

# MODIFIKASI BIODIESEL MELALUI REAKSI OKSIDASI MENGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK

Aisyah, Sappewali, dan Nurlina

Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar

Email: aysha.alwi@gmail.com

**Abstract:** *Biodiesel is an alternative energy fuel that is sustainable and environmentally safe. However, biodiesel has a higher cloud point than fuel diesel because it contains several saturated fatty acids such as oleic acid, linoleic and linolenic acid so that biodiesel tend to solidify at a temperature higher than the freezing point of diesel. This study aims to modify biodiesel from candlenut oil (*Aleurites moluccana*) through oxidation reaction by  $KMnO_4$  using ultrasonic equipment. The products obtained were analyzed using FTIR and GCMS instrument. FTIR analysis showed that spectral data of the four modified samples which run in 20, 30, 40 and 50 minutes practically similar. The methyl ester products are characterized by typical bands at specific frequencies such as stretch of  $C = O$ ;  $C-C$ ;  $C-H (sp^3)$  and  $C-H (sp^2)$ . Fragmentation patterns by GCMS showed that the oxidation reaction in 20, 30, 40 and 50 minutes did not undergo bond disconnection. The components produced is methyl palmitate, methyl linoleate, methyl oleate, heksadekanoat acid, 9,12 and 9,17oktadekadienal oktadekadienoat acid.*

**Keywords:** *Modification Biodiesel,  $KMnO_4$  oxidation, Ultrasonic Waves*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam Tujuan Pembangunan Millennium (*Millennium Development Goal*) yang ditargetkan pada tahun ini, 2015, pemenuhan kebutuhan energi global menjadi faktor yang sangat penting. Hal ini disebabkan karena adanya gejala terjadinya krisis energi di masa depan. Krisis energi ini mengharuskan adanya langkah-langkah strategis di setiap negara untuk mengembangkan sumber-sumber energi lokal yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Bahan bakar minyak yang menjadi sumber energi utama saat ini dipandang tidak dapat memberi jaminan keberlangsungan suplai hingga beberapa dekade ke depan.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh setiap negara untuk mengembangkan sumber-sumber energi. Sumber-sumber energi yang telah diperkenalkan antara lain tenaga angin, matahari, gelombang laut, panas bumi dan bahan bakar berbasis nabati. Di Indonesia, bahan bakar nabati relatif lebih populer walaupun sumber energi lain juga potensial. Pemerintah Indonesia

secara tegas telah menetapkan aturan kebijakan konservasi energi yang tertuang dalam Peraturan Presiden No.5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Regulasi ini menetapkan target penggunaan bahan bakar nabati sebesar minimal 5 % per tahun 2025.

Eksplorasi sumber bahan bakar nabati saat ini berkembang pesat di berbagai negara. Di Indonesia, penelitian di bidang ini didukung oleh ketersediaan sumber daya hayati yang berlimpah yang ditunjang oleh iklim tropis wilayah khatulistiwa. Rasa syukur kita akan kekayaan alam ini selayaknya dapat mendorong berbagai upaya pemanfaatan yang sesuai dengan tuntunan Ilahi untuk peningkatan derajat hidup manusia. Allah Swt. telah pula menjelaskan tentang segala nikmat yang dianugerahkan bagi manusia. Bila tidak disyukuri, maka manusia dianggap berbuat aniaya dan kufur kepada Allah Swt. Pengelolaan nikmat-nikmat Allah Swt. tersebut menjadi bahan-bahan yang lebih bermanfaat sebaiknya tidak hanya mengejar kebaikan semata bagi manusia, tapi juga mampu menciptakan hubungan yang selaras dengan alam. Sehingga, bila alam hanya dieksploitasi untuk mendapat manfaat bagi manusia dan modharat bagi alam itu sendiri, maka Allah akan menegur manusia agar sadar akan kelalaiannya dan kembali ke jalan yang benar.

Pengolahan flora Indonesia sebagai sumber minyak nabati merupakan wujud ketaatan kita kepada Allah Swt sebagaimana disebutkan pada ayat-ayat di atas. Dari pengolahan minyak nabati ini diharapkan dapat memberi manfaat yang lebih baik bagi umat. Di sisi lain pengolahan yang beretika Islam akan melandasi semangat pembangunan ketahanan energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Untuk dapat dijadikan bahan bakar, minyak nabati ini harus dikoversi terlebih dahulu menjadi biodiesel yang memiliki sifat-sifat fisis mirip dengan bahan bakar minyak bumi, seperti densitas, angka setana, kandungan energi, viskositas dan perubahan fasa (Muniyappa, 1996). Akan tetapi, biodiesel yang dihasilkan seringkali tidak dapat memenuhi standar tersebut karena sifat dasar minyak yang cenderung lebih kental dan mudah memadat pada suhu dingin. Karakteristik ini dapat menjadi kendala bila biodiesel digunakan pada musim dingin di negara-negara belahan dunia utara dan selatan. Oleh karena itu, dibutuhkan modifikasi agar densitas dan kekentalan produk biodiesel dapat dikurangi.

Beberapa modifikasi yang telah dilakukan anatara lain, metode *blending* (Cui, X., *et. al.*, 2013) pencampuran aditif serta modifikasi struktur minyak nabati (Fajar, R., 2012). Dibanding dua cara yang pertama, modifikasi struktur molekul minyak nabati lebih efektif karena karakter biodiesel yang dihasilkan bersifat permanen. Modifikasi yang dilakukan umumnya menggunakan reaksi-

reaksi organik yang sederhana seperti epoksidasi (Zhang, C., *et al.*, 2013) dan pemaksapisahan oksidatif menggunakan reagen pengoksidasi yang murah dan mudah diperoleh, seperti  $\text{KMnO}_4$  atau  $\text{Ag}_2\text{O}$  (Spanning, P., *et al.*, 2014).

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi biodiesel dari minyak kemiri sehingga dapat dihasilkan biodiesel yang memenuhi karakteristik densitas dan viskositas sesuai dengan standar SNI 2008 yaitu sebesar  $36 \text{ mm}^2/\text{s}$  dan 900-920 Kg/m. Proses konversi dari minyak nabati menjadi biodiesel akan difasilitasi oleh perangkat ultrasonik yang bekerja pada gelombang 47 kHz. Perangkat ultrasonik ini akan mengoptimalkan pencampuran minyak nabati dengan metanol sehingga dihasilkan produk dengan rendemen yang lebih baik.

Sebelumnya, metode yang digunakan untuk produksi alkil ester adalah proses mekanik konvensional pada suatu tangki reaktor. Campuran reaktan yang terdiri atas minyak nabati, alkohol dan katalis dimasukkan ke dalam tangki kemudian dipanaskan dan diaduk dengan pengaduk mekanik secara bersamaan hingga suhu antara  $50^\circ\text{C}$  dan titik didih alkohol. Proses ini membutuhkan waktu yang relatif lama (1 sampai 4 jam) dan katalis berlebih untuk mempercepat reaksi (Noureddini, *et al.*, 1998).

Dalam perkembangannya, metode *batch* konvensional ini kemudian dipadukan dengan penggunaan enzim. Pada proses ini bagian aktif dari enzim diposisikan mendekati substrat lemak sehingga mudah memecah lemak trigliserida menjadi bentuk monogliserida.

Sulistyo pada tahun 2009 melakukan produksi trigliserida dari minyak kemiri dan etanol menggunakan katalis kalium hidroksida 1,5% pada suhu kamar. Prosedur ini melibatkan adanya perlakuan awal yaitu penampuran minyak kemiri dengan etanol sebelum ditambahkan katalis. Dengan metode seperti ini, konversi menuju trigliserida dapat dioptimalkan.

Kesulitan yang seringkali dijumpai pada metode *batch* ini adalah sulitnya alkohol rantai pendek seperti metanol dan etanol untuk bercampur dengan trigliserida minyak nabati yang memiliki rantai karbon panjang. Kesulitan ini disebabkan oleh perbedaan kepolaran yang mengakibatkan terbentuknya emulsi antara monogliserida dan digliserida yang stabil selama proses pengadukan dalam reaktor. Emulsi yang stabil ini akan mengganggu proses pemisahan dan pemurnian produk esterifikasi (Meher, L.C. *et al.*, 2006). Selain itu, waktu reaksi menjadi lama dan seringkali membutuhkan katalis berlebih. Oleh karena itu, dikembangkan suatu metode lain yaitu metode menggunakan gelombang ultrasonik untuk mendukung percepatan reaksi transesterifikasi.

Beberapa penelitian skala laboratorium yang mengaplikasikan metode ini memperlihatkan hasil memuaskan. S. Rodrigues, *et al.* pada tahun 2009,

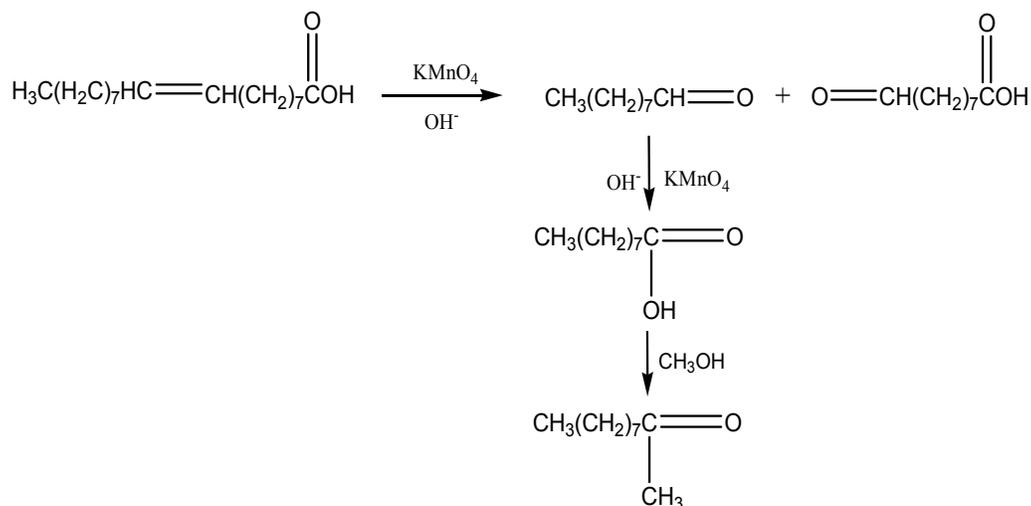
melakukan produksi biodiesel dari minyak kacang dan etanol menggunakan gelombang ultrasonik sebesar 40 kHz. Hasil produksi diperoleh dengan melakukan variasi konsentrasi etanol dan katalis (Rodrigues, S., *et al.*, 2009). Dengan metode ini penggunaan katalis dapat diminimalkan hingga maksimal 0,50%.

Thanh, *et al.* pada tahun yang sama juga melakukan transesterifikasi minyak kanola dan metanol (5:1 mol/mol) menggunakan gelombang ultrasonik sebesar 20 kHz. Katalis yang digunakan adalah basa dengan konsentrasi 0,7 (% berat). Produksi menghasilkan 99% biodiesel dengan waktu reaksi selama 50 menit.

Biodiesel adalah trigliserida yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi antara minyak nabati dan alkohol rantai pendek seperti metanol dan etanol. Reaksi ini dapat menggunakan katalis asam atau basa. Umumnya, katalis yang digunakan adalah basa, seperti natrium hidroksida, kalium hidroksida atau natrium metoksida.

Modifikasi biodiesel dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya pencampuran solar dengan biodiesel, penambahan aditif dan modifikasi struktur. Modifikasi struktur relatif masih jarang digunakan karena memerlukan reaksi-reaksi organik yang spesifik. Akan tetapi, metode ini lebih efisien untuk memutus rantai karbon yang panjang atau untuk membuat percabangan pada titik-titik tertentu. Pada tahap modifikasi, ikatan rangkap pada asam lemak minyak nabati diputus oleh oksidator  $\text{KMnO}_4$  menjadi aldehid dan selanjutnya menjadi asam karboksilat. Tahap selanjutnya adalah reaksi transesterifikasi.

Reaksi transesterifikasi mengubah asam karboksilat menjadi produk metil ester asam lemak. Karena pada tahap modifikasi rantai karbon asam lemak sudah diputus, maka produk metil ester dari reaksi ini juga lebih pendek. Metil ester yang dihasilkan inilah yang kemudian disebut biodiesel. Dengan rantai yang lebih pendek, produk biodiesel ini memiliki nilai viskositas dan densitas yang lebih rendah dibandingkan biodiesel tanpa pemutusan rantai karbon.



**Gambar 1.** Reaksi oksidasi dan esterifikasi asam lemak minyak nabati menjadi metil ester asam lemak (FAME).

Reaksi transesterifikasi dilakukan dalam perangkat ultrasonik. Alat ini menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 20-40 kHz. Gelombang ini akan meningkatkan energi kinetik molekul-molekul pada permukaan kontak antara minyak hasil modifikasi dengan metanol. Dengan energi yang cukup besar ini, kecepatan reaksi transesterifikasi dapat meningkat secara signifikan. Energi dari gelombang ultrasonik ini menghasilkan kavitasasi gelembung-gelembung di sekitar permukaan kontak yang kemudian akan pecah dan jatuh secara tiba-tiba menghasilkan *shock wave* (gelombang kejut). Gelombang ini dapat merusak permukaan kontak dua fasa berbeda tersebut. Akibatnya akan terjadi pencampuran sistem yang intensif pada daerah kontak tersebut. Adanya kavitasasi gelembung ini juga mengakibatkan peningkatan temperatur pada permukaan kontak yang dapat meningkatkan energi kinetik molekul-molekul reaktan untuk mengalami reaksi transesterifikasi (Staravache, C., *et al.*, 2005).

## 2. METODE PENELITIAN

### Alat

Peralatan yang digunakan diantaranya yaitu seperangkat GCMS Agilent GC Tipe 7890A MS Tipe 5975, FTIR Prestige-21 Shimadzu, ultrasonik Krisbow 47 kHz, sentrifugator, evaporator dan alat gelas lainnya.

## **Bahan**

Bahan baku yang digunakan yaitu biji kemiri yang diambil dari Kabupaten Maros Kecamatan Camba. Bahan pereaksi yaitu kalium hidroksida (KOH), metanol (CH<sub>3</sub>OH), kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>), n-heksan dan kertas saring.

## **Prosedur Kerja**

### ***Ekstraksi Minyak Kemiri***

Sebanyak satu kilogram biji kemiri kering dimaserasi menggunakan pelarut n-heksan selama 3 x 24 jam. Pelarut kemudian diuapkan menggunakan pengering vakum hingga dihasilkan kurang lebih 600 mL minyak kemiri murni.

### ***Reaksi Transesterifikasi***

Ekui-molar KOH dan metanol dicampurkan dalam wadah reaksi. Selanjutnya ditambahkan minyak kemiri dengan perbandingan molar 1:6 (minyak : metanol). Reaksi lalu diatur dalam perangkat ultrasonic selama 45 menit. Hasil reaksi kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan terpisah selama semalam hingga terbentuk dua fasa tak bercampur, fasa organik dan fasa air.

Fasa air yang merupakan hasil samping seperti gliserol dan sisa-sisa reaktan KOH dan metanol dipisahkan dari fasa organik. Fasa organik selanjutnya dicuci dengan air untuk melarutkan sisa-sisa fasa air. Fasa organik kemudian dikeringkan dengan pemanasan hingga 105°C dan penambahan agen pengering Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### ***Modifikasi dengan KMnO<sub>4</sub>***

Sebanyak 2-4 g katalis kalium hidroksida, dilarutkan dalam kurang lebih 100 mL metanol dalam beaker glass sambil terus diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Sementara itu, labu reaksi diisi dengan minyak kemiri yang telah termodifikasi serta bersih dari air dan partikel-partikel pengotor. Campuran kemudian dipanaskan dengan menyalakan elemen pemanas pada suhu 45-65°C.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Preparasi Sampel Biji Kemiri**

Pada penelitian ini, biji kemiri yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel diambil dari Kabupaten Maros Kecamatan Camba. Daging kemiri yang akan digunakan, dicincang terlebih dahulu guna mempercepat proses pengeringan. Dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu kamar ± 3 bulan. Pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air dalam biji

kemiri sehingga meminimalkan kandungan air dalam minyak. Kandungan air dalam minyak selain dapat mengurangi kualitas minyak juga dapat menurunkan rendemen minyak yang dihasilkan.

### **Ekstraksi Minyak Biji Kemiri**

Sebanyak 1 kg sampel biji kemiri (*Aleurites moluccana*) dimaserasi dengan menggunakan pelarut n-heksan selama 3 x 24 jam. Pelarut n-heksan digunakan dalam penelitian ini karena n-heksan bersifat nonpolar dan mudah menguap sehingga dapat menarik senyawa nonpolar seperti minyak yang terkandung dalam biji kemiri dan mudah untuk dimurnikan. Perendaman menggunakan n-heksan akan mengikat minyak melalui proses difusi dari luar sel ke dalam sel menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung minyak.

Minyak kemudian dimurnikan dengan cara filtrat dan residu harus dipisahkan terlebih dahulu dengan proses penyaringan menggunakan kain kaku. Selanjutnya, karena minyak kemiri tersebut masih bercampur dengan pelarut n-heksan maka untuk memurnikannya yaitu melakukan pemisahan dengan menggunakan evaporator. Dari 1 kg kemiri dihasilkan minyak murni sebanyak 600 mL.

### **Sintesis Biodiesel dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik**

Minyak kemiri yang dihasilkan disintesis dengan menggunakan reaksi transesterifikasi. Alkohol yang digunakan adalah metanol karena mudah bereaksi dengan trigliserida dan sangat cepat melarutkan KOH yang digunakan sebagai katalis.

Pada penelitian ini digunakan katalis KOH 0,5% sedangkan perbandingan mol minyak dan metanol yang digunakan yaitu 1:6. Penggunaan alkohol berlebih dengan tujuan agar sabun dan garam alkali asam lemak yang dihasilkan tidak membentuk suatu padatan karena jika terbentuk sabun padat maka proses reaksi tidak dapat berlanjut membentuk metil ester (Pamata, 2008: 28-29).

Sintesis biodiesel dilakukan melalui proses transesterifikasi dengan bantuan gelombang ultrasonik sebesar 47 kHz dengan waktu reaksi 45 menit. Selain mempercepat proses pemisahan fase gliserin dengan fase biodiesel, waktu 45 menit ini dapat meningkatkan nilai konversi minyak kemiri menjadi ester asam lemak. Berdasarkan hasil penelitian Aisyah pada tahun 2013, nilai konversi biodiesel optimal pada waktu reaksi 45 menit (Aisyah, 2013: 35).

Hasil yang diperoleh dari sintesis biodiesel melalui proses transesterifikasi dengan bantuan gelombang ultrasonik membentuk dua fasa

yaitu fasa biodiesel dengan warna putih kekuningan dan fasa gliserol dengan warna kuning bening. Terpisahnya kedua fasa ini disebabkan karena adanya perbedaan sifat kepolaran antara gliserol dan biodiesel. Kedua fasa tersebut dipisahkan kemudian fasa biodiesel dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa gliserol, sabun, katalis dan metanol yang masih terkandung di dalamnya.

Dari proses pencucian dihasilkan emulsi stabil antara metil ester dengan air. Untuk memisahkan, campuran tersebut didiamkan beberapa menit sampai terbentuk lapisan dua fasa yang tidak bercampur yaitu fasa organik (biodiesel) dan fasa air. Biodiesel yang diperoleh dari pemisahan ini lalu dipanaskan pada suhu 105°C untuk menghilangkan kandungan air yang masih terdapat di dalamnya. Kandungan air terlihat dari adanya gelembung-gelembung kecil di dasar tabung reaksi.

Proses selanjutnya yaitu penambahan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat yang berfungsi untuk mengikat air dalam metil ester agar biodiesel yang dihasilkan betul-betul bebas dari kandungan air. Setelah itu, dilakukan penyaringan untuk memisahkan biodiesel dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidrat.

### **Modifikasi Biodiesel dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik**

Biodiesel yang dihasilkan kemudian dimodifikasi. Adapun tujuan dari modifikasi ini yaitu mengubah suatu struktur komponen asam lemak yang terkandung dalam biodiesel seperti asam oleat, linoleat, linolenat, palmitat dan stearat.

Pada penelitian ini telah dilakukan modifikasi biodiesel melalui proses oksidasi dengan menggunakan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) sebagai zat pengoksidasi yang kuat. Campuran biodiesel dengan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>) dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian direaksikan dalam sonikator dengan panjang gelombang sebesar 47 kHz selama 20, 30, 40 dan 50 menit.

Reaksi yang diharapkan terjadi adalah reaksi pemaksapisahan oksidatif yang akan memutus ikatan rangkap pada asam oleat, linoleat dan linolenat. Namun tidak menutup kemungkinan adanya produk-produk lain misalnya epoksida, aldehyd dan atau asam karboksilat dan asam lemak yang ikatan rangkapnya tidak terputus.

### **Identifikasi Produk Biodiesel**

#### ***Analisis FTIR***

Untuk menentukan keberhasilan hasil modifikasi biodiesel menggunakan kalium permanganat (KMnO<sub>4</sub>), maka sampel yang telah dimurnikan kemudian

dianalisis dengan menggunakan instrumen FTIR dan GCMS. Hasil identifikasi dari salah satu sampel dengan waktu 20 menit dapat di lihat pada Gambar 2.

Spektrum menunjukkan bahwa modifikasi biodiesel dengan bantuan gelombang ultrasonik menghasilkan produk dengan gugus-gugus fungsi yang khas, seperti serapan regangan C=O yang merupakan salah satu pita dalam spektrum inframerah yang paling mudah terdeteksi pada sampel yaitu pita bagian tengah spektrum dengan intensitas kuat dan tajam. Gugus karbonil ini terdeteksi pada frekuensi regang 1739,79 dan 1710,86  $\text{cm}^{-1}$ . Kemudian empat pita lagi yang mudah dideteksi dari spektrum yaitu vibrasi regang C-O pada frekuensi 1274,95; 1240,23; 1219,01 dan 1170,79  $\text{cm}^{-1}$ . Keempat pita ini menunjukkan bahwa sampel adalah senyawa metil ester dari asam lemak rantai panjang. Serapan regangan vibrasi dari tekukan dan regangan C-H ( $\text{sp}^3$ ) juga terdeteksi pada frekuensi 2924,09 dan 2852,72  $\text{cm}^{-1}$  dan regang =C-H ( $\text{sp}^2$ ) pada frekuensi 3008,95  $\text{cm}^{-1}$ .

Hasil data spektrum dari keempat sampel menunjukkan bahwa semua pita-pita terlihat hampir sama dengan produk metil ester. Perbedaannya hanya terletak pada serapan regang O-H. Pada sampel modifikasi biodiesel reaksi 30 menit menunjukkan regang O-H kuat dan tajam dengan serapan 3435,22  $\text{cm}^{-1}$  sedangkan pada modifikasi reaksi 20, 40 dan 50 menit juga menghasilkan vibrasi regang O-H tapi dengan intensitas sangat lemah dan frekuensi yang lebar menyebabkan hasil serapan tidak terdeteksi.

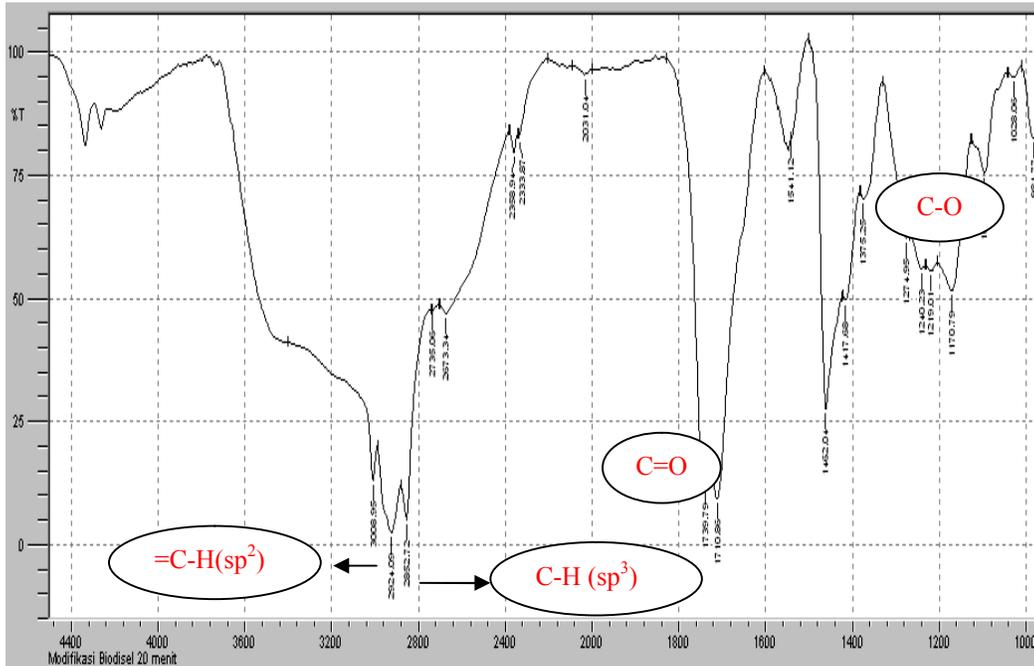
### ***Analisis GCMS***

Langkah selanjutnya adalah analisis GCMS untuk biodiesel hasil modifikasi. Penggunaan GCMS bertujuan untuk mengetahui berbagai komponen senyawa yang terdeteksi melalui waktu retensi dan luas puncak tiap komponen dalam sampel. Sedangkan struktur molekul dapat diketahui dari pola fragmentasinya.

Data spektrum menunjukkan bahwa produk reaksi dengan waktu 20 menit terdiri atas enam komponen. Tiap komponen masing-masing memiliki luas area yang berbeda. Luas puncak komponen yang paling rendah ditunjukkan pada puncak pertama ( $t_R = 19,78$ ) dengan luas area sebesar 1,93 %. Sedangkan luas puncak paling tinggi ditunjukkan oleh puncak keenam ( $t_R = 21,83$ ) dengan luas area sebesar 43,27 %.

Pola fragmentasi setiap komponen pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 2,3,4 dan 5. Dari hasil fragmentasi dapat disimpulkan bahwa tiap sampel hasil modifikasi masing-masing menghasilkan beberapa komponen yang tidak jauh berbeda. Hanya saja setiap komponen terpecah menjadi beberapa fragmen-fragmen tersendiri. Seperti pada sampel hasil modifikasi

dengan waktu 20 menit menunjukkan bahwa pada puncak pertama dengan kelimpahan massa sebesar 270 m/z sesuai dengan teori bahwa komponen ini merupakan metil palmitat. Puncak kedua merupakan asam heksadekanoat dengan kelimpahan massa 256 m/z.



**Gambar 2.** Spektrum IR Modifikasi Biodiesel

**Tabel 1.** Pola Fragmentasi Masing-Masing Komponen Hasil Modifikasi Biodiesel Reaksi 20 menit

Puncak	Pola Fragmentasi	Dugaan Senyawa
1	270; 227; 143; 101; 87; 74; 55; 43	Metil palmitat
2	256; 227; 213; 129; 83; 73; 60; 43	Asam heksadekanoat (asam palmitat)
3	294; 263; 109; 95; 81; 67; 55; 41	Metil linoleat
4	296; 281; 108; 95; 79; 67; 55; 41	Metil oleat
5	280; 264; 164; 136; 109; 95; 81; 67; 55; 41	9,12 Asam oktadekadienoat (asam linoleat)
6	264; 246; 235; 95; 81; 67; 55; 41	9,17 Oktadekadienal

**Tabel 2.** Pola Fragmentasi Masing-Masing Komponen Hasil Modifikasi Biodiesel Reaksi 30 menit.

Puncak	Pola Fragmentasi	Dugaan Senyawa
1	270; 227; 143; 101; 87; 74; 55; 43	Metil palmitat
2	256; 239; 227; 129; 83; 73; 60; 43	Asam heksadekanoat (asam palmitat)
3	294; 263; 109; 95; 81; 67; 55; 41	Metil linoleat
4	296; 278; 110; 97; 83; 69; 55; 41	Metil oleat
5	280; 264; 165; 137; 109; 95; 81; 67; 55; 41	9,12 Asam oktadekadienoat (asam linoleat)
6	264; 246; 235; 97; 83; 69; 55; 41	9,17 Oktadekadial

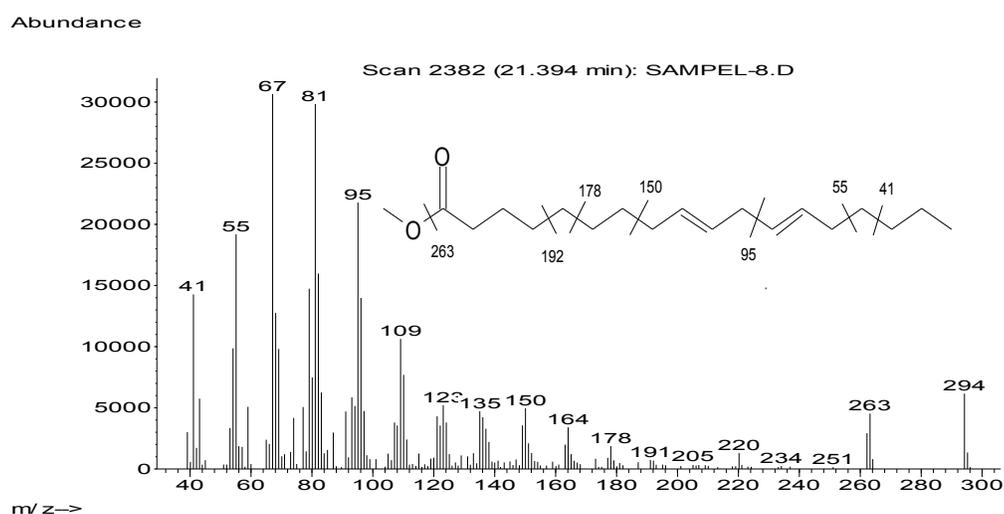
**Tabel 3.** Pola Fragmentasi Masing-Masing Komponen Hasil Modifikasi Biodiesel Reaksi 40 Menit

Puncak	Pola Fragmentasi	Dugaan Senyawa
1	270; 227; 143; 101; 87; 74; 55; 43	Metil palmitat
2	256; 239; 213; 129; 83; 73; 60; 43	Asam heksadekanoat (asam palmitat)
3	294; 263; 109; 95; 81; 67; 55; 41	Metil linoleat
4	296; 278; 110; 95; 79; 67; 55; 41	Metil oleat
5	280; 264; 164; 136; 109; 95; 81; 67; 54; 41	9,12 Asam oktadekadienoat (asam linoleat)
6	264; 249; 235; 108; 95; 79; 55; 41	9,17 Oktadekadial

**Tabel 4.** Pola Fragmentasi Masing-Masing Komponen Hasil Modifikasi Biodiesel Reaksi 50 Menit

Puncak	Pola Fragmentasi	Dugaan Senyawa
1	270; 227; 143; 97; 87; 74; 55; 43	Metil palmitat
2	256; 239; 213; 129; 83; 73; 60; 43	Asam heksadekanoat (asam palmitat)
3	294; 281; 109; 95; 81; 67; 55; 41	Metil linoleat
4	296; 281; 108; 95; 79; 67; 55; 41	Metil oleat
5	280; 264; 164; 136; 109; 95; 81; 67; 54; 41	9,12 Asam oktadekadienoat (asam linoleat)
6	264; 249; 235; 108; 95; 79; 55; 41	9,17 Oktadekadial

Puncak ketiga dan keempat sesuai dengan teori bahwa ion fragmen yang memiliki kelimpahan massa 294 m/z dan 296 m/z merupakan metil linoleat dan metil oleat. Sedangkan pada puncak kelima dan keenam dengan kelimpahan massa sebesar 280 m/z dan 264 m/z sesuai dengan teori bahwa ion fragmen ini merupakan 9,12 asam oktadekanoat dan 9,17 oktadekadial. Dari beberapa komponen ini masing-masing terpecah menjadi beberapa fragmen. Lebih jelasnya dapat dilihat pada salah satu struktur pola fragmentasi dari komponen metil linoleat di bawah ini.



**Gambar 3.** Fragmentasi Komponen Metil Linoleat

## 4. PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan struktur dan pola fragmen yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa modifikasi ini tidak menghasilkan pemutusan pada setiap ikatan rangkapnya. Tetapi hasil modifikasi campuran terfragmentasi menjadi beberapa komponen. Dari beberapa komponen ini muncul produk-produk lain seperti asam heksadekanoat 9,12 asam oktadekadienoat dan 9,17 oktadekadienal.

### Saran

Reaksi oksidasi bisa diupayakan melalui reaksi dengan oksidator yang lebih kuat. Modifikasi dapat pula dilakukan sebelum reaksi transesterifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cui, X., *et. al.*, 2013, A Numerical Study of the Effects of Fame Blends on Diesel Combustion and Emissions Characteristics Using a 3-D Cfd Code Combined with Detailed Kinetics and Phenomenological Soot Formation Models, *SAE Int. J. Fuels Lubr*, (6): 839-885.
- Damyanova, B. N., 2004, *Lipids Analysis by TLC. In: Encyclopedia of Chromatography*, New York: Marcel Dekker, h.1-3.
- Departemen Agama RI, 1977, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Surabaya: PT. Medika Cipta.
- Fajar, R., 2012, Re-Formulasi Biodiesel *Jatropha curcas* l.: Optimasi *Key-Properties* dengan Modifikasi Komposisi FAME (*Fatty Acide Methyl Esters*) dan Karakterisasi Pembakaran pada Motor Diesel, *Skripsi*, Jakarta: Fak. Teknik UI.
- Knothe, G., 2001, *Historical Perspective On Vegetable Oil-Based Diesel Fuels, Inform*, (12) : 1103-1107.
- Meher, L. C., *et. al.*, 2006, Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification – A Review, *Renew. Sust. Energ. Rev.* (10) : 248.
- Muniyappa, P. R., *et. al.*, 1996, Improved Conversion of Plant Oils and Animal Fats Into Biodiesel and Co-Product, *Bioresc Technol.*, (56): 19-25.
- Noureddini, H., *et. al.*, 1998, A Continuous Process for the Conversion of Vegetable Oils Into Methyl Esters of Fatty Acids, *J. Am. Oil. Chem. Soc.* (75): 1775.
- Pamata, Nathasya, 2008, Sintesis Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) Hasil Ekstraksi Melalui Metode Ultrasonokimia, *Skripsi*, Jakarta: FMIPA UI, 28-29.

- Rodrigues, S., *et. al.*, 2009, Optimization of the Production of Ethyl Esters by Ultrasound Assisted Reaction of Soybean Oil and Ethanol, *Brazil. J. Chem. Eng.* (26) : h. 361-366.
- Stavarache, C., *et. al.*, 2005, Fatty Acids Methyl Esters from Vegetable Oil by Means of Ultrasonik Energy, *Ultrason. Sonochem* : 367.
- Spannring, P., *et. al.*, 2014, Fe(6-Me-PyTACN)-catalyzed, One-pot Oxidative Cleavage of Methyl Oleate and Oleic Acid into Carboxylic Acids with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and NaIO<sub>4</sub>. *Catal. Sci. Technol.*, (4) : 708-716.
- Standar Nasional Indonesia, 2008, *Standard dan Mutu Bahan Bakar Nabati (Biofuel): SNI-7431*. Jakarta: SNI, 2-3.
- Sulistyo, H., *et. al.*, "Crude Candlenut Oil Ethanolysis to Produce Renewable Energi at Ambient Condition" Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science". *WCECS*, no.1 (2009): h. 1-4.
- Thanh, L., *et. al.*, 2010, Ultrasound-assisted Production of Biodiesel Fuel from Vegetable Oils in a Small Scale Circulation Process, *Bioresc. Tehnol*, (101): 639-645.
- Zhang, Choungn, *et. al.*, 2013, Soy-castor Oil Based Polyols Prepared Using A Solvent-free and Catalyst-free Method and Polyurethanes Therefrom, *Green Chem*, (15): 1477-1484.