febririanti (2016) menyatakan bahwa Lempung Maredan dengan konsentrasi H_2SO_4 0,3 M dan kalsinasi 500 °C selama 10 jam, menghasilkan konversi biodiesel sebesar 75,45% dengan penurunan asam lemak bebas sebesar 28% dari 4,26% menjadi 3,07%.

Pada penelitian ini, bahan baku yang digunakan adalah *crude palm oil* (CPO). Sintesis biodiesel dilakukan melalui dua tahap reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. Reaksi esterifikasi menggunakan katalis lempung aktivasi H_2SO_4 1 M variasi berat katalis 1%, 2%, 3% dan rasio mol (minyak:metanol) 1:6, 1:12, 1:18. Hasil esterifikasi kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi menggunakan katalis CaO dari cangkang kerang darah kalsinasi 900 °C selama 10 jam (Setiowati, 2014).

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah hotplate magnetic stirer (*Rexim Bruker*), neraca analitik (*Mettler Toledo AL 204*), Oven (*Gallenkemp*), furnace (*Nabertherm tipe L31 R*), desikator, pengaduk magnetik, labu leher tiga, kondensor, ayakan 100 dan 200 Mesh (W.S Tyler Incorporated

U.S.A), pH meter (*pen pH-009(I)*), thermometer air raksa, corong pemisah, dan peralatan gelas lainnya.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lempung dari Desa Maredan, Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak, Provinsi Riau, larutan H_2SO_4 98,08%, CPO (*crude palm oil*) dari PT Wilmar Nabati Indonesia, Desa Bukit Kapur, Dumai, Propinsi Riau, metanol p.a, Iso Propil Alkohol (IPA), cangkang kerang darah, kertas saring *whatman* 42, akua DM, dan akuades.

b. Prosedur kerja

1. Persiapan lempung alam Maredan

Lempung dari Desa Maredan yang telah tersedia di Laboratorium Sains Material Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Lempung Maredan direndam menggunakan akuades kurang lebih 1 jam. Lempung Maredan dimasukkan kedalam loyang dan dikering anginkan selama 1 hari. Lempung yang sudah dikering anginkan dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu $70\text{ }^\circ\text{C}$. Lempung yang sudah kering di haluskan dengan menggunakan lumpang dan diayak dengan menggunakan ayakan 100 dan 200 Mesh, dan diambil lolos 100 Mesh dan tertahan di 200 Mesh.

2. Aktivasi dan kalsinasi lempung

Lempung ditimbang sebanyak 25 g dan dikontakkan dengan 250 mL H_2SO_4 1 M di dalam labu refluks. Campuran dipanaskan dalam penangas air dengan rentang suhu $80\text{-}85\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam dan didinginkan di dalam bak pendingin untuk menghentikan reaksi. Kemudian sampel disaring untuk memisahkan filtrat dan pastanya. Lempung teraktivasi asam sulfat dicuci

sampai pH netral (6,8) kemudian pastanya dikeringkan dalam oven suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam. Serbuk lempung yang diaktivasi dilanjutkan dengan kalsinasi suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam dan disimpan dalam desikator. Katalis diberi kode sesuai dengan konsentrasi asam sulfat yang digunakan yaitu LM1*.

3. Karakterisasi jenis mineral dengan X-ray diffraction (XRD)

Padatan yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan teknik difraksi sinar-X (XRD) SHIMADZU XRD 7000 *X-ray diffraction Maxima X*, rentang sudut $2\theta = 10\text{-}90^\circ$ untuk pengujian drajat kristalinitas.

4. Prosedur pembuatan biodiesel

a. Reaksi esterifikasi

CPO yang telah dicuci sebanyak 50 g dipanaskan pada temperatur $105\text{ }^\circ\text{C}$ selama ± 1 jam. Temperatur CPO diturunkan menjadi $50\text{ }^\circ\text{C}$. Pada tempat terpisah, katalis LM1* sebanyak 1% ditambahkan dengan rasio mol (minyak:metanol) (1:6) kemudian ditambahkan ke dalam labu leher tiga yang telah berisi CPO. Campuran direfluks sambil diaduk dengan menggunakan stirrer selama 3 jam pada temperatur $65 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ dan setelah selesai labu refluks dimasukkan kedalam bak pendingin untuk menghentikan reaksinya. Setelah dingin campuran dimasukkan kedalam *beaker glass* dan disaring dengan menggunakan kertas saring. Minyak hasil penyaringan dimasukkan dalam corong pisah dan dicuci dengan akuades hangat ($50\text{ }^\circ\text{C}$) dengan perbandingan berat minyak dan akuades (1:1). Campuran dicuci lalu didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Air cucian pada lapisan bawah dibuang

dan bagian atas berupa minyak sudah dicuci dimasukkan ke dalam *beaker glass* untuk digunakan kembali ke proses transesterifikasi.

Perlakuan diatas diulang untuk variasi berat katalis (2% dan 3%) dengan rasio mol (minyak:metanol) (1:12 dan 1:18).

b. Reaksi transesterifikasi

Hasil esterifikasi dipanaskan pada suhu 105°C selama ± 1 jam, kemudian suhu diturunkan menjadi 50 °C. Pada tempat lain katalis kangkang kerang darah (CKD) 3% rasio mol (minyak:metanol) 1:6 dikontakkan pada suhu 60 ± 2 °C selama ± 1 jam. Hasil esterifikasi pada suhu 50 °C ditambahkan ke dalam campuran katalis dan metanol pada suhu 60 ± 2 °C selama 3 jam (Setiowati, 2014) dengan hasil biodiesel optimum sebesar 82,25%. Setelah itu labu refluks dimasukkan defalam bak pendingin untuk menghentikan reaski, dimasukkan ke dalam *Beaker glass* dan disaring dengan menggunakan kertas saring *whatman 42*. Hasil yang diperoleh dari penyaringan dimasukkan ke dalam corong pemisah dan dicuci dengan akua DM suhu 50 °C dengan perbandingan (1:1) maka akan terbentuk dua lapisan. Lapisan atas biodiesel dan lapisan bawah gliserol. Selanjutnya lapisan atas dicuci kembali dengan akua DM suhu 50 °C dengan perbandingan (1:1) maka akan terbentuk tiga lapisan yaitu lapisan atas biodiesel, lapisan tengah sabun dan lapisan bawah air. Biodiesel yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Hasil biodiesel} = \frac{\text{berat biodiesel (g)}}{\text{berat sampel mula-mula (g)}} \times 100\% \dots (3)$$

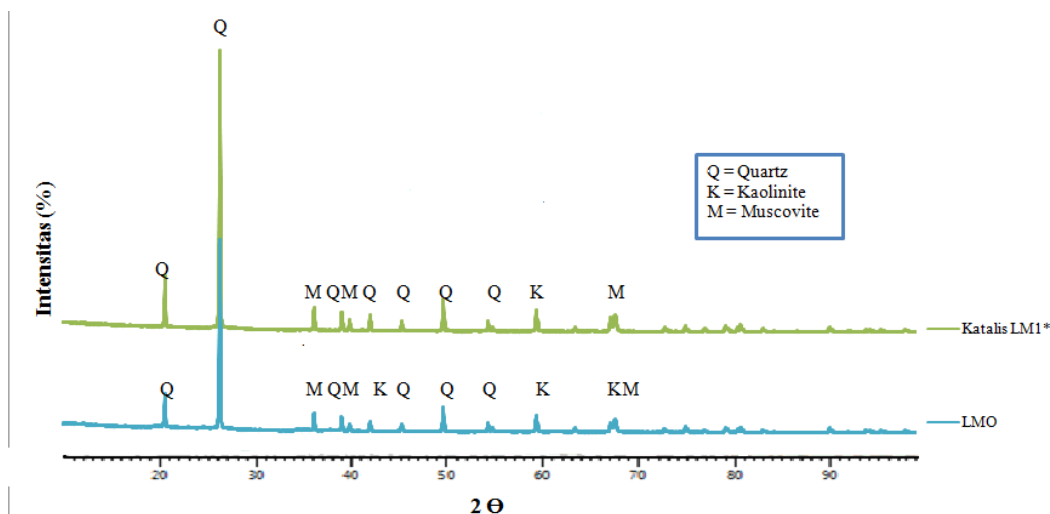
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil sintesis lempung Maredan

Sintesis lempung Maredan dilakukan menggunakan metode refluks pada kondisi reaksi 25 g lempung dalam 250 g larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 1 M kecepatan pengadukan 500 rpm, suhu 80-85 °C selama 3 jam. Lempung aktivasi dicuci dengan akua DM sampai pH (6,8), keringkan dalam oven dan dikalsinasi suhu 500 °C selama 3 jam.

Aktivasi menggunakan larutan H₂SO₄ bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan spesifik pori, kation yang terdapat pada lempung dipertukarkan sehingga berpengaruh terhadap efektifitas dalam pertukaran kation (Widjonarko, 2008). Kemudian akan diperoleh LM1* (lempung aktivasi larutan H₂SO₄ 1 M, kemudian dilakukan pencucian berulang-ulang sampai (pH 6,8) dengan menggunakan akua DM dan dilanjutkan kalsinasi 500 °C selama 3 jam yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan air baik yang terikat atau yang tidak terikat sehingga akan terbentuk rongga-rongga pada lempung. (Panda, 2010) melaporkan bahwa besarnya konsentrasi asam yang dipakai maka semakin banyak kation Al³⁺ yang akan hilang.

2. Karakterisasi jenis mineral dengan X-ray diffraction (XRD)



Gambar 1. Difraktogram XRD dari lempung Maredan dan katalis LM1*

Analisis *X-ray diffraction* (XRD) merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi jenis mineral yang dilakukan dengan mengukur pola difraksi pada daerah sudut difraksi (2θ). Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi jenis mineral dari katalis lempung Maredan aktivasi H_2SO_4 (katalis LM1*) dan lempung Maredan original (LMO). Berdasarkan posisi sudut 2θ dan d -spacing dari hasil penelitian ini terhadap data JCPDS (*Joint Committee On Powder Diffraction Standards*) maka akan diketahui jenis mineral dari suatu padatan. Mineral yang terkandung dalam katalis LM1* dan LMO dengan membandingkan JCPDS yaitu terdiri dari mineral kaolinit, muskovit, dan mineral non lempung yang berupa kuarsa. Hal ini dapat dilihat pada sudut 2θ dan d -spacing yaitu untuk katalis LM1* dengan jenis mineral kuarsa yaitu $26,61^\circ$ ($3,34\text{\AA}$), $20,84^\circ$ ($4,26\text{\AA}$), $50,09^\circ$ ($1,81\text{\AA}$), $39,42^\circ$ ($2,28\text{\AA}$), $40,25^\circ$ ($2,24\text{\AA}$), $54,83^\circ$ ($1,67\text{\AA}$), $45,75^\circ$ ($1,98\text{\AA}$), mineral muskovit yaitu $36,50^\circ$ ($2,46\text{\AA}$), $68,28^\circ$ ($1,37\text{\AA}$), $42,40^\circ$ ($2,12\text{\AA}$), dan mineral kaolinit yaitu $59,90^\circ$ ($1,54\text{\AA}$). LMO jenis mineral kuarsa $26,61^\circ$ ($3,34\text{\AA}$), $20,83^\circ$ ($4,26\text{\AA}$), $50,09^\circ$

($1,81\text{\AA}$), $39,42^\circ$ ($2,28\text{\AA}$), $50,24^\circ$ ($1,81\text{\AA}$), $67,70^\circ$ ($1,38\text{\AA}$), mineral muskovit $36,49^\circ$ ($2,46\text{\AA}$), $68,28^\circ$ ($1,37\text{\AA}$), $42,39^\circ$ ($2,13\text{\AA}$), dan mineral kaolinit $59,90^\circ$ ($1,54\text{\AA}$), $68,09^\circ$ ($1,37\text{\AA}$), $60,08^\circ$ ($1,54\text{\AA}$). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Zulfikar dkk., 2011).

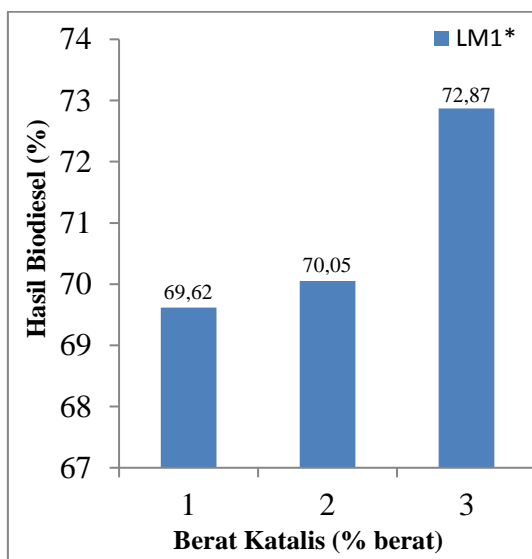
3. Pengaruh reaksi esterifikasi terhadap hasil biodiesel

Proses esterifikasi dilakukan untuk merubah asam lemak bebas menjadi metil ester sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi. Menurut Ramadhas (2005) untuk produksi biodiesel maka kandungan asam lemak bebas pada sampel harus kecil dari 2%. Pada penelitian ini produksi biodiesel dalam reaksi esterifikasi dipengaruhi oleh beberapa variabel reaksi yaitu berat katalis dan rasio mol (minyak:metanol). Pengaruh berat katalis dimulai dari 1%, 2% dan 3%, dan rasio mol (minyak:metanol) (1:6, 1:12 dan 1:18).

a. Pengaruh variasi berat katalis

Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa hasil biodiesel maksimum

terbentuk pada berat katalis 3% sebesar 72,87% pada suhu 65 ± 2 °C selama 3 jam. Reaksi esterifikasi dengan menggunakan katalis asam akan dengan cepat mengkonversi asam lemak menjadi metil ester dan air (Arita dkk., 2008). Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka akan semakin banyak pula biodiesel yang dihasilkan. Indah dkk. (2011) mengatakan apabila jumlah katalis ditingkatkan maka jumlah molekul yang terbentuk akan semakin banyak dan kecepatan laju reaksi juga akan semakin meningkat.

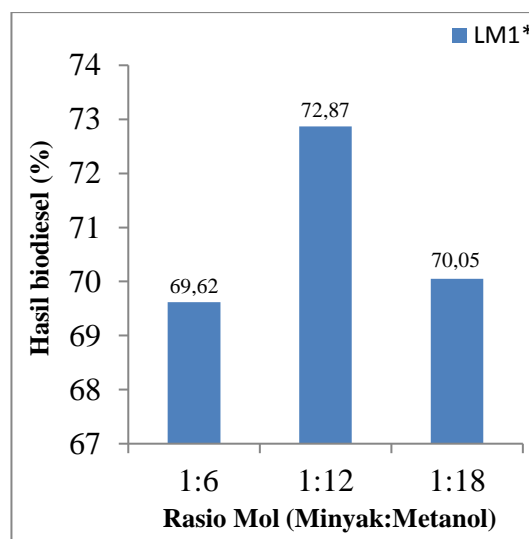


Gambar 2. Pengaruh variasi berat katalis pada reaksi esterifikasi dalam produksi biodiesel (suhu 65 ± 2 °C selama 3 jam).

Namun, ketika penggunaan katalis dengan jumlah berlebih maka transfer masa antara katalis dan reaktan akan menurun sehingga interaksi berkurang dan hasil biodiesel pun berkurang. Pada penelitian Febririanti (2016) yang menggunakan variasi katalis 1%, 3% dan 5% diperoleh biodiesel maksimum pada berat katalis 1% sebesar 75,45%.

b. Pengaruh variasi rasio mol (minyak:metanol)

Hasil biodiesel dengan variasi rasio mol (minyak:metanol) dapat dilihat pada Gambar 3. Biodiesel optimum sebesar 72,87% diperoleh pada rasio mol (minyak:metanol) 1:12 pada suhu 65 ± 2 °C selama 3 jam. Hal ini dikarenakan jumlah metanol yang berlebih akan melarutkan minyak dan dapat juga meningkatkan pembentukan gliserol maka akan menurunkan laju reaksi.



Gambar 3. Pengaruh variasi rasio mol (minyak:metanol) pada reaksi esterifikasi dalam produksi biodiesel (suhu 65 ± 2 °C selama 3 jam).

Pada penelitian Gapur (2015) dalam sintesis biodiesel melalui reaksi transesterifikasi CPO menggunakan katalis CaO dari cangkang kerang darah kalsinasi 900 °C dengan variasi rasio mol (minyak:metanol) 1:6, 1:9, 1:12 dan 1:15 diperoleh biodiesel maksimum pada variasi mol (minyak:metanol) pada perbandingan 1:9 sebesar 84,89%.

KESIMPULAN

Sintesis lempung Maredan dengan aktivasi H_2SO_4 1 M dan dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam dikarakterisasi dengan *X-ray diffraction* (XRD) dan diperoleh jenis mineral berupa yaitu kaolinit, muskovit dan mineral non lempung yaitu berupa kuarsa. Hasil biodiesel optimum diperoleh pada kondisi berat katalis 3% dan rasio mol (minyak:metanol) 1:12 sebesar 72,87% pada suhu $65 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Nurhayati, M.Sc, selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Bantuan dana dari Dikti melalui LPPM Universitas Riau dengan skim Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) dengan No: 448/UN.19.5.1.3/LT/2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Arita, S., Dara, M.B. dan Irawan, J. 2008. Pembuatan Metil Ester Asam Lemak dari CPO *Off Grade* dengan Metode Esterifikasi- Transesterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 2 (15): 34-43.
- Dewi, T. R. P. S. 2015. Produksi Biodiesel dari CPO dengan Proses Esterifikasi dengan Katalis H_2SO_4 dan Transesterifikasi dengan Katalis CaO dari Cangkang Kerang Darah. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Febrianti, R. 2016. Lempung Teraktifasi Asam Sulfat Sebagai Katalis Esterifikasi *crude palm oil* (CPO). *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.
- Gapur, A. 2015. Sintesis Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi CPO Menggunakan Katalis CaO Dari Cangkang Kerang Darah Kalsinasi $900\text{ }^\circ\text{C}$. *Skripsi*. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Indah. S., T., Summa, M.S.A., dan Sari, A.K. 2011. Katalis Basa Heterogen Campuran CaO dan SrO pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional AVOER ke-3*.
- Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nahlunnisa, H., Ervival, A.M.Z., dan Yanto, S. 2016. Keanekaragaman Spesies Tumbuhan di Areal Nilai Konservasi Tinggi (NKT) Perkebunan Kelapa Sawit Provinsi Riau. *Jurnal Media Konservasi*. 21: 91-98.
- Nurhayati., Mukhtar, A., dan Gapur, A. 2015. Transesterifikasi *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Kalsinasi 900°C . *Jurnal Indonesian Chemia Acta*. 5 (1): 23-29.

- Panda. A. K., B.G. Mishra., D.K. Mishra and R.K. Singh. 2010. Effect Of Sulphuric Acid Treatment On The Physico Chemical Characteristics Of Kaolin Clay. *Jurnal Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspects*. 363:98-104.
- Prihandana, R., Hendroko, R., & Nuramin, M. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Putri, D. K. 2015. Pemanfaatan Lempung Alam Marelan Sebagai Adsorben Asam Lemak Bebas dari *Crude Palm Oil* (CPO): Variasi Suhu dan Kecepatan Pengadukan. *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ramadhas, A. S., Jayaraj, S. and Muraleedharan, C. 2005. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. *fuel*. 84: 335-340.
- Setiowati, R. 2014. Sintesis dan karakterisasi Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Katalis CaO Cangkang Kerang Darah Kalsinasi 900 °C. *JOM FMIPA*. 1(2): 383-388.
- Suirta, I, W. 2009. Preparasi Biodiesel dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit. *Jurnal kimia*. 3(1): 1-6.
- Widjonarko, D.M. 2008. Pengaktifan H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Luas Permukaan dan Keasaman Alofan. *Alchemy*. 2 (2).
- Wulandari, N., Tien, R. M., Slamet, B., dan Sugiono. 2011. Sifat Fisik Minyak Sawit Kasar dan Korelasinya Dengan Atribut Mutu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 22 (2):177-183.
- Zulfikar., Martua, R.P., dan Labaik, G. 2011. Inventarisasi Mineral Non Logam di Kabupaten Siak, Provinsi Riau. *Prosiding Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya Geologi*.