

PEMANFAATAN BIJI NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L*) SEBAGAI BAHAN BAKU BIODIESEL DENGAN VARIASI SUHU DAN WAHTU PADA PROSES TRANSESTERIFIKASI

USING NYAMPLUNG SEED (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM L*) AS BIODIESEL AT VARIOUS TEMPERATURE AND TIME IN TRANSESTERIFICATION PROCESS

Oleh: Sinta Trisnawati & Ir. Endang Dwi Siswani, M.T.
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
e-mail: sintatrisnawati31@gmail.com & endang_ds@uny.ac.id

ABSTRAK

Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui rendemen biodiesel, karakter biodiesel yang dihasilkan meliputi spektra IR, massa jenis, viskositas, bilangan asam, kadar air, dan kalor pembakaran, serta kesesuaian karakter biodiesel menurut SNI 7182:2015. Metode yang dilakukan yaitu mereaksikan minyak nyamplung dengan metanol dan KOH pada suhu 45, 55, 65°C selama 60, dan 120 menit, perbandingan minyak:metanol 1:12 b/b. Rendemen biodiesel yang dihasilkan berkisar antara 65,15 sd 71,7%. Karakterisasi hasil sintesis memberikan nilai massa jenis biodiesel B_B, B_C, B_E, B_F sesuai dengan SNI yaitu 888,07; 887,12; 889,14; dan 887,87 kg/m³. Pada viskositas yang memenuhi standar yaitu pada biodiesel B_F yaitu 4,676 cSt. Bilangan asam semua biodiesel telah memenuhi standar yang ditetapkan. Untuk kadar air pada biodiesel B_B, B_C, B_E, B_F telah memenuhi standar yaitu 0,004; 0,022; 0,003; dan 0,003%-volume. Untuk kalor pembakaran semua biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi standar yang ditetapkan. Gugus fungsi yang terkandung didalam biodiesel adalah C=O, C-O ester, ester asam lemak, C-H dan metilen.

Kata kunci : lama pengadukan, minyak biji nyamplung, minyak biodiesel, suhu, transesterifikasi

ABSTRACT

The aims of this research were to determine of remdemen biodiesel, the caracter of biodiesel produced include: spectra infra red, density, viscosity, acid value, water content, heat of combustion, and suitability of biodiesel character according to SNI 7182:2015. The methode used is reacting oil nyamplung with methanol and KOH at 45, 55, 65°C for 60, and 120 minutes, with the ratio of oil:methanol are 1:12 w/w. The yield of biodiesel produce ranged between 65.15 until 71.7%. Characterized of synthesis result gives the density of biodiesel B_B, B_C, B_E, B_F suitable with SNI that is 888.07, 887.12, 889.14, and 887.87 kg/m³. On the viscosity that suitable with standars are biodiesel B_F that is 4,676 cSt. While the acid value all of biodiesel are suitable with standars. For the water content off biodiesel B_B, B_C, B_E, B_F has met the standars of 0.004, 0.022, 0.003, and 0.003%-vulome. And for heat of combustion all of biodiesel produced does not suitable with spesified standars. Functional group of biodiesel are C=O, C-O ester, fatty acid esters, C-H and methylene.

Keywords: time of proces, nyamplung seed oil, biodiesel oil, temperature, transesterification

PENDAHULUAN

Energi dan minyak bumi adalah kebutuhan terpenting bagi kehidupan manusia. Sebagian besar energi yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Berjalannya waktu ketersediaan sumber daya alam akan habis apabila terus digunakan,

sedangkan permintaan akan energi semakin banyak, hal ini diiringi dengan bertambahnya jumlah penduduk dan bertambahnya jumlah kendaraan yang menggunakan bahan bakar minyak bumi.

Menurut data DESM data tertinggi pemakaian minyak bumi ada pada minyak solar yaitu sekitar 25.204,12 pada tahun 2006 yang

digunakan sebagai bahan bakar transportasi dan sektor industri [1]. Untuk mengantisipasi permasalahan energi nasional melalui PP No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional telah ditetapkan beberapa sasaran untuk memenuhi energi nasional pada tahun 2025, bahwa porsi minyak bumi dikurangi menjadi 20%. Sementara porsi sumber energi lain harus diperbesar. Untuk mengatasi kelangkaan minyak bumi maka harus dilakukan usaha dalam mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan untuk digunakan dimassa yang akan datang dengan jumlahnya cukup banyak, seperti saat ini sudah banyaknya tentang pembuatan bahan bakar dari bahan nabati yaitu biodiesel [2].

Biodiesel adalah senyawa metil-ester hasil dari proses esterifikasi atau transesterifikasi minyak nabati atau lemak hewani [3]. Biodiesel memiliki banyak kelebihan yaitu ramah lingkungan, dapat diperbaharui [4], tidak [5], angka setana biodiesel lebih tinggi daripada solar [6]. Husin, menyatakan sumber minyak nabati yang dimanfaatkan sebagai biodiesel antara lain minyak goreng, minyak jarak, minyak nyamplung, dan biji bunga matahari.

Pada penelitian ini menggunakan biji nyamplung sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel. Biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L*) mengandung 75% minyak dan 71% asam lemak tidak jenuh [7], sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pembuatan biodiesel biasanya berlangsung melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan bantuan

katalis, katalis yang biasa digunakan adalah NaOH dan KOH [8]. Katalis KOH paling banyak digunakan untuk reaksi transesterifikasi karena performa katalisnya lebih bagus dan bersifat *recovery* [7]. Faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi antara lain: rasio molar antara trigliserida dan alkohol, suhu reaksi, lama pengadukan, kandungan air, dan kandungan asam lemak bebas [9].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendemen, karakteristik biodiesel yang meliputi analisis spektra IR, massa jenis, viskositas, bilangan asam, kadar air, dan kalor pembakaran, serta kesesuaian karakteristik biodiesel dibanding SNI 7182:2015.

METODE PENELITIAN

Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum L*). Dan objeknya adalah biodiesel dari hasil transesterifikasi minyak biji nyamplung.

Prosedur

Biji nyamplung (*calophyllum inophyllum L*) dipres menggunakan mesin pres hidrolik. Proses selanjutnya yaitu penyaringan dan pengujian kadar asam lemak bebas (FFA) dan diuji karakternya yaitu spektroskopi IR. Kemudian proses *degumming* dengan cara memanaskan minyak dengan larutan H_3PO_4 pada suhu $50^\circ C$ selama 1 jam. Selanjutnya proses erterifikasi yaitu memanaskan minyak setelah *degumming* dengan H_2SO_4 (18M) dan metanol pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam.

Pembuatan biodiesel ini melalui reaksi transesterifikasi yaitu memanaskan minyak nyamplung setelah esterifikasi dengan metanol

dan KOH pada gelas beker yang bertutup dan ditempatkan di atas *hote plate stirrer*. Diambil rasio mol metanol:minyak adalah 1:12. Proses ini dilakukan dengan variasi suhu 45, 55, dan 65°C serta waktu pengadukan selama 60 dan 120 menit. Untuk membedakan minyak biji nyamplung dengan biodiesel yang dihasilkan, dilakukan analisis spektra IR. Biodiesel yang dihasilkan diuji menggunakan parameter yang meliputi: massa jenis, viskositas, bilangan asam, kadar air, dan kalor pembakaran.

Teknik Analisis Data

1. Penentuan FFA dan kadar asam (AV)

$$FFA = \frac{V_{KOH} \times N_{KOH} \times BM_{As\ Oleat}}{Massa\ Biodiesel \times 1000} \times 100\%$$

$$AV = \frac{V_{KOH} \times N_{KOH} \times BM_{KOH}}{Massa\ Biodiesel} \times 100\%$$

2. Penentuan rendemen

$$Rendemen = \frac{Massa\ Biodiesel}{Massa\ Minyak} \times 100\%$$

3. Penentuan massa jenis

$$Massa\ jenis\ (\rho) = \frac{(M_x - M_o)}{V_{pikno}}$$

$$\rho = \rho' + 0,0007 (T^\circ C - 25^\circ C)$$

4. Penentuan viskositas

$$\eta_b = \frac{\eta_w \times \rho_b \times t_b}{\rho_w \times t_w}$$

5. Penentuan kadar air

$$Air = \frac{Massa\ awal - Massa\ akhir}{Massa\ awal} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Minyak Biji Nyamplung

Minyak biji nyamplung hasil pengepresan berwarna hijau kehitaman. Kadar asam lemak bebas (FFA) minyak biji nyamplung setelah press sebesar 27,6215%. Menurut Hambali, kadar FFA untuk bisa dilakukan proses transesterifikasi yaitu <2%, sehingga perlu dilakukan reaksi esterifikasi

untuk menurunkan kadar asam lemak bebasnya. Akan tetapi proses *degumming* dilakukan terlebih dahulu untuk menghilangkan getah dalam minyak. FFA yang diperoleh setelah *degumming* sebesar 20,0489%. Pada reaksi esterifikasi menggunakan metanol yang berlebih untuk menghasilkan ester yang lebih banyak. Pada penelitian ini dilakukan dua kali reaksi esterifikasi. FFA ester 1 yang diperoleh sebesar 4,8563% dan pada ester 2 sebesar 1,4536%. Gugus fungsi yang terdapat dalam minyak biji nyamplung yaitu gugus karbonil C=O, C-O ester yang merupakan karakteristik minyak, C-H alifatik, gugus alkil, metil dan metilen.

2. Karakteristik Biodiesel

Biodiesel biji nyamplung pada umumnya dihasilkan dari reaksi transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis asam atau basa seperti KOH. Pembuatan biodiesel dengan variasi suhu dan waktu yang berbeda akan menghasilkan biodiesel biji nyamplung yang berbeda.

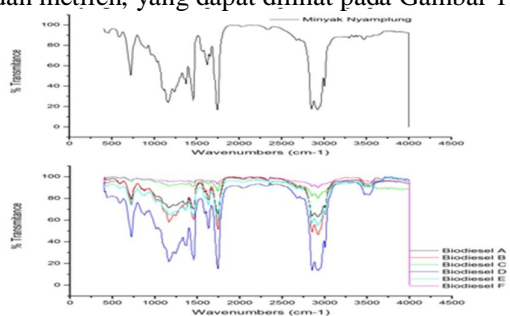
a. Rendemen Biodiesel

Dari hasil penelitian didapatkan rendemen biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F secara berturut-turut sebesar 69,5; 69,75; 71,7; 54; 65,15; dan 66,5%. Suhu reaksi transesterifikasi akan mempengaruhi jumlah rendemen biodiesel yang dihasilkan yaitu semakin tinggi suhu maka gerakan molekul semakin cepat dan mengakibatkan meningkatnya biodiesel yang dihasilkan. Selain itu waktu transesterifikasi juga mempengaruhi hasil biodiesel yaitu semakin lama proses

transesterifikasi berlangsung, yield biodiesel yang dihasilkan semakin meningkat [10].

b. Analisis Spektroskopi IR Biodiesel

Analisis spektroskopi IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional suatu molekul senyawa organik tertentu [11]. Pada minyak biji nyamplung dan hasil sintesis keenam biodiesel tersebut memiliki spektrum biodiesel dan gugus fungsi yang tidak jauh berbeda (identik) yaitu C=O karbonil ester, C-O ester, C-H alifatik, CH₃ metil, gugus alkil dan metilen, yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Spektrum IR Minyak Biji Nyamplung dan Biodiesel

Pada spektrum biodiesel terlihat puncak-puncak yang lebih tajam daripada spektrum minyak. Perbedaan spektrum tersebut menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi ini telah mengubah minyak biodiesel yang diperkuat oleh adanya senyawa ester.

c. Massa Jenis

Massa jenis dapat menunjukkan perbandingan berat per satuan volume [12]. Jika biodiesel memiliki massa jenis melebihi ketentuan, akan terjadi reaksi yang tidak sempurna pada konversi minyak nabati. Biodiesel dengan mutu tersebut tidak seharusnya digunakan untuk mesin diesel karena menyebabkan keausan mesin, emisi, dan kerusakan mesin [5].

Hasil sintesis biodiesel minyak nyamplung diperoleh massa jenis biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F berturut-turut sebesar 891,88; 888,07; 887,12; 894,48; 889,14; dan 887,87 kg/m³ yang dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan massa jenis yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi. Didalam SNI 7182:2015 tentang biodiesel menunjukkan nilai massa jenis biodiesel pada 40°C antara 850-890 kg/m³. Hasil pengujian untuk biodiesel B_B, B_C, B_E, dan B_F sudah memenuhi spesifikasi SNI 7182:2015. Untuk biodiesel B_A, B_D belum memenuhi standar yang ditentukan, hal ini dimungkinkan karena biodiesel masih mengandung pengotor. Apabila akan digunakan maka harus dicampurkan dengan bahan bakar solar untuk mendapatkan massa jenis yang lebih rendah

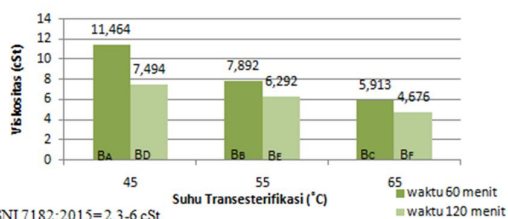
Gambar 2. Hubungan Massa Jenis dengan Suhu Transesterifikasi

d. Viskositas

Viskositas merupakan suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan dari suatu bahan cair untuk mengalir. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka gerakan molekul pengadukan akan semakin cepat sehingga viskositas yang diperoleh semakin menurun [10]. Viskositas yang relatif rendah

mempunyai kualitas bahan bakar yang baik karena bahan bakar mudah mengalir [12].

Hasil sintesis biodiesel minyak nyamplung diperoleh viskositas biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F berturut-turut sebesar 11,464; 7,892; 5,913; 7,949; 6,292; dan 4,676 cSt yang dapat dilihat pada gambar 3. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan viskositas yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi. Didalam SNI 7182:2015 tentang biodiesel menunjukkan nilai viskositas biodiesel pada 40°C antara 2,3-6 cSt.



Gambar 3. Hubungan Viskositas dengan Suhu Transesterifikasi

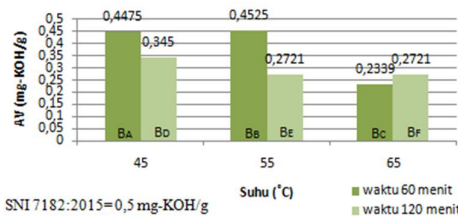
Hasil pengujian untuk biodiesel B_F sudah memenuhi standar SNI 7182:2015. Sedangkan untuk biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, dan B_E belum memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Biodiesel dengan viskositas tinggi, maka akan mengakibatkan terganggunya pembakaran dalam mesin karena biodiesel sulit untuk dipompa kedalam ruang bakar mesin dan sulit untuk teratomisasi. Tingginya viskositas tersebut disebabkan karena adanya ikatan hidrogen selain asam karboksilat [13]. Untuk mendapatkan viskositas yang lebih rendah maka perlu dicampur dengan bahan bakar solar sebelum digunakan pada mesin diesel.

e. Bilangan Asam

Bilangan asam merupakan jumlah basa yang dibutuhkan untuk membebaskan asam

lemak bebas dari 1 gram minyak atau lemak [5]. bilangan asam yang terlalu tinggi tidak diperbolehkan, karena pada suhu yang tinggi asam lemak bebas dapat bereaksi dengan logam, sehingga mempercepat kerusakan pada mesin diesel.

Hasil sintesis biodiesel minyak nyamplung diperoleh bilangan asam biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F berturut-turut sebesar 0,4475; 0,4525; 0,2339; 0,3450; 0,2721; 0,2721 mg-KOH/g yang dapat dilihat pada Gambar 4.



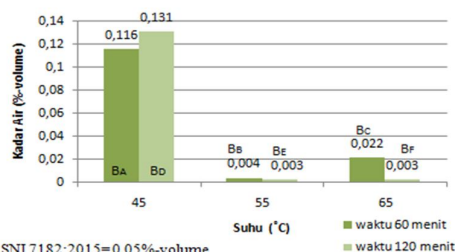
Gambar 4. Hubungan Bilangan Asam dan Suhu Transesterifikasi

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan bilangan asam yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi. Didalam SNI 7182:2015 tentang biodiesel menunjukkan nilai angka asam biodiesel maksimal 0,5 mg-KOH/g. Sehingga biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F telah memenuhi spesifikasi SNI 7182:2015.

f. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu tolak ukur kualitas mutu biodiesel. Kandungan air yang tinggi dalam biodiesel akan menyebabkan hidrolisis sehingga menaikkan kadar asam lemak bebas dan mengakibatkan reaksi penyabunan. Selain itu keberadaan air tersebut menyebabkan kemampuan untuk membentuk panas pembakaran dalam suatu mesin tidak optimal atau menurun [11].

Hasil sintesis biodiesel minyak nyamplung diperoleh kadar air biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F secara berturut-turut sebesar 0,116; 0,004; 0,022; 0,131; 0,003; 0,003% yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Kadar Air dengan Suhu Transesterifikasi

Berdasarkan hasil sintesis biodiesel minyak nyamplung menunjukkan adanya perbedaan nilai kadar air yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi. Nilai kadar air yang ditunjukkan dalam SNI 7182:2015 tentang biodiesel maksimum 0,05%-volume. Sehingga pada biodiesel B_B, B_C, B_E, B_F telah memenuhi spesifikasi SNI 7182:2015. Namun pada biodiesel B_A dan B_D belum memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Biodiesel dengan kandungan air yang tinggi disebabkan karena belum maksimalnya pada proses *drying*. Selain itu kandungan air akan bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena dapat membentuk asam sehingga memberi ruang untuk mikroba tumbuh dan menjadi pengotor bagi biodiesel

g. Kalor Pembakaran

Nilai kalor adalah angka yang menyatakan jumlah yang dihasilkan suatu bahan bakar saat mengalami pembakaran dengan udara atau oksigen. Nilai kalori diperlukan sebagai dasar perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan

mesin pada periode tertentu [3]. Hasil kalor pembakaran biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F secara berturut-turut sebesar 9333,949; 9569,198; 9186,262; 9280,051; 9070,293; 9206,958 kal/g dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Hubungan Kalor Pembakaran dengan Suhu Transesterifikasi

Berdasarkan hasil sintesis biodiesel minyak nyamplung menunjukkan adanya perbedaan nilai kalor pembakaran yang dipengaruhi oleh suhu dan waktu reaksi transesterifikasi Standar nilai kalori bahan bakar minyak berkisar antara 10.160-11.000 Kkal/kg [3]. Sehingga keenam biodiesel tersebut masih belum memenuhi standar bahan bakar minyak yang sudah ditetapkan. Tingginya nilai kalor bakar ini disebabkan karena didalam biodiesel yang diperoleh masih mengandung *impurities* (pengotor). Apabila biodiesel minyak biji nyamplung ini akan dipergunakan sebagai bahan bakar, perlu pencampuran dengan solar agar diperoleh kalor pembakaran yang lebih rendah.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Rendemen biodiesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F yang diperoleh berturut turut sebesar 69,5; 69,75; 71,7; 54; 65,15; dan 66,5%.

Karakter biodesel B_A, B_B, B_C, B_D, B_E, B_F yang dihasilkan meliputi: massa jenis berturut-turut sebesar 891,88; 888,07; 887,12;

894,48; 889,14; dan 887,87 kg/m³, viskositas berturut-turut sebesar 11,464; 7,892; 5,913; 7,949; 6,292; dan 4,676 cSt, bilangan asam berturut-turut sebesar 0,4475; 0,4525; 0,2339; 0,3450; 0,2721; dan 0,2721 mg-KOH/g, kadar air berturut-turut sebesar 0,116; 0,004; 0,022; 0,131; 0,003; dan 0,003%. Spektrum IR yang terdapat dalam minyak biji nyamplung dan biodiesel adalah mirip, dan gugus fungsi yang terkandung didalamnya yaitu C=O, C-O ester, C-H alifatik, dan ester asam lemak, metil, dan metilen.

Kesesuaian biodiesel dibanding SNI 7182:2015 terdapat pada bilangan asam untuk keenam biodiesel. Untuk massa jenis dengan kadar air biodiesel B_A dan B_D belum memenuhi SNI. Sedangkan pada viskositas yang sesuai dengan SNI yaitu biodiesel B_F. Dan biodiesel untuk kalor bakar belum sesuai dengan SNI 7182:2015.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lagi tentang rasio molar trigliserida dengan metanol dan katalis yang digunakan untuk memperoleh karakteristik yang sesuai dengan SNI khususnya viskositas dan kalor pembakaran. Kemudian perlunya uji karakterisasi untuk parameter yang terdapat dalam SNI selain yang dilakukan peneliti diatas. Dan memisahkan biodiesel dengan gliserol sebaiknya menggunakan metode khjedahl.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tim Penulis BRDST. (2008). *Membangun Pabrik Biodiesel Skala Kecil*. Jakarta: Penebar Swadaya
- [2]. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
- [3]. Wardan, S., Zainal, A. (2013). *Bahan Bakar dan Pelumas*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UNY.
- [4]. Havendri, Adly. (2008). Kaji Eksperimental Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Biodiesel Minyak Jarak (*Jatropha Curcas L*) dengan Solar. *Jurnal Fakultas Teknik*, 29(1) Thn. XV ISSN: 0854-8471: 65-72.
- [5]. Dewajani, H. (2008). Potensi Minyak Kapuk Randu (*Ceiba Pentrandra*) sebagai Bahan Baku Biodiesel. Politeknik Negeri Semarang.
- [6]. Ratna Dewi Kusumaningtyas dan Achmad Bachtiar. (2012). Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Karet dengan Variasi Suhu dan Konsentrasi KOH untuk Tahapan Transesterifikasi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2), 9–18.
- [7]. Budiman, A., Kusumaningtyas, R. D., Pradana, Y. S., & Lestari, N. A. (2014). *Biodiesel*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- [8]. Husin, H., Hasfita, F., & Rinaldi, W., and Zuhra. (2015). Preparasi Katalis Abu Kulit Kerang Untuk Transesterifikasi Minyak Nyamplung Menjadi Biodiesel. *Jurnal Agritech*, 35(1): 69–77.
- [9]. Siswani, E.D., Kristianingrum, S., dan Tohari. (2015). Synthesis of Biodiesel from Kapuk Seed Oil (*Ceiba Pentandra L*) at Variation Strirring in Transesterification Process. *Jurnal Sains Dasar*, 4(2), 186–189.
- [10]. Wahyuni, S., & Mahrizal, R. (2015). Pengaruh Suhu Proses dan Lama Pengendapan Terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jlantah. *Pillar of Physics*, 6, 33–40.
- [11]. Hardjono, Sastrohamidjojo. (2009). *Kimia Organik: Stereokimia, Karbohidrat, Lemak dan Protein*. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.
- [12]. Prihanto, A., Pramudono, B., & Santosa, H. (2013). Peningkatan Yield Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Jurnal Momentum*, 9(2), 46–53.
- [13]. Hendra, D. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Biji Kemiri Sunan. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(1): 37–45.

- [14].Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A. H., dkk. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT Agro Media Pustaka.
- [15].Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Biodiesel*. Jakarta: BSN SNI 7182:2015.