



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN  
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654  
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



## **Kajian Penggunaan Katalis Koh pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan *Reverse Flow Biodiesel Reactor Secara Batch***

**Furqon<sup>1\*)</sup>, Arief Kelik Nugroho<sup>2)</sup>, Muhammad Kholid Anshorulloh<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

\*Email : [furqon.8@gmail.com](mailto:furqon.8@gmail.com)

### **Abstrak**

Biodiesel terbuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi. Salah satu faktor untuk memudahkan transesterifikasi adalah penggunaan katalis dalam proses reaksinya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan konsentrasi katalis KOH (0,1%; 0,3%; 0,5%) pada suhu reaksi 45°C dengan menggunakan *reverse flow biodiesel reactor* secara *batch*. Percobaan pada setiap konsentrasi dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Variabel yang diukur dalam penelitian ini meliputi kualitas biodiesel yang dihasilkan yang terdiri dari: kadar metil ester, angka penyabunan, angka asam, dan gliserol total. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan angka asam, gliserol total pada konsentrasi KOH 0,5% dan angka penyabunan metil ester (biodiesel) memenuhi syarat SNI biodiesel. Kadar metil ester pada masing-masing konsentrasi katalis KOH didapatkan berturut-turut adalah 96,6%, 96,6%, dan 97,5% sehingga memenuhi yang dipersyaratkan dalam SNI-04-7182-2015 yaitu sebesar 96,5%.

**Kata Kunci** : Biodiesel; KOH; angka asam; angka penyabunan; reaktor

## **Study of Using KOH Catalyst on Biodiesel Production Using Reverse Flow Biodiesel Batch Reactor**

**Furqon<sup>1\*)</sup>, Arief Kelik Nugroho<sup>2)</sup>, Muhammad Kholid Anshorulloh<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

\*Email : [furqon.8@gmail.com](mailto:furqon.8@gmail.com)

### Abstract

*Biodiesel is made from vegetable oil through a transesterification process. Presence of catalyst is one of factor to succeed the transesterification process. The purpose of this study was to determine the effect of KOH catalyst concentration (0.1%; 0.3%; 0.5%) with reaction temperature 45<sup>0</sup>C by using reverse flow biodiesel batch reactor. Experiments at each concentration were carried out 3 times. The variables measured in this study include the resulting biodiesel quality which consist of: methyl ester content, saponification number, acid number, and total glycerol. Obtained data were then analyzed with descriptive analysis. The results showed the acid number, total glycerol at 0.5% KOH concentration and saponification number fulfilled the SNI biodiesel requirements. Methyl ester contents at each KOH catalyst concentration were obtained 96.6%, 96.6%, and 97.5% respectively, so that it fulfills what is required in SNI-04-7182-2015 which is equal to 96.5%.*

**Keywords :** *Biodiesel; KOH; acid number; sapification; reactor*

### PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan ester minyak nabati dan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti diesel (Rahman, *et al.*, 2010). Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, berkelanjutan dan bahan bakar yang didapatkan dari sumber minyak nabati atau lemak hewani melalui proses transesterifikasi (Adebayo, *et al.*, 2011) Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel antara lain kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, tebu dan beberapa jenis tumbuhan lainnya. Beberapa bahan baku tersebut di Indonesia yang punya prospek terbesar untuk diolah menjadi biodiesel adalah kelapa sawit (Rahayu, 2007).

Transesterifikasi atau alkoholisis mampu mengkonversi minyak nabati atau lemak hewani menjadi biodiesel. Dua transesterifikasi yang berkembang menggunakan katalis kimia atau katalis biologi (Al Basir *et al.*, 2015; Berchmans *et al.*, 2013; Ataya *et al.*, 2007; dan Ma *et al.*, 1999). Katalis yang paling umum digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH karena memiliki kemampuan katalisator yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis lainnya (Simboro, 2010).

Katalis adalah suatu senyawa kimia yang menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Dalam penurunan energi aktivasi ini, maka energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukkan berkurang sehingga terjadinya reaksi berjalan cepat (Nasikin dan Susanto, 2010).

Hasil penelitian Oktaningrum (2010) menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi KOH untuk pembuatan biodiesel bungkil wijen dengan variasi konsentrasi katalis KOH 3% mempunyai rendemen, angka asam dan kadar metil ester paling baik yaitu 12,98%, 0,60 mg KOH/g biodiesel, dan 99,48%. Sedangkan massa jenis, viskositas kinematik, angka penyabunan, dan gliserol total tidak lebih baik jika dibandingkan dengan konsentrasi katalis KOH yang lain (2% dan 4%), meskipun

nilainya memenuhi syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006. Oleh sebab itu, perlu dikaji bagaimana pengaruh penggunaan katalis KOH pada pembuatan biodiesel menggunakan *reverse flow biodiesel reactor* secara *batch* dengan konsentrasi KOH yang berbeda-beda yaitu 0,1%; 0,3%; 0,5% dengan suhu 45°C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan konsentrasi katalis KOH (0,1%; 0,3%; 0,5%) pada suhu reaksi (45°C) dengan menggunakan *reverse flow biodiesel reactor* secara *batch*.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sistem Termal dan Energi Terbarukan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman pada bulan Januari sampai Juli 2018.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Reverse Flow Biodiesel Reactor*, termostat REX-C100FK02, termokopel tipe T, termokopel tipe K, termometer air raksa, *hybrid recorder*, GC-MS serta peralatan Bengkel.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: minyak goreng kelapa sawit, metanol teknis dan katalis homogen KOH PA (pro analysis). Bahan penunjang adalah akuades.

Peralatan penunjang yang digunakan antara lain: gelas ukur 250 ml (ketelitian  $\pm 1$  ml), gelas ukur 500 ml (ketelitian  $\pm 1$  ml), gelas ukur 50 ml (ketelitian  $\pm 1$  ml), labu reaksi, tabung Erlenmeyer, timbangan digital, corong pemisah, corong, pH meter, evaporator, botol sampel 120 ml, dan peralatan bengkel. Peralatan keamanan berupa masker, sarung tangan, dan kacamata laboratorium.

### Metode

Eksperimental pada sistem produksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem *batch*, dimana bahan (minyak, metanol dan katalis) dimasukkan seluruhnya sebelum proses dijalankan. Minyak dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai temperatur yang diinginkan. Sedangkan, katalis (KOH) dilarutkan ke dalam metanol untuk menghasilkan larutan metoksida (campuran metanol dan katalis) sebelum dimasukkan ke dalam alat yang telah berisi minyak yang telah dipanaskan sesuai suhu target, kemudian proses dijalankan.

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan kajian pengurangan pemakaian KOH. Dengan demikian perlu dibuat suatu kondisi demi tercapainya tujuan tersebut. Kondisi-kondisi tersebut meliputi suhu proses (45 °C), mol rasio (1:6 mol minyak:mol metanol), persentase KOH (0,3%; 0,4%; dan 0,5% massa KOH/massa minyak) dan waktu pemutaran bahan 30 menit.

Semua sampel dianalisis di laboratorium pengujian dengan metode titrasi maka akan mendapatkan angka asam, angka penyabunan dan gliserol total. Dimana, angka

asam merupakan miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam bebas di dalam satu 1 gram contoh biodiesel, angka penyabunan adalah banyak miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu 1 gram contoh biodiesel, dan gliserol total adalah jumlah gliserol bebas dan terikat di dalam sampel (gliserol bebas adalah gliserol yang terdapat dalam sampel dan gliserol terikat adalah gliserol dalam bentuk mono, di, dan trigliserida di dalam sampel). Dari ketiga parameter analisa tersebut, maka nilai metil ester dalam sampel biodiesel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan empiris:

$$\text{Kadar ester (\%massa)} = \frac{100(A_s - A_a - 18,27G_{ttl})}{A_s}$$

dengan pengertian:

- $A_s$  : angka penyabunan yang ditentukan dengan metoda AOCS Cd 3-25, mg KOH/g biodiesel
- $A_a$  : angka asam yang ditentukan dengan metoda AOCS Cd 3-63, mg KOH/g biodiesel.
- $G_{ttl}$  : kadar gliserol total dalam biodiesel yang ditentukan dengan metoda Ca 14-56, %-massa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kondisi Umum Penelitian

Penelitian ini menggunakan Minyak goreng yang memiliki *free fatty acid* (FFA) < 3%. Menurut Pandey *et al.* (2011), kadar FFA yang terlalu besar dapat mengakibatkan reaksi saponifikasi dengan katalis. Alat untuk mereaksikan yang digunakan adalah *reverse flow biodiesel reactor* dengan pengaturan suhu 45<sup>0</sup>C dan waktu 30 menit. Katalis yang digunakan adalah KOH dengan konsentrasi yang berbeda-beda yaitu 0,1%; 0,3% dan 0,5%. Percobaan pada setiap konsentrasi dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

Menurut Fahma *et al.* (2012), katalis KOH digunakan karena KOH memiliki energi ionisasi yang lebih kecil dari NaOH sehingga lebih cepat untuk membentuk suatu produk apabila digunakan sebagai katalis.

Konsentrasi katalis yang umum digunakan adalah 0,5% - 4% dari berat minyak, konsentrasi tersebut sering dipakai dalam skala industri karena dapat mempercepat reaksi transesterifikasi (Mittelbach dan Remschit, 2004). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi katalis KOH konsentrasi 0,1%; 0,3% dan 0,5% terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan dan dibandingkan dengan syarat SNI-04-7182-2015.

Produksi dilakukan pada pengaturan yang telah ditetapkan dalam metode menggunakan *reverse flow biodiesel reactor*. Menurut Darmawan (2004), apabila katalis KOH ditambahkan dalam metanol, maka terbentuk basa K metanolat yang

merupakan molekul transisi nukleofil yang efektif untuk mengubah trigliserida menjadi campuran metil esternya.

### B. Angka Asam

Angka asam merupakan ukuran dari jumlah asam lemak bebas, serta dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak (Ketaren, 1986).

Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap angka asam biodiesel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Angka Asam Biodiesel dengan Variasi Konsentrasi Katalis KOH

Konsentrasi KOH (%)	Angka Asam Biodiesel (mg KOH/g biodiesel)
0,1	0,22
0,3	0,31
0,5	0,44

Dilihat dari Tabel. 1, angka asam pada masing-masing konsentrasi menunjukkan peningkatan. Menurut Abdullah *et al.* (2010), semakin tinggi konsentrasi katalis yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai angka asam yang dihasilkan. Hal ini disebabkan apabila jumlah katalis yang ditambahkan terlalu banyak pada proses transesterifikasi akan terbentuk sabun dan pada proses pencucian sabun menyebabkan terbentuk emulsi metil ester dan air, sehingga sulit dipisahkan. Pendapat tersebut diperkuat dengan penelitian Sarwono *et al.* (2017), berdasarkan penelitiannya pengaruh konsentrasi massa katalis KOH terhadap nilai angka asam terdapat kecenderungan meningkatnya nilai angka asam pada konsentrasi massa katalis KOH 1,15% yaitu sebesar 0,3859 mg KOH/g menjadi 0,450 mg KOH/g pada konsentrasi massa katalis KOH 1,25%, tetapi pada konsentrasi massa katalis KOH 1,35% didapatkan nilai angka asam yang sama seperti perlakuan pada konsentrasi massa katalis KOH 1,25% yaitu 0,450 mg KOH/g.

Angka asam yang tinggi menunjukkan terbentuknya asam lemak bebas yang besar dari hidrolisis minyak (Sudarmaji *et al.*, (2003). Minyak atau lemak akan diubah menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol dalam reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis dapat terjadi karena terdapatnya sejumlah air dalam minyak atau lemak sehingga dapat mengakibatkan kerusakan minyak atau lemak. Penggunaan konsentrasi katalis KOH dan suhu reaksi yang tinggi juga menyebabkan minyak terhidrolisis sehingga angka asam biodiesel tinggi (Ketaren, 1986). Menurut Khaidir dan Syahputra (2015), faktor lain yaitu tingginya nilai angka asam menandakan metil ester tidak tahan lama disimpan, sebab senyawa peroksida yang menjadi produk samping proses transesterifikasi pada reaksi oksidasi dapat menyerang asam lemak lain yang masih utuh, sehingga akan terbentuk asam lemak bebas rantai pendek yang lebih banyak.

syarat mutu biodiesel pada SNI-04-7182-2015 nilai angka asam maksimal 0,5 mg KOH/gr sehingga ketiga sampel tersebut telah memenuhi syarat.

### C. Angka Penyabunan

Angka penyabunan dapat mengindikasikan bahan baku yang hilang selama proses pembuatan metil ester (Oktaningrum, 2010). Semakin besar angka penyabunan maka asam lemak akan semakin kecil dan kualitas minyak akan semakin bagus, sebaliknya jika angka penyabunan kecil maka asam lemak besar dan kualitas menurun (Wijayanti, 2012).

Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap angka penyabunan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Angka Penyabunan Biodiesel dengan Variasi Konsentrasi Katalis KOH

Konsentrasi KOH (%)	Angka Penyabunan Biodiesel (mg KOH/g biodiesel)
0,1	171,07
0,3	172,52
0,5	166,62

Tabel. 2 menunjukkan Angka penyabunan terendah terjadi pada konsentrasi katalis KOH 0,5% dan tertinggi pada konsentrasi katalis KOH 0,3%. Seharusnya semakin tinggi konsentrasi katalis maka akan semakin tinggi angka penyabunan. Hal ini terjadi karena katalis yang semakin tinggi, akan semakin banyak metil ester yang terbentuk, sehingga akan semakin banyak pula jumlah metil ester yang dapat tersabunkan (Oktaningrum, 2010).

Pendapat tersebut diperkuat dengan hasil penelitian Wicakso (2011), berdasarkan hasil penelitiannya pada suhu 40°C dengan katalis 3%; 4%; dan 5 % secara berturut-turut menghasilkan angka penyabunan sebesar 3,366; 14,586; 42,636 dan Suhu 60°C sebesar 7,854; 20,196 dan 40,3920 serta 70 °C sebesar 31,4160; 44,8800 dan 45,4410. Namun pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa angka penyabunan mengalami fluktuasi. Hal ini karena karena masih adanya kandungan air dan asam lemak bebas sisa dari reaksi esterifikasi, sehingga jika digunakan sebagai bahan baku pada reaksi transesterifikasi yang berkatalis basa, maka asam lemak akan berinteraksi dengan katalis membentuk sabun melalui reaksi safonifikasi (penyabunan), sehingga efektifitas katalis akan menurun (Wicakso, 2011).

Menurut Naomi *et al.* (2013), Faktor lain yang menyebabkan fluktuasinya angka penyabunan adalah proses pengadukan yang tidak sempurna, pada saat proses pengadukan akan terjadi tumbukkan antar reaktan sehingga energi aktivasi reaksi tercapai dengan cepat. Seperti yang terjadi pada hasil penelitian Wicakso (2011), berdasarkan hasil penelitiannya pada suhu 50°C dengan katalis 3%; 4%; dan 5 % secara

berturut-turut menghasilkan angka penyabunan sebesar sebesar 33,660; 15,708 dan 24,684.

#### D. Gliserol Total

Gliserol total adalah jumlah gliserol yang terkandung pada biodiesel termasuk bebas, gliserol yang tidak bereaksi maupun yang beraksi sebagian. Kandungan gliserol total yang rendah mengindikasikan konversi yang tinggi pada reaksi minyak menjadi metil ester (Budiman *et.al.*, (2018).

Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap angka penyabunan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Gliserol Total Biodiesel dengan Variasi Konsentrasi Katalis KOH

Konsentrasi KOH (%)	Gliserol Total Biodiesel (%)
0,1	0,3
0,3	0,3
0,5	0,2

Menurut Prihanto *et al.* (2013), Tingginya gliserol total dalam produk biodiesel disebabkan kurang sempurnanya proses pemurnian serta kurangnya sempurnanya proses transesterifikasi. Gliserol total yang tinggi menunjukkan masih banyak minyak yang belum dapat dikonversi menjadi metil ester dari suatu proses transesterifikasi. Tingginya gliserol total juga dapat menunjukkan rendahnya kemurnian biodiesel.

Penggunaan konsentrasi katalis KOH dan suhu reaksi yang tinggi juga menyebabkan minyak terhidrolisis yang akhirnya menyebabkan kadar gliserol total yang tinggi (Oktaningrum, 2010).

#### E. Kadar Metil Ester

Persentase jumlah metil ester yang terbentuk dalam proses pembuatan biodiesel dapat ditentukan dengan perhitungan setelah diketahui bilangan penyabunan, bilangan asam, dan kadar gliserol total biodiesel (BSN, 2006). Bilangan penyabunan adalah mg KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 g (AOCS 1993). Nilai ini menunjukkan proporsi asam lemak yang terikat dengan gliserol, metil ester, atau asam lemak bebas. Nilai bilangan penyabunan bergantung pada panjang atau pendeknya rantai karbon asam lemak atau dapat dikatakan bergantung pada bobot molekul (Poedjiadi, 1994). Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap kadar metil ester biodiesel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar Metil Ester Biodiesel dengan Variasi Konsentrasi Katalis KOH

Konsentrasi KOH (%)	Kadar Metil Ester Biodiesel (%)
0,1	96,6
0,3	96,6
0,5	97,5

Tabel 4 menampilkan kadar metil ester biodiesel paling tinggi terjadi pada konsentrasi katalis 0,5% sesuai dengan penelitian Zuliya dan Hikmah (2010), reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5-1,5% minyak nabati. Jumlah katalis yang efektif untuk reaksi adalah 0,5% minyak nabati untuk natrium metoksida dan 1% minyak nabati untuk natrium hidroksida. Kadar metil ester biodiesel pada masing-masing konsentrasi katalis KOH telah memenuhi syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2015, yaitu kadar metil ester biodiesel minimal 96,5%. Hasil tersebut membuktikan bahwa pemberian katalis 0,1%; 0,3% dan 0,5% dari berat minyak tetap memenuhi syarat SNI-04-7182-2015.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Kajian Penggunaan Katalis KOH pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan *Reverse Flow Biodiesel Reactor* secara *Batch* adalah sebagai berikut :

1. Angka asam pada konsentrasi 0,1% yaitu sebesar 0,22 mg KOH/g menjadi 0,31 mg KOH/g pada konsentrasi 0,3% dan pada konsentrasi 0,5% menjadi 0,44 mg KOH/g.
2. Angka penyabunan terendah terjadi pada konsentrasi katalis KOH 0,5% sebesar 166,62 mg KOH/g dan tertinggi pada konsentrasi katalis KOH 0,3% sebesar 172,52 mg KOH/g.
3. Gliserol total dengan konsentrasi KOH 0,5% memenuhi syarat SNI-04-7182-2015
4. Kadar metil ester pada semua konsentrasi katalis KOH sesuai SNI 04-7182-2015.

## Ucapan Terima kasih

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat melalui penelitian skim Riset Peningkatan Kompetensi tahun 2018.

## REFERENCES

- Abdullah, J., J.D. Jaya dan Rodiansono. (2010). Optimasi Jumlah Katalis KOH dan NaOH pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Kopolarat. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*. 4(1):79-89.
- Adebayo, G. B., O. M. Ameen, dan L.T. MAbaas,. (2011). Physicochemical properties of biodiesel produced from *Jatropha curcas* oil and fossil diesel. *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*. 1 (1): 12–16.
- Al Basir, F., S. Datta, dan P.K. Roy. (2015). Studies on biodiesel production from *Jatropha curcas* oil using chemical and biochemical methods—a mathematical approach. *Fuel*. 158: 503–511.
- Ataya, F., M.A. Dub'e, dan M. Ternan. (2007). Acid-catalyzed transesterification of canola oil to biodiesel under single and two-phase reaction conditions. *Energy and Fuels* 21(4): 2450–2459.
- Badan Standar Nasional (BSN). (2015). SNI 04-7128:2015. *SNI Biodiesel*. Badan Standar Nasional. Jakarta.
- Berchmans, H. J., K. Morishita, dan T. Takarada. (2013). Kinetic study of hydroxide-catalyzed methanolysis of *Jatropha curcas*-waste food oil mixture for biodiesel production. *Fuel*. 104.(46–52).
- Darmawan, I. (2004). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Menggunakan Pereaksi Metanol dan Katalis KOH dan Penentuan Viskositasnya. *Skripsi*. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta.
- Fahma R., L. H. Poedji dan D. L. Catur. (2012). Pengaruh Variasi Konsentrasi Katalis KOH pada Pembuatan Metil Ester dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia catappa Linn*). *Jurnal Penelitian Sains*. Jurusan Kimia. Universitas Sriwijaya. 15:2-74.
- Ketaren, S. (1986). *Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Khaidir, N. dan D. Syahputra. (2015). Pengolahan Ampas Kelapa dalam menjadi Biodiesel pada Beberapa Variasi Konsentrasi Katalis Kalium Hidroksida (KOH). *Jurnal Samudra*. 9(2):10-15.
- Ma, F., L. D. Clements, and M. A. Hanna. (1999). The effect of mixing on transesterification of beef tallow. *Bioresource Technology* 69(3): 289–293.
- Mittlebach, M. and C. Remschmidt. (2004). *Biodiesel The Comprehensive Handbook*. Boersdruck Ges. M. bH. Vienna.
- Naomi, P., A. M. L. Gaol dan M.Y. Toha. (2013). Pembuatan Sabun Lunak dari Minyak Goreng Bekas Ditinjau dari Kinetika Reaksi Kimia. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(2):42-48.
- Nasikin, M. dan B. H. Susanto. (2010). *Katalis Heterogen*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Oktaningrum, G. N. (2010). Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH Dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi *In Situ* Bungkil Wijen (*Sesame Cake*) Terhadap Produksi Biodiesel. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Pandey, A., C. Arroche., C. Riche. dan E. Gnansounou. (2011). *Biofuels*. Academic Press. United States.
- Prihanto, A., B. Pramudono dan H.Santosa. (2013). Peningkatan Yield Biodisel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Jurnal Momentum*. 9(2):46-53.
- Poedjiadi, A. (1994). *Dasar-dasar Biokimiawi*. UI Press. Jakarta.
- Rahayu, M. (2007). *Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak*. Badan Penelitian dan Pengembangan. Jakarta.
- Rahman, K. M., Mashud, M., Roknuzzaman, M., dan Al Galib, A. (2010). Biodiesel from jatropha oil as an alternative fuel for diesel engine. *International Journal of Mechanical and Mechanics Engineering* 10(3): 1–6.
- Sarwono, E., N. Erzha dan B.N. Widarti. (2017). Pengolahan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L*) Menggunakan Katalis KOH. *Jurnal Penelitian Sains*. 1(1):38-39
- Simboro, J. (2010). Pengaruh Lama Reaksi Terhadap Perubahan Karakteristik Biodiesel Turunan Minyak Kacang Tanah dengan Menggunakan Katalis CaO dan Cosolvent Eter. *Tesis*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sudarmadji., S. Bambang. H. dan Suhadi. (2003). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Tremblay, A. Y., M. A. Dube and J. Liu. (2008). Biodiesel Production Using a Membrane Reactor. *J. Bioresource Technology*. 98(3):639-647.
- Wicakso, D. R. (2010). Sintesis Biodiesel dari Crude Palm Oil Dengan Katalis Alumina Hasil Recovery Limbah Padat Lumpur Pdam Intan Banjar. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*. 12(1):21-29.
- Wijayanti, H., H. Nora dan R. Amelia. (2012). Pemanfaatan Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknik Konversi*.1(1):27-33.