

Sintesis Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) Menggunakan Katalis Lantanum/Lempung; Pengaruh Variasi Logam Lantanum dan Rasio Mol Minyak : Metanol

Ibnu Oktariza¹, Syaiful Bahri², Irdoni²

¹Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan 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 : ibnuoktariza4@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Biodiesel can be made from Alexandrian laurel oil as one of alternative energy replacement for fossil fuels. This aims of this research were determine the effect of lanthanum metal variation and variation in the ratio of oil : methanol against product results biodiesel, to produce biodiesel from Alexandrian laurel oil as alternative fuels renewable energies that can be renewed and identify the characteristics of the physical and chemical properties of biodiesel produced. Catalyst is made by grinding the clay to a size of -100 +200 mesh, then clay was activated using H₂SO₄ solution 1.2 M. The variation of lanthanum metal impregnation on clay are 0%-b, 1%-b, 3%-b, 5%-b, then calcined, oxidation and reduction. Production of biodiesel is carried out through two stage: esterification and trans-esterification with variation in the mole ratio of oil : methanol is 1 : 6, 1 : 9 and 1 : 12. Alexandrian laurel oil sample weight 50 gram and 3% by weight of catalyst added to the to trans-esterification reactor. The reaction lasted at 60 °C with agitation speed 400 rpm for 120 minutes. This research resulted in the largest biodiesel yield on the use of La(1%)/clay catalyst with variation mole ratio of oil : methanol 1 : 9 is 86.90%. The characteristics of the catalyst that has a surface area ratio respectively 2.95, 40.22, 27.59, and 18.48 (m²/g). The Biodiesel produced in accordance with established standards (SNI 04-7128-2016).

Keywords : *biodiesel, Alexandrian laurel oil, lanthanum/clay catalyst*

1. Pendahuluan

Katalis memegang peranan penting dalam industri kimia karena hampir semua produk industri dihasilkan melalui proses yang memanfaatkan jasa katalis, baik dalam salah satu atau beberapa proses di dalamnya. Katalis sangat berperan dalam pengaktifan reaksi yang dapat mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Secara umum katalis digolongkan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen (Santoso dkk, 2016).

Katalis homogen ini mengalami kesulitan pada saat memisahkan dengan produk, sensitif terhadap asam lemak bebas dan air yang terkandung dalam minyak (Agustin, 2007). Katalis homogen dapat digantikan dengan katalis heterogen. Adapun keunggulan katalis heterogen adalah ramah lingkungan, mudah dipisahkan dari produk, dan dapat digunakan berulang kali. Selain itu, katalis heterogen dapat meningkatkan kemurnian hasil karena pemisahan yang

relatif mudah antara katalis dengan campuran reaksinya (Santoso dkk, 2016).

Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai katalis adalah lempung alam di daerah Desa Palas Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru. Pemanfaatan lempung ini yang berpotensi masih di daerah Pekanbaru. Kualitas lempung sebagai katalis dapat ditingkatkan dengan cara mendistribusikan logam transisi seperti lantanum ke dalam lempung. Hal ini bertujuan untuk memperbanyak jumlah sisi aktif katalis sehingga kontak antara reaktan dengan katalis akan semakin besar dan pembentukan produk semakin cepat (Kusmiati, 2015).

Biodiesel merupakan salah energi alternatif yang dapat diperbarui dibandingkan bahan bakar fosil. Dan bila dibandingkan dengan bahan solar, biodiesel bersifat lebih ramah lingkungan, dapat diperbarui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap mesin piston, mampu mengeliminasi efek rumah kaca, dan kontinuitas ketersediaan bahan baku terjamin (Hambali dkk, 2008).

Salah satu sumber daya hayati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak yang berasal dari tanaman nyamplung. Nyamplung merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang tidak memiliki persaingan dalam pangan dan produktivitas biji nyamplung sangat tinggi bervariasi antara 40 - 150 kg/pohon/tahun atau sekitar 20 ton/ha/tahun dan lebih tinggi dibandingkan jenis tanaman lain seperti jarak pagar (5 ton/ha/tahun) dan sawit (6 ton/ha/tahun). Selain itu rendemen minyak nyamplung dari bijinya sekitar >50% (Leksono, 2014).

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu minyak

nyamplung yang berasal dari Koperasi Jarak Lestari Cilacap Jawa Tengah, lempung yang berasal dari Desa Palas Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru, H_2SO_4 (pa *grade*, Merck), H_3PO_4 (*technical grade*, Brataco Chemika), $La_2O_3 \cdot 6H_2O$ (pa *grade*, Merck), gas N_2 , O_2 , H_2 (Aneka Gas), CH_3OH (pa *grade*, Merck), $BaCl_2$ (*techniqal grade*, Brataco Chemika), akuades, $H_2C_2O_4$ (*techniqal grade*, Brataco Chemika), KOH (*techniqal grade*, Brataco Chemika), C_2H_6O (*techniqal grade*, Brataco Chemika), indikator phenol phtaelin.

Sedangkan alat yang digunakan antara lain lumpang porselin, ayakan 100 dan 200 *mesh*, reaktor alas datar ukuran 1 L, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, *oven*, *magnetic stirrer*, *hot plate*, *furnace tube*, timbangan analitik, kerta saring, tabung serta regulator gas N_2 , O_2 , H_2 , kondensor, termometer 100 $^{\circ}C$ dan 200 $^{\circ}C$, piknometer 10 ml, viskometer *ostwald*, gelas kimia 250 ml dan 500 ml, labu ukur 100 ml dan 500 ml, alat titrasi, pipet tetes, buret, erlenmeyer 250 ml, corong pisah 250 ml dan 1000 ml. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, antara lain :

Pembuatan Katalis La/Lempung

Tahap pertama pada pembuatan katalis yaitu, lempung yang sudah membatu ditumbuk dan diayak dengan ukuran ayakan -100+200 *mesh* dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel – partikel yang lolos pada pengayak 100 *mesh* dan tertahan pada pengayak 200 *mesh*.

Selanjutnya dilakukan proses aktivasi lempung. Lempung yang dihasilkan sebanyak 75 gram selanjutnya diaktivasi selama 6 jam pada suhu 50 $^{\circ}C$ dengan penambahan larutan H_2SO_4 1,2 M sebanyak 250 ml sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* pada reaktor alas datar volume 1 liter. Kemudian didiamkan selama 16 jam dan disaring dan dicuci berulang kali dengan menggunakan akuades sampai tidak ada ion SO_4^{2-} berupa endapan putih yang terdeteksi

oleh larutan BaCl_2 . *Cake* dikeringkan pada suhu 110°C selama 4 jam di dalam oven. Proses aktivasi dilakukan dua kali atau lebih sehingga didapatkan lempung setelah aktivasi sebanyak 150 gram atau sesuai kebutuhan.

Tahap selanjutnya dilakukan impregnasi logam La sesuai variasi yang ditentukan yaitu 0%-b (tanpa logam), 1%-b, 3%-b dan 5%-b terhadap lempung. sampel lempung 50 gr yang telah di aktivasi dicampurkan ke dalam 200 ml larutan $\text{La}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* sambil dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 60°C selama 3 jam kemudian disaring. *Cake* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 6 jam. Pada tahap ini, didapat katalis La/lempung sesuai dengan persentase berat logam. Selanjutnya, katalis La/lempung dikalsinasi, oksidasi, dan reduksi. Proses ini diawali dengan memasukkan katalis ke dalam *tube* yang sebelumnya telah diisi dengan *porcelain bead* sebagai *heat carrier* dan diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll* sebagai penyeimbang unggun katalis. Sampel dikalsinasi pada suhu 500°C dengan selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ± 400 ml/menit. Selanjutnya, katalis dioksidasi selama 2 jam dengan suhu 400°C menggunakan gas oksigen sebesar ± 400 ml/menit dan direduksi pada suhu 400°C menggunakan gas hidrogen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam (Kharnofa dkk, 2016).

Proses Pembuatan Biodiesel

Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada proses pembuatan biodiesel yaitu proses *degumming* minyak nyamplung, esterifikasi, transesterifikasi, pemisahan dan pemurnian serta karakterisasi biodiesel yang dihasilkan.

Proses Degumming

Minyak nyamplung ditimbang sebanyak 900 gram kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 80°C sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah itu asam fosfat ditambahkan sebanyak 0,3% dari berat minyak. Suhu minyak dipertahankan selama 15 menit sambil diaduk. Selanjutnya, minyak dimasukkan ke dalam corong pisah 1000 ml ditambahkan air hangat ($50 - 60^\circ\text{C}$) dengan cara penyemprotan lalu didiamkan agar air dengan gum yang terikat turun dan terpisah dari minyak. Setelah itu dilakukan proses penyaringan minyak menggunakan kertas saring. Air yang tersisa dalam minyak dihilangkan dengan cara memanaskan dengan *hot plate* pada suhu 105°C selama 10 menit untuk mengurangi kadar air dalam minyak sampai tidak terdapat gelembung uap air (Sahirman, 2009). Minyak hasil penyaringan di analisa karakteristiknya meliputi densitas, viskositas, kadar air, kadar ALB dan perubahan warna yang terjadi.

Proses Esterifikasi

Minyak nyamplung hasil *degumming* ditimbang sebanyak 120 gram dan dimasukkan ke dalam reaktor esterifikasi. Proses dijalankan dan ditempatkan di atas pemanas untuk menjaga suhu reaksi yaitu 60°C . Setelah suhu reaksi tercapai, metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak : metanol 1 : 6 dan katalis H_2SO_4 sebanyak 1%-b terhadap berat minyak ditambahkan ke dalam reaktor. Proses esterifikasi ini dilakukan selama 120 menit dengan kecepatan 400 rpm dengan alat *magnetic stirrer* (Sahirman, 2009). Semua hasil proses esterifikasi dituangkan ke dalam corong pisah 250 ml lalu didiamkan selama 60 menit hingga sampai terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah dipisahkan dari lapisan atas berupa katalis H_2SO_4 dan metanol sisa dan dilanjutkan ke tahap transesterifikasi.

Proses Transesterifikasi

Produk esterifikasi ditimbang sebanyak 50 gram dan dimasukkan ke dalam reaktor transesterifikasi dan dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yaitu 60 °C. Setelah suhu reaksi tercapai, katalis La/lempung 3%-b terhadap berat minyak dan impregnasi logam La 0%-b (tanpa logam) dan metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol minyak : metanol 1 : 6 ditambahkan ke dalam reaktor dengan reaksi kecepatan 400 rpm. Setelah reaksi berlangsung selama 120 menit, produk transesterifikasi didiamkan dan disaring dengan kertas saring. Endapan berupa katalis dipisahkan dari filtratnya. Filtrat tersebut dilanjutkan ke proses pemisahan dan pemurnian biodiesel. Prosedur yang sama diulangi untuk variasi rasio mol minyak terhadap metanol 1 : 9, 1 : 12 dan variasi impregnasi logam La 1%-b, 3%-b dan 5%-b terhadap lempung.

Proses Pemisahan dan Pemurnian

Filtrat yang telah dipisahkan dari katalis dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 6 jam hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah berupa gliserol dipisahkan dari lapisan atas berupa *crude* biodiesel. *Crude* biodiesel kemudian dimurnikan dengan cara dicuci menggunakan akuades yang telah dipanaskan pada suhu 60 °C (Setiadi, 2015). Kemudian biodiesel dipanaskan pada *hot plate* dengan suhu 105 °C selama 60 menit atau sampai tidak ada gelembung uap air yang terlihat untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses Degumming dan Esterifikasi

Tahapan atau *pre-treatment* sintesis biodiesel yang dilakukan pada penelitian ini adalah *degumming* dan esterifikasi. *Degumming* bertujuan untuk mengurangi pengotor-pengotor yang terdapat di dalam

minyak nyamplung seperti fosfatida, lipoprotein, residu, air, dan resin. Pemilihan asam fosfat pada proses *degumming* agar terjadi proses koagulasi dan flokulasi sehingga memungkinkan partikel pengotor dapat mengendap karena adanya tumbukkan antar flok yang terjadi dengan bantuan pengadukan. Minyak nyamplung hasil proses *degumming* ditentukan karakteristiknya meliputi densitas, viskositas, kadar air, kadar asam lemak bebas dan perubahan warna. Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan setelah proses *degumming* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Karakterisasi Minyak Nyamplung

Karakteristik	Satuan	Sebelum <i>degumming</i>	Setelah <i>degumming</i>
Densitas	kg/m ³	887	884
Viskositas	mm ² /s	7,97	7,92
Kadar air	%	4,91	3,49
Kadar ALB	%	24,44	22,69
Warna	-	Hijau kehitaman	Coklat kemerahan

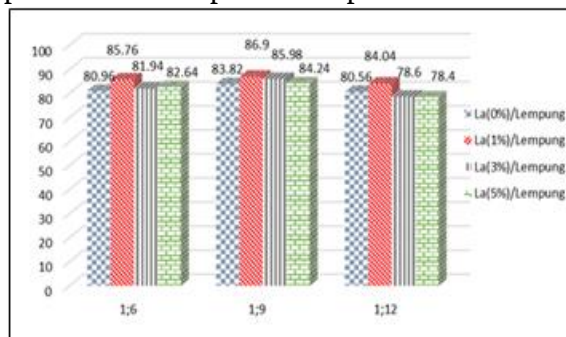
Tabel 3.1 menunjukkan minyak nyamplung setelah *degumming* yang mengalami perubahan mencolok yaitu dari warnanya dari hijau kehitaman menjadi coklat kemerahan. Hal ini disebabkan karena hilangnya zat warna alami (pigmen) yang dominan seperti klorofil pada minyak tersebut. Di samping klorofil, minyak nyamplung mengandung pigmen karotenoid sehingga pada waktu pigmen klorofil mengalami kerusakan saat proses *degumming*, pigmen karotenoid menjadi dominan dan menyebabkan minyak nyamplung berwarna coklat kemerahan (Sahirman, 2009).

Kadar ALB setelah *degumming* yang memang tinggi yaitu 22,69% maka diperlukan proses esterifikasi terlebih dahulu. Dan kadar ALB produk dari hasil reaksi esterifikasi penelitian ini yaitu 1,72%

dan sudah memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke reaksi transesterifikasi.

Pengaruh Variasi Rasio Mol Reaktan Terhadap Perolehan Yield Biodiesel

Secara stoikiometri, jumlah mol metanol yang dibutuhkan untuk reaksi transesterifikasi adalah satu mol trigliserida dan tiga mol metanol untuk memperoleh tiga mol metil ester (biodiesel) dan satu mol gliserol (Knothe dkk, 2005). Semakin banyak jumlah metanol yang digunakan, maka *yield* biodiesel yang diperoleh juga akan semakin bertambah karena reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang bersifat *reversible* sehingga untuk mendorong reaksi ke arah kanan (produk) dibutuhkan metanol dalam jumlah berlebih (Armalita dkk, 2015). Pengaruh variasi rasio mol reaktan terhadap perolehan *yield* biodiesel hasil reaksi transesterifikasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Pengaruh Rasio Mol Reaktan Terhadap Perolehan *Yield* Biodiesel.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.1 menunjukkan adanya pengaruh rasio mol minyak : metanol terhadap perolehan *yield* biodiesel berupa metil ester dari proses transesterifikasi.

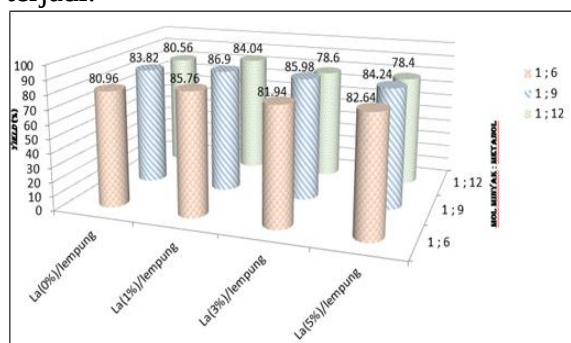
Peningkatan rasio mol minyak : metanol dari 1 : 6 ke 1 : 9 akan meningkatkan *yield* biodiesel. Hal ini karena semakin banyaknya trigliserida terkonversi membentuk metil ester setelah bereaksi

dengan metanol dan akan mencapai kondisi optimum.

Namun peningkatan rasio mol reaktan ke 1 : 12 mengalami penurunan *yield* biodiesel. *Yield* tertinggi biodiesel penelitian ini terdapat pada katalis La(1%)/lempung yang sama, rasio mol reaktan 1 : 6 adalah 85,76%, dan dengan rasio mol reaktan 1 : 9 adalah 86,9%, sedangkan rasio mol reaktan 1 : 12 yaitu 84,04%. Menurut Devitria dkk (2013) menyatakan bahwa penggunaan perbandingan mol yang lebih tinggi antara alkohol dan minyak menyebabkan proses pemisahan gliserol semakin sulit, karena terjadi peningkatan kelarutan gliserol di dalam alkohol yang digunakan.

Pengaruh Variasi Impregnasi Logam La pada Lempung Terhadap Perolehan Yield Biodiesel

Logam lantanum sebagai komponen aktif diimbaskan ke lempung untuk meningkatkan kinerja dari katalis. Kinerja katalis yang baik akan menghasilkan produk tertinggi dari kondisi optimum reaksi yang terjadi.



Gambar 3.2 Pengaruh Variasi Impregnasi Logam La pada Lempung Terhadap Perolehan *Yield* Biodiesel.

Gambar 3.2 menunjukkan variasi impregnasi logam lantanum pada lempung dapat mempengaruhi hasil dari *yield* biodiesel. Pada rasio mol minyak : metanol 1 : 9 yang sama, La(0%)/lempung menghasilkan *yield* biodiesel 83,82%,

La(1%) memiliki *yield* 86,9%. Terjadinya peningkatan *yield* ini karena logam lantanum dapat memperluas permukaan aktif dari katalis digunakan. Logam lantanum yang sebagai komponen aktif menyediakan situs aktif sebagai tempat terjadinya reaksi. Sehingga akan semakin banyaknya molekul – molekul reaktan yang saling ketemu dan tumbukan menyebabkan lebih cepat dan optimum reaksi dengan terbentuknya produk yang diinginkan.

La(3%)/lempung dan La(5%)/lempung mengalami penurunan *yield* biodiesel dari La(1%)/lempung. *Yield* biodiesel La(3%)/lempung sebesar 85,98% dan La(5%)/lempung sebesar 84,24%. Penurunan *yield* biodiesel ini disebabkan dari logam lantanum yang kurang terdistribusi merata di permukaan katalis. Di lihat dari hasil analisa BET katalis juga terjadi penurunan luas permukaan katalis

Tabel 3.2 Analisa Luas Permukaan Katalis

No	Katalis	Luas Permukaan (m ² /gr)
1.	Lempung Aktivasi H ₂ SO ₄ 1,2 M	2,95
2.	La (1%)/Lempung	40,22
3.	La (3%)/Lempung	27,59
4.	La (5%)/Lempung	18,48

Tabel 3.2 menunjukkan penurunan luas permukaan pada La(1%)/lempung ke La(5%)/lempung. Hal ini disebabkan logam lantanum yang diimbakan tidak merata terdistribusi ke permukaan lempung sehingga terjadi penumpukan logam di permukaan. Penurunan luas permukaan katalis mengakibatkan sisi aktif katalis menurun (Savitri dkk, 2016).

Karakterisasi Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan di uji karakterisasinya untuk mengetahui apakah biodiesel yang didapat pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu biodiesel di Indonesia (SNI 04-7128-2006).

Karakterisasi biodiesel yang diuji meliputi densitas (ASTM D 1298), viskositas kinematik (ASTM D445), bilangan asam (AOCS Cd 3d-63) dan titik nyala (ASTM D 93). Perbandingan hasil karakterisasi biodiesel penelitian ini dengan SNI 04-7128-2006 dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Hasil Karakterisasi Biodiesel

Paramter	SNI (04-7128-2006)	Hasil Penelitian
Densitas (kg/m ³)	850 - 890	870
Viskositas (mm ² /s)	2,3 – 6,0	3,83
Bilangan asam (mg KOH/g sampel)	Maks. 0,80	0,67
Titik nyala (°C)	Min. 100	142

4. Kesimpulan

Sintesis biodiesel dari minyak nyamplung dengan menggunakan katalis La/lempung menghasilkan biodiesel yang dapat digunakan sebagai energi alternatif. Katalis La(1%)/lempung lebih baik digunakan untuk membuat biodiesel dari minyak nyamplung dan memiliki luas permukaan yang tinggi yaitu 40,22 m²/gr dari La(0%)/lempung, La(3%)/lempung, La(5%)/lempung yaitu berturut - turut yaitu 2,95 m²/gr, 27,59 m²/gr dan 18,48 m²/gr. Perlakuan rasio mol minyak : metanol dan variasi impregnasi logam lantanum memberikan pengaruh terhadap perolehan *yield* biodiesel. Katalis La(1%)/lempung dengan rasio mol minyak : metanol 1 : 9 menghasilkan *yield* tertinggi yaitu 86,90%.

Daftar Pustaka

Agustin, Y. 2007. Pengembangan Monmorilonite Sebagai Katalis Sintesis Biodiesel Melalui Esterifikasi Palm Fatty Acid Distillate. Tesis. Institut Teknologi Bandung.

- Armalita, R. D., S. Bahri, dan Yusnimar. 2015. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Bintaro dengan Reaksi Transesterifikasi dan Katalis Lempung. *JOM FTEKNIK* 2 (2).
- Devitria, R., Nurhayati, dan S. Anita. 2013. Sintesis Biodiesel dengan Katalis Heterogen Lempung Cengar yang Diaktivasi dengan NaOH: Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Molar Minyak : Metanol. *Jurnal Ind. Che. Acta* 3(2).
- Hambali, E., S. Mujdalipah., A. H. Tambuna., A. W. Pattibairi, dan R. Hendroko. 2008. *Teknologi Bionergi*. Cetakan Kedua. AgroMedia Pustaka. Jakarta.
- Kharnofa, T., S. Bahri, dan Yusnimar. 2016. Produksi Biodiesel dari Minyak Nyamplung dengan Katalis Ni/Lempung. *JOM FTEKNIK* 3.
- Knothe, G., J. Krahel, dan J. V. Gerpen. 2005. *The Biodiesel Handbook*. AOCS Press. United States of America.
- Kusmiati, L. 2015. Pirolisis Kulit Kayu Pinus (*Pinus mercuri*) Menjadi Bio-Oil Menggunakan Katalis Ni/Lempung. *Skripsi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Leksono, B. 2014. *Budidaya Tanaman Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) untuk Bioenergi dan Prospek Pemanfaatan Lainnya*. IPB Press. Jakarta.
- Sahirman. 2009. Perancangan Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Santoso, H., H. M. Ingrid., E. Christiana., S. Arvina., M. P. Paru., T. Santosa., Albert, dan Fitriah. 2016. Pembuatan Katalis Asam Heterogen dengan Metode Karbonisasi Hidrotermal Satu Tahap. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Universitas Katolik Parahyangan.
- Savitri., A. S. Nugraha, dan I. Aziz. 2016. Pembuatan Katalis Asam (Ni/ γ - Al_2O_3) dan Katalis Basa (Mg/ γ - Al_2O_3) untuk Aplikasi Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia* 2(1): 1-10.
- Setiadi, F. 2015. Kajian Minyak Biji Picung sebagai Bahan Baku Alternatif Pembuatan Biodiesel dengan Katalis Al_2O_3 dalam Mewujudkan Green energy and Technology. *Skripsi*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau. Pekanbaru.
- Standar Nasional Indonesia 04-7182-2006. 2006 *Biodiesel*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.