



Sintesis Metil Ester Nitrat dari Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.)

¹Amal Astam, ²Laily Nurliana, ³La Ode Kadidae

^{1,2,3}Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Halu Oleo, Kampus Bumi Tri Dharma, Kendari, Indonesia

email: laylinurliana@gmail.com

Article History

Received: October 2019

Revised: November 2019

Published: December 2019

Abstract

Research on the synthesis of methyl ester nitrate from nyamplung seed oil (*Calophyllum inophyllum* L.). The aims of study are to determine the nitrate methyl ester can be synthesized from nyamplung seed oil determine the yield of the transesterification and nitration reaction from nyamplung seed oil. In this study nyamplung seed oil was obtained from pressing nyamplung seeds using a hydraulic press, then the crude oil obtained was subsequently degumming to remove gum. Free oil of the etherified gum then transesterification with methanol. The transesterification results are then titrated and produce nitric methyl esters. Characterization of nitric methyl ester by spectrophotometer IR shows functional groups C-ONO₂, C=C dan C-NO₂ at wave number 1635,64 cm⁻¹ 1550,77 cm⁻¹ dan 1365, 60 cm⁻¹. The yield of transesterification of nyamplung oil was 64.66% and the nitration yield was 10.6%.

Keywords: *Calophyllum inophyllum* L., Methyl ester, Nitration.

Sejarah Artikel

Diterima: Oktober 2019

Direvisi: November 2019

Dipublikasi: Desember 2019

Abstrak

Telah dilakukan penelitian sintesis metil ester nitrat dari minyak biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui untuk mengetahui metil ester nitrat dapat disintesis dari minyak biji nyamplung dan mengetahui hasil-hasil dari reaksi transesterifikasi dan nitrasasi dari minyak biji nyamplung. Pada penelitian ini minyak biji nyamplung diperoleh dari pengepresan biji nyamplung menggunakan alat press hidrolik, kemudian minyak mentah yang diperoleh selanjutnya di degumming untuk menghilangkan gum. Minyak yang bebas gum diesterifikasi kemudian dilakukan transesterifikasi dengan metanol. Hasil transesterifikasi kemudian dinitrasi dan menghasilkan metil ester nitrat. Karakterisasi metil ester nitrat dengan menggunakan spektrofotometer IR menunjukkan, C-ONO₂, C=C dan C-NO₂ pada bilangan gelombang 1635,64 cm⁻¹ 1550,77 cm⁻¹ dan 1365, 60 cm⁻¹. Porsen hasil transesterifikasi minyak nyamplung sebesar 64,66 % dan hasil nitrasinya sebesar 10,6%.

Kata kunci: *Calophyllum inophyllum* L Metil Ester, Nitrasasi.

PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari minyak bumi masih mendominasi penggunaan sumber energi utama di Indonesia (Putra & Sungkono, 2012). Kualitas minyak mentah dunia semakin mengalami penurunan yang ditandai dengan peningkatan densitas, kadar sulfur, kandungan karbon, fraksi residu, serta penurunan persentase fraksi ringan,

angka setana (Stratiev dkk., 2010). Kadar sulfur yang tinggi akan menyebabkan korosi karena terbentuknya asam yang dihasilkan dari oksida sulfur dan air pada keadaan dingin atau basah. Peningkatan fraksi karbon residu dapat menurunkan kualitas minyak karena tidak terjadi pembakaran sempurna yaitu tidak menghasilkan CO₂ dan H₂O (Rufaida, 2012).

Salah satu parameter penting dalam penentuan kualitas BBM jenis minyak diesel (solar) adalah angka setana (*cetane number*). Minyak diesel berkualitas rendah ditunjukkan oleh angka setana yang kurang dari 48. Bahan bakar solar di Indonesia khususnya yang bersubsidi mempunyai angka setana 47 (Aufar & Hendra, 2017). Sedangkan solar bersubsidi tersebut yang banyak dipakai oleh sebagian besar kalangan masyarakat Indonesia. Oleh karena itu peningkatan kualitas solar dengan pendekatan meningkatkan nilai angka setana perlu dilakukan dengan penambahan suatu zat aditif.

Zat aditif adalah suatu senyawa yang ditambahkan dalam sejumlah volume kecil pada bahan tertentu, termasuk bahan bakar sejenis solar untuk meningkatkan nilai angka setana. Salah satu contoh zat aditif sintesis yang telah diproduksi secara komersil adalah *Ethyl Hexyl Nitrate* (EHN). Nasikin (2003) menyatakan bahwa kelemahan dari EHN adalah bahan dasar yang digunakan untuk mensintesis senyawa tersebut berasal bahan yang tak terbarukan yaitu minyak bumi, selain itu juga harganya relatif mahal karena jalur sintesisnya yang cukup panjang (Nasikin, 2003). Oleh karena itu diperlukan alternatif sumber bahan baku lain untuk sintesis aditif solar dari minyak nabati dengan cara menitrasi metil ester atau biodiesel. Salah satunya adalah dari minyak nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) (Cahyono dan Siti, 2014).

Tanaman nyamplung termasuk kedalam family *Clusiaceae* dan tumbuh di daerah berpasir seperti pesisir pantai. Kandungan asam lemak pada minyak nyamplung tersusun dari asam lemak jenuh seperti asam palmitat dan asam stearat dan asam lemak tak jenuh seperti asam palmitoleat, asam oleat dan asam linoleat (Muhammad, dkk., 2014). Pada umumnya proses isolasi minyak nyamplung dari biji menggunakan metode *pressing* dan dilanjutkan dengan *degumming* untuk menghilangkan *gum* (Sibirian dkk., 2014). Minyak mentah nyamplung mempunyai kandungan asam lemak bebas (ALB) yang tinggi yaitu sekitar 26,23 % (Musta, dkk., 2017). Oleh karena itu reaksi esterifikasi menjadi penting untuk dilakukan, seperti pada penelitian. Arita dkk., (2008) melakukan reaksi esterifikasi terlebih dahulu terhadap minyak kelapa sebelum dilakukan reaksi transesterifikasi hingga kadar asam lemak bebas (ALB) kurang dari 5%. Proses selanjutnya adalah nitrasi. Nitrasi adalah suatu proses kimia yang bertujuan memasukkan gugus nitro kedalam senyawa. Jika senyawa metil ester nitrat dicampur dengan solar maka terdapat penambahan atom oksigen pada solar sehingga proses pembakaran pada solar dapat terjadi sempurna. Oleh karena itu senyawa-senyawa hasil nitrasi tersebut bisa diasumsikan sebagai aditif pada bahan bakar solar (Cahyono & Siti 2014). Berdasarkan manfaat aditif solar untuk meningkatkan angka setana dari bahan alam yang terbarukan dibandingkan dengan bahan aditif sintesis dari minyak bumi, maka perlu dilakukan penelitian tentang sintesis aditif solar dari metil ester minyak biji nyamplung.

METODE

1. Pengambilan Sampel Buah Nyamplung

Sampel buah nyamplung yang akan digunakan pada penelitian ini diperoleh dari Desa Siompu, Kecamatan Siompu, Kabupaten Buton Selatan, Sulawesi Tenggara.

2. Preparasi Minyak Nyamplung (*Callophyllum inophyllum L.*)

a. Proses pengeringan biji nyamplung

Buah nyamplung yang diperoleh dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian dipisahkan dari biji dan tempurung buahnya. Biji nyamplung dipotong-potong menjadi

ukuran yang lebih kecil dan dijemur kembali dibawah sinar matahari (Muderawan & Ni Ketut, 2016).

b. Proses Pengepresan

Biji nyamplung yang telah kering dihaluskan dengan menggunakan mesin penghalus. Serbuk biji nyamplung dipress dengan menggunakan alat press sampai keluar minyak kotor. Selanjutnya, minyak kotor yang dihasilkan disaring dengan kertas saring (Mustadkk., 2017).

3. Degumming

Larutan H₃PO₄ 20% dipipet sebanyak 0,4 mL lalu dimasukkan dalam gelas beker 500 mL yang telah berisi 200 mL minyak nyamplung. Hasil pengepresan yang telah disaring kemudian larutan dipanaskan pada suhu 80°C selama 20 menit sambil diaduk, didinginkan, didiamkan selama satu hari, lalu disaring dengan kertas saring. Selanjutnya, filtrat yang diperoleh ditambahkan NaOH sebanyak 1,6 mL dan didiamkan lagi selama satu hari, lalu disaring kembali dan dihasilkan minyak nyamplung hasil *degumming* (Alamsyah & Lubis, 2012).

4. Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas (ALB)

Minyak hasil *degumming* sebanyak 2 g ditambahkan 20 mL metanol kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan indikator *phenolphthalein* 2-3 tetes dan dititrasi dengan KOH 0,1 N. Perubahan warna dari bening menjadi merah muda menandakan tercapainya titik ekuivalen. Jumlah KOH yang diperlukan hingga terjadi perubahan warna tersebut dijadikan acuan untuk menentukan kadar asam lemak bebas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ ALB} = \frac{\text{mL KOH} \times \text{M KOH} \times \text{BM Minyak}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

Keterangan :

- ALB = Asam lemak bebas
- mL KOH = Volume KOH yang digunakan dalam mL
- M KOH = KOH yang digunakan dalam molar
- BM = Berat molekul

5. Esterifikasi Minyak Nyamplung

Proses esterifikasi dilakukan dengan mereaksikan 150 mL minyak hasil *degumming* dengan 105 mL metanol dengan adanya katalis H₂SO₄ sebanyak 1,5 mL. Minyak hasil *degumming* ditambahkan dengan metanol dan asam sulfat dan direfluks pada suhu 60°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama satu jam. Campuran hasil reaksi didinginkan kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam hingga membentuk dua fasa. Fasa atas adalah campuran metanol sisa dan katalis sedangkan fasa bawah berupa minyak, selanjutnya minyak tersebut dicuci dengan akuades sampai pHnya netral (Arita, 2008).

6. Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan dengan mereaksikan 125 mL minyak hasil esterifikasi dengan 31,55 mL metanol, KOH sebanyak 1,1 gram sebagai katalis. Minyak hasil esterifikasi ditambahkan dengan metanol dan KOH dan direfluks pada suhu 60°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama satu jam. Selanjutnya, reaksi dihentikan lalu didinginkan, kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam hingga membentuk dua fasa. Fasa atas berupa metil ester dan fasa bawah berupa gliserol, selanjutnya fasa atas diambil kemudian dicuci dengan akuades sampai pHnya netral, setelah dicuci kemudian dilanjutkan dengan pemanasan (pada suhu 105°C) untuk menghilangkan sisa air yang masih tercampur ke dalam metil ester (Aufar & Hendra, 2017).

7. Nitrasi

Sebanyak 2,5 mL asam nitrat direaksikan dengan 7,5 mL asam sulfat dalam gelas beker 500 mL. Asam sulfat dan asam nitrat yang telah dicampurkan dimasukkan ke dalam labu leher dua 500 mL kemudian metil ester sebanyak 16,5 mL ditambahkan kedalam larutan asam nitrat dan asam sulfat tetes demi tetes, larutan direfluks selama 4 jam disertai pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Hasil nitrasi dimasukkan kedalam 30 mL air sambil diaduk kemudian dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan beberapa saat sampai terbentuk dua fasa dimana fasa atas berupa metil ester nitrat dan fasa bawah berupa sisa air dan asam (Canoira *et al*, 2007 & Abdullah dkk., 2010).

8. Identifikasi dengan Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Komposisi senyawa penyusun metil ester (ME) dan hasil sintesis metil ester nitrat (MEN) minyak nyamplung diidentifikasi dengan spektrofotometer FTIR (merk IR Buck M500 Scientific) dengan panjang gelombang 4000-400 cm^{-1} dengan spesifikasi kondisi alat, yaitu Scan : 32 det/scan, resolusi : 4 dan tekanan : 80 Torr. Selanjutnya dilakukan interpretasi data spektrum IR yang diperoleh dengan cara membandingkan serapan-serapan gugus fungsi pada spektrum IR sampel dengan bilangan gelombang literatur atau pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Minyak Biji Nyamplung

Proses awal yang dilakukan untuk mendapatkan minyak biji nyamplung yaitu buah nyamplung yang sudah kering dipisahkan kulit luarnya untuk diambil bagian dalam yang biasa disebut dengan kernel. Selanjutnya dilakukan proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari. Tujuannya yaitu untuk mengurangi kadar air yang ada didalam minyak. Selain itu, pengurangan kadar air dalam minyak ini juga akan mempermudah proses pengepresan biji nyamplung agar diperoleh minyak yang lebih optimal dan biji nyamplung kering yang dihasilkan (Musta dkk., 2017). Proses pengepresan dilakukan dengan menggunakan alat pres hidrolik berkekuatan 20 ton.

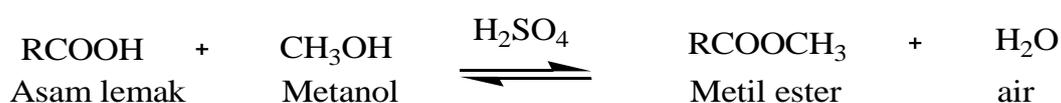
B. *Degumming*

Minyak biji nyamplung yang diperoleh melalui proses pengepresan masih banyak mengandung berbagai zat pengotor. Proses *degumming* dilakukan pada suhu 80°C dengan mereaksikan asam fosfat (H_3PO_4) 85% selama 20 menit, lalu didiamkan selama 24 jam (Leksono dkk., 2012), Selama pendiaman akan terbentuk senyawa fosfatida yang mudah dipisahkan dari minyak. Endapan yang terbentuk menunjukkan bahwa asam fosfat telah mengikat zat pengotor dalam minyak. Endapan fosfatida yang terbentuk dipisahkan menggunakan kertas saring. Minyak hasil penyaringan direaksikan lagi dengan KOH sebanyak 0,8% dari berat minyak selama 20 menit pada suhu 80°C (Nurhayati, 2014). Penambahan KOH bertujuan untuk mengendapkan atau mengikat zat-zat pengotor lain yang tidak diikat oleh asam fosfat. Secara visual minyak biji nyamplung sebelum proses *degumming* berwarna hijau kehitaman, kental dan beraroma khas minyak biji nyamplung. Setelah proses *degumming*, minyak nyamplung berwarna kuning kecoklatan dan lebih jernih. Perubahan warna minyak biji nyamplung dari warna hijau kehitaman menjadi kuning kemerahan disebabkan oleh pigmen warna dominan pada minyak yaitu klorofil mengalami kerusakan selama proses *degumming* (Alamsyah & Lubis, 2012).

Tahap selanjutnya yaitu penentuan kadar asam lemak bebas (ALB) dalam minyak. Jika kandungan ALB kurang dari 5% maka proses pembuatan metil ester dapat melalui tahap transesterifikasi saja, namun jika kandungan asam lemak bebas lebih dari 5% maka pembuatan metil ester melalui dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi (Hasahatan, 2012). Hasil analisis kadar ALB minyak biji nyamplung sebagai bahan baku pada penelitian ini yaitu sebesar 26,23%.

C. Esterifikasi

Reaksi esterifikasi yaitu reaksi antara asam lemak bebas (ALB) dengan alkohol membentuk ester dan air, dimana reaksi yang terjadi adalah reaksi kesetimbangan. Menurut Hasahatan, dkk (2012), esterifikasi merupakan proses pendahuluan untuk mengurangi kadar ALB dalam minyak nabati. Kadar asam lemak bebas minyak biji nyamplung yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan metil ester dalam penelitian ini yaitu sebesar 26,23%. Karena kadar asam lemak bebasnya cukup tinggi, sehingga sangat penting untuk dilakukan tahap esterifikasi terlebih dahulu untuk menurunkan kadar asam lemak bebas tersebut. Menurut Hendra dkk (2014) penggunaan methanol dengan nisbah molar 20:1 terhadap ALB ini dinilai paling efektif untuk esterifikasi ALB. Jumlah pelarut methanol dibuat berlebih agar kesetimbangan bergeser kekanan (arah produk). Selain itu, tujuan penggunaan methanol berlebih adalah penyerap air yang merupakan hasil samping dari eaksi esterifikasi tersebut, sehingga tidak menghalangi jalannya reaksi untuk mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester (Hikmah & Zuliyana, 2010).

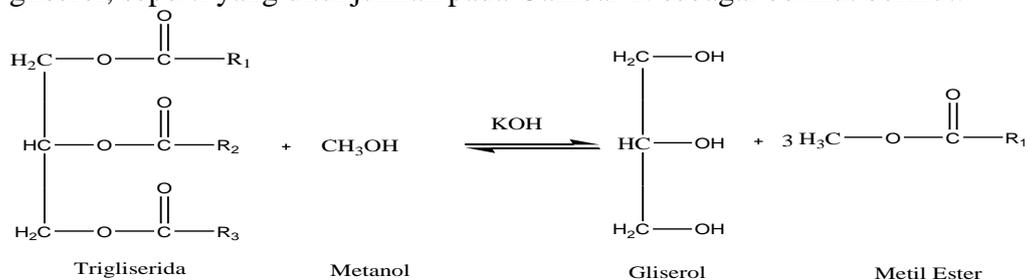


Gambar 1. Reaksi Esterifikasi ALB membentuk Ester (Hasahatan dkk., 2012).

Setelah didiamkan selama 24 jam, terbentuk dua fasa, dimana fasa bawah adalah metil ester dan minyak (trigliserida) sedangkan fasa atas adalah air, sisa metanol dan katalis. Minyak hasil esterifikasi diuji kembali kadar asam lemak bebasnya. Berdasarkan hasil uji, kadar asam lemak bebas dalam minyak menjadi 3,641%.

D. Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan proses pemotongan rantai-rantai panjang gliserida menjadi ester rantai pendek (alkil ester) melalui bantuan katalis dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol (Damayanti, 2011; Muhammad, dkk., 2014). Proses transesterifikasi dalam penelitian ini yaitu menggunakan perbandingan mol 1:6 minyak dan methanol pada suhu 60°C selama satu jam menggunakan katalis basa KOH sebanyak 1% (b/b) untuk mempercepat berlangsungnya reaksi (Aufar dan Hendra, 2017). Jumlah mol metanol yang dibutuhkan adalah tiga kali jumlah mol minyak (perbandingan 3:1), tetapi untuk menggeser kesetimbangan kearah produk maka jumlah metanol yang digunakan sengaja dibuat berlebih. Perbandingan 1:6 dianggap lebih efektif dalam meningkatkan hasil metil ester (Prihanto, dkk., 2013). Persentase hasil transesterifikasi yaitu sebesar 64,66%. Campuran hasil reaksi dimasukan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 24 jam hingga membentuk dua fasa. Fasa atas berwarna kekuningan berupa metil ester sedangkan fasa bawah berwarna gelap berupa gliserol, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. sebagai berikut berikut:

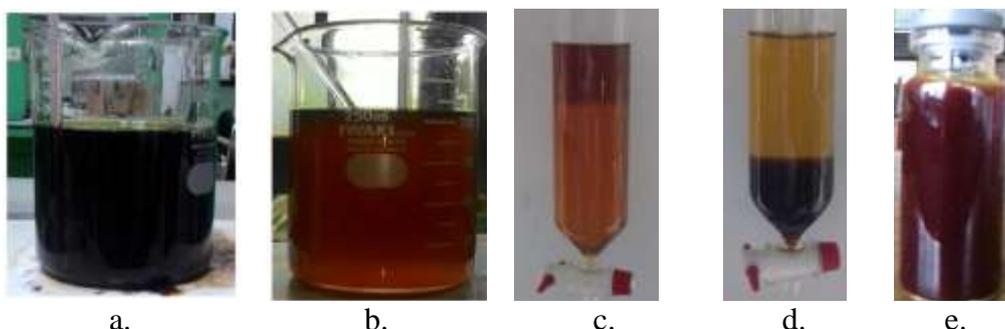


Gambar 2. Reaksi Transesterifikasi Minyak Nyamplung (Musta dkk., 2017).

E. Nitration

Proses nitration adalah masuknya gugus nitro ke dalam zat-zat organik yang salah satu reagen yang digunakan adalah campuran asam nitrat dan asam sulfat. Pada proses nitration metil ester terdiri dari 2 tahap yaitu pembuatan suatu ion/elektrofil nitro ($+NO_2$) dengan mencampurkan asam nitrat dan asam sulfat dan pembuatan metil ester nitrat. Melalui nitration pada metil ester, jumlah oksigen molekuler komponen metil ester menjadi bertambah sehingga metil ester mempunyai oksigen lebih banyak yang sangat diperlukan dalam kesempurnaan proses pembakaran sehingga bisa meningkatkan aditif solar (Abdullah dkk., 2010).

Nitration metil ester dilakukan dengan cara menambahkan tetes demi tetes metil ester dalam campuran asam nitrat dan asam sulfat yang telah dimasukkan ke dalam labu leher dua disertai pengadukan menggunakan magnet stirer selama 4 jam dengan kondisi suhu $10-15^{\circ}C$ (reaksi yang terjadi sangat eksotermis), produk yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam 30 mL air sambil diaduk kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan beberapa saat sampai terbentuk dua fasa (Nasikin, 2003). Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil nitration metil ester nyamplung berwarna lebih gelap dibandingkan metil ester hasil transesterifikasi, persen hasil nitration yaitu sebesar 10,6%. Berikut gambar hasil penelitian dalam setiap perlakuan dari tahap *pressing* sampai tahap nitration :



Gambar 3. Hasil dari setiap perlakuan

Keterangan :

- Minyak nyamplung hasil press
- Minyak nyamplung setelah proses *degumming*
- Hasil esterifikasi (lapisan bawah)
- Hasil Transesterifikasi (lapisan atas)
- Hasil Nitration

F. Karakterisasi Hasil dengan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

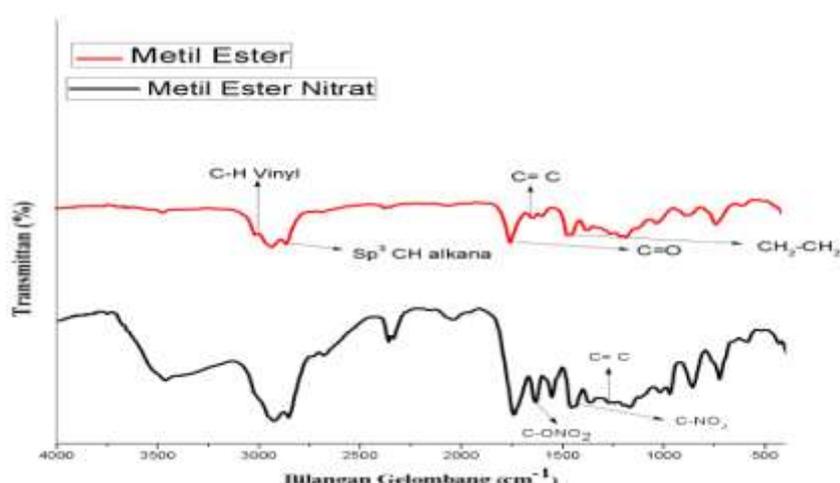
Analisis menggunakan alat spektrofotometer FTIR bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus yang terjadi sebelum dan sesudah proses nitration. Pada spektrofotometer IR sebelum nitration (ME) menunjukkan bahwa terdapat serapan-serapan gugus fungsi antara lain alkena (C-H) pada bilangan $3008,95\text{ cm}^{-1}$, serapan gugus sp^3 C-H alkana pada bilangan gelombang $2929,09\text{ cm}^{-1}$ dan $2854,65\text{ cm}^{-1}$, serapan gugus C=O karbonil ester pada bilangan gelombang $1743,65\text{ cm}^{-1}$, serapan gugus C=C pada bilangan gelombang $1635,64\text{ cm}^{-1}$ serapan gugus CH_2-CH_2 pada bilangan gelombang $1442,75\text{ cm}^{-1}$, dan ikatan C-O pada bilangan gelombang $1172,72\text{ cm}^{-1}$. Dari hasil interpretasi tersebut menunjukkan bahwa terdapat serapan-serapan gugus fungsi yang merupakan karakteristik dari senyawa metil ester dari asam lemak tak jenuh.

Tabel 1. Interpretasi spektra FTIR dari metil ester minyak biji nyamplung.

Puncak	Bilangan gelombang (cm^{-1})		Jenis vibrasi
	Sampel	Pustaka	
1	3008,95	3100-3000	C-H vinyl/alkena
2	2929,09 dan 2854,65	3000-2800	Sp^3 CH alkana <i>stretching asym</i> (2940-2920) dan <i>sym</i> (2860-2850)
3	1743,65	1740-1720	C=O <i>stretching(carbonil) ester</i>
4	1635,64	1620-1680	C=C <i>stretching</i>
5	1442,75	1470-1450	$\text{CH}_2\text{-CH}_2$ <i>bending</i>
6	1172,72	1250-1150	C-O <i>ester</i>

Tabel 2. Interpretasi spektra FTIR dari metil ester nitrat minyak biji nyamplung.

Puncak	Bilangan gelombang (cm^{-1})		Jenis vibrasi
	sampel	Pustaka	
1	1635,64	1660-1545	C-ONO ₂ dan C=C <i>stretching</i>
2	1550,77 dan 1365,60	1600 dan 1300	C-NO ₂



Gambar 4. Spektrum inframerah Metil Ester dan Metil Ester Nitrat

Pada Gambar 4 spektrum FTIR metil ester nitrat, menunjukkan bahwa ada beberapa puncak yang berbeda dari spektrum IR metil ester antara lain pada bilangan gelombang $1635,64 \text{ cm}^{-1}$ yang diduga sebagai adanya ikatan C-ONO₂ dan C=C (*stretching*) pada molekul metil ester. Serapan tersebut sesuai dengan serapan ONO₂ pada penelitian Abdullah dkk, (2010), Abdullah dkk, (2016) dan Canoirra *et al* (2007). Sedangkan pada bilangan gelombang $1550,77 \text{ cm}^{-1}$ dan $1365,60 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-NO₂. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa reaksi nitrat tersebut berhasil dengan adanya serapan gugus fungsi 1660 cm^{-1} dan 1300 cm^{-1} dan karakterisasi dari gugus NO₂ pada metil ester.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dalam penelitian ini, maka disimpulkan bahwa metil ester nitrat dapat disintesis dari minyak biji nyamplung, dengan ditunjukkan dari hasil karakterisasi metil ester nitrat menggunakan spektrofotometer IR yang menunjukkan adanya gugus C-ONO₂, C=C dan C-NO₂ pada bilangan gelombang $1635,64 \text{ cm}^{-1}$; $1550,77 \text{ cm}^{-1}$ dan

1365,60 cm⁻¹. Persen hasil transesterifikasi minyak nyamplung sebesar 64,66 % dan nitrasinya sebesar 10,6%.

SARAN

Saran yang dapat saya ajukan dalam pengembangan penelitian ini selanjutnya adalah perlu dilakukan uji sifat fisika-kimia dan uji kinerja pada mesin satu silinder pada hasil metil ester nitrat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penelitian khususnya laboran di laboratorium kimia FKIP UHO dan FMIPA UHO.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Wicaksono, D. R., Junaidi, A.B., dan Badruzsaufari. 2010. Production Of Cetane Improver From *Jathropa Curcas* Oil. *Indo. J. Chem*, 10 (3): 396-400.
- Abdullah., Triyono., Trisunaryanti, W., and Haryadi W. 2016. Purification Of Methyl Ricinoleate On Producing Of Cetane Improver. *J. Phys.*824: 1-6.
- Alamsyah, R., dan Lubis, E. H. 2012. Pengolahan Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) Dengan Cara Purifikasi Kering. *Balai Besar Industri Agro (BBIA)*. 2(4). 61-72.
- Arita, S., Afrianto, I., dan Fitriana, Y. 2008. Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Reaksi 2 Tahap (Esterifikasi Dan Transesterifikasi). *Jurnal Teknik Kimia*. 15(4): 57-65.
- Aufar, A., dan Hendra, K. R. 2017. Sintesis Metil Ester Nitrat Sebagai Aditif Bahan Bakar Solar Untuk Meningkatkan Angka Setana (CN). *Jurusan Teknik Kimia*. ITS.
- Cahyono, E., dan Siti, T. 2014. Pengaruh Penam bahan Aditif Alkil Nitrat Yang Disintesis Dari Biodiesel Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Petandra*) Terhadap Kenaikan Angka Setana Solar. *UNESA. Journal Of Chemistry*. 3(1): 70-77.
- Canoira, L., Ramon, A., Susana, T., Nikolaos, Eviripidis, L., and Dimitrios, M. K. 2007. Nitration Of Biodiesel Of Waste Oil: Nitrated Biodiesel As A Cetane Number Enhancer. *Science Direct*. 86: 965-971.
- Damayanti, A. 2011. Pengolahan Biji Mahoni (*Swietenia Macrophylla King*) sebagai Bahan Baku Alternatif Biodiesel. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 1(1): 8-15.
- Hasahatan, D., Sunaryo, J., dan Komariah, L. N. 2012. Pengaruh Ratio H₂SO₄ dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(18) : 26-36.
- Hasibuan, S., Sahirman, dan Yudawati, N. M. A. 2013. Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). *Agritech*, 33(3): 311-319.
- Hikmah, M. N., dan Zuliyana. 2010. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. *Skripsi*. Fakultas Teknik. UNDIP: Semarang.
- Leksono, B., Hendrati, R. L., Mashudi, Windyarini, E., dan Hasnah, T. M. 2012. *Pemuliaan Nyamplung (Calophyllum inophyllum L.) untuk Bahan Baku Biofuel*. Yogyakarta: Balai Besar Penelitian Bioteknologi.
- Muderawan, I. W., dan Ni Ketut, P. D., 2016. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum l.*) dan Analisis Metil Esternya Dengan GC-MS. PSN FMIPA. ISBN 978-602-6428-00-4.

- Muhammad, F. R., Jatranti, S., Qadariyah, L., dan Mahfud. 2014. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Teknik Pomits*. 3(2): 2301-9271.
- Musta, R., Haetami, A., dan Salmawati, M. 2017. Biodiesel Hasil Transesterifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum l.*) Dengan Metanol. *JTM*. 4(2): 394-401.
- Nasikin, M., dan Ade, M. 2003. Sintesis Metil Ester Sebagai Aditif Bahan Bakar Solar Dari Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi*. 1(27): 45-50.
- Nurhayati. 2014. *Bahan Ajar Siswa Teknologi Pemrosesan Biodisel*. Bandung: Etc Foundation The Netherlands. 23-30.
- Prihanto, A., Pramudono, B., dan Santosa, H. 2013. Peningkatan *Yield* Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Jurnal Momentum*. 9(2): 46-53.
- Putra, N. E., dan Sungkono, H. D. K. 2012. Uji Eksperimental Bahan Bakar campuran Biosolar Dengan Zat Aditif Terhadap Unjuk Kerja Motor Disel Putaran Konstan. *Jurnal Teknis POMITS*. 1(1): 1-5.
- Rufaida, A. D., dan Waldjinah. 2012. *Pegangan Guru Kimia Kelas X SMA/MA*. Klaten: Intan Pariwara.
- Siburian, A. M., Pardede, A. S. D., dan Pandila, S. 2014. Pemanfaatan Adsorben dari Biji Jawa untuk Menurunkan Bilangan peroksida pada CPO (*Crude Palm Oil*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 3(4): 65-73.
- Stratiev, D., Rinkov, R., Petkov, K., dan Stanulov. 2010. Evaluation of Crude Oil Quality. *Petrol Coal*. 1 : 35-43.