

KARAKTERISASI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH MENGUNAKAN PEREAKSI BIOETANOL TETES TEBU

Sagung Ngurah Mayuni^{1*}, Ni Made Suaniti^{1,2} dan Ida Bagus Putra Manuaba^{1,2}.

¹Program Magister Program Studi Kimia Terapan, Pascasarjana Universitas Udayana, Bali-Indonesia
²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Bali-Indonesia
*e-mail : mayunisagung@yahoo.com

ABSTRAK: Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat disintesis dari minyak jelantah dan alkohol melalui proses esterifikasi. Penelitian ini menggunakan bahan dasar minyak jelantah dengan kadar asam lemak bebas sebesar 9,16 %, dimana alkohol yang digunakan adalah bioetanol tetes tebu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi biodiesel hasil esterifikasi dan transesterifikasi minyak jelantah dengan hasil destilasi bioetanol tetes tebu. Metode penelitian yang dilakukan adalah menggunakan perbandingan bervariasi antara minyak jelantah dan etanol yaitu 1 : 1 (B1), 3:1 (B2), 5:1 (B3). Hasil karakterisasi biodiesel diperoleh sesuai dengan SNI berturut-turut untuk densitas B1 = 860,3, B2 = 865,3, B3 = 866,3 (kg/m³), Viskositas B1 = 19,138, B2 = 24,881, B3 = 25,359 (mm²/s), Titik Nyala B1 = 138,5, B2 = 93,5, B3 = 212,5 (°C). Titik tuang B1 = 6, B2 = 93,5, B3 = 212,5. Titik Tuang B1 = 6, B2 = 6, dan B3 = 9 (°C). Korosi B1 = 1a, B2 = 1a dan B3 = 1a. Untuk kadar air dengan hasil B1 = 0,05, B2 = *trace* (tidak terdeteksi) dan B3 = 0,2 (% v/v). Biodiesel minyak jelantah dan etanol tetes tebu dapat terbentuk, setelah dianalisis dengan kromatografi gas menunjukkan adanya senyawa ester (etil palmitat, etil linoleat, etil laurat) dengan waktu retensi masing-masing adalah 17,0, 18,6, 18,7 menit. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bioetanol tetes tebu dapat digunakan dalam sintesis biodiesel. Penggunaan bioetanol tetes tebu dalam sintesis biodiesel diperoleh karakteristik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) -04-7182-2006 kecuali viskositas.

Kata kunci : bioetanol, minyak jelantah, biodiesel, etil palmitat.

ABSTRACT: Biodiesel is an alternative energy for fossil fuel. It can be synthesized by esterification of waste cooking oil with alcohol. In this research, the used waste cooking oil contains 9.16 % FFA, while the alcohol used was bioethanol fermented from molase. The aim of this research was to characterize biodiesel produced from esterification and transesterification of used cooking oil with bioethanol molase. The ratios of oil to bioethanol were 1:1 (B1), 3:1 (B2), and 5:1 (B3). Based on the characterizations of the biodiesel, it was found that the density were 860.3, 865.3, 866.3 kg/m³ for B1, B2, B3 respectively. The viscosities were 19.138, 24.881, 25.359 mm²/s for B1, B2, B3 respectively. The flash points were 138.50C, 93.50C, 212.50C for B1, B2, B3 respectively. The pour points were 6, 6, 9°C for B1, B2, B3 respectively. The copperstrip corosions were 1a, 1a, 1a for B1, B2, B3 respectively. The water content were 0.05, trace, 0.2 % v/v for B1, B2, B3, while B2 only contained trace amount of water. The gas chromatography analysis showed that the biodiesel produced contains ethyl palmitate, ethyl linoleate and ethyl laurate with retention time of 17.0, 18.6, 18.7 minutes respectively. Based on the analyses, it can be concluded that biodiesel from used cooking oil and molase fulfils the Indonesian National Standard (SNI) -04-7182-2006, except for its viscosity.

Keywords: bioethanol, used cooking oil, biodiesel, ethyl palmitate.

1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan suatu energi alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil. Biodiesel diperoleh dari minyak nabati atau minyak hewani sehingga dapat diperbaharui. Karena biodiesel merupakan minyak non-fosil maka sudah tentu pembakarannya bebas dari sulfur, yang nantinya berdampak positif terhadap lingkungan. Karena dapat terurai secara alami, menekan emisi dan mendukung isi dari Protokol Kyoto yaitu sebuah persetujuan Internasional mengenai pemanasan global yang salah satu isinya menekan emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor [1, 2, 6].

Sumber bahan baku biodiesel salah satunya adalah minyak jelantah, yang diketahui mempunyai banyak keuntungan. Selain dapat menghasilkan bahan bakar yang relatif murah juga dapat mengurangi polusi air dan tanah karena sisa minyak sering dibuang ke selokan, mengurangi bahan bersifat karsinogenik di masyarakat. Mengingat banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh dan besarnya ketersediaan minyak jelantah maka pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel tepat dilakukan [3][4]. Besarnya produksi dan konsumsi minyak goreng di Indonesia terutama minyak goreng kelapa sawit akan berkorelasi terhadap besarnya ketersediaan minyak jelantah sebagai bahan baku biodiesel.

Ada dua tahapan pada proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi [5]. Penggunaan bioetanol dalam pembuatan biodiesel tidak lepas dari tumbuhnya kesadaran masyarakat terhadap dampak lingkungan karena sedikit menghasilkan polusi, ramah lingkungan, juga merupakan sumber bahan bakar yang bisa diperbarui. Bioetanol dari tetes tebu yang dihasilkan sudah melalui proses fermentasi, destilasi dan dehidrasi hingga mencapai kadar atau berkisar 90%-95% agar dapat digunakan untuk proses esterifikasi dan transesterifikasi minyak

jelantah menjadi bahan bakar yang berkarakter biodiesel. Analisis bioetanol dan biodiesel juga dilakukan dengan Kromatografi Gas. Selanjutnya uji parameter biodiesel yang dihasilkan mengikuti karakteristik biodiesel dalam Standar Nasional Indonesia (SNI)-04-7182-2006 antara lain densitas, viskositas, titik nyala, titik tuang, korosi bilah tembaga, kadar air.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: akuades, bioetanol tetes tebu > 90%, minyak jelantah sisa penggorengan daging babi, kertas pH, H₂SO₄ 95%, KOH, dan CaCl₂ anhidrat.

Peralatan gelas yang digunakan, yaitu: termometer, pipet volume, pipet tetes, gelas piala (*Beaker glass*), gelas ukur, erlenmeyer, batang pengaduk seperangkat alat destilasi, seperangkat alat refluk, corong pisah, viskometer Oswald dan botol wadah sampel. Peralatan nongelas yang digunakan, antara lain: *hot plate*, *magnetic stirrer*, klem, statif, selang, ember, botol semprot, bola hisap, spatula, kertas saring, kain kasa, dan aluminium foil. Instrumentasi yang digunakan, yaitu: Kromatografi Gas Varian 3300.

2.2 Metode

2.2.1 Penyiapan Bahan

Minyak jelantah sisa penggorengan olahan daging babi yang digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel terlebih dahulu disaring untuk menghilangkan sisa makanan atau kotoran, kemudian kandungan air pada minyak jelantah dihilangkan dengan cara minyak dimasukkan ke dalam gelas beker kemudian dipanaskan diatas hot plate pada suhu 110⁰C hingga tidak menimbulkan percikan-percikan air kemudian didinginkan.

2.2.2 Destilasi

Bioetanol dari tetes tebu yang diperoleh dari Unit Pelaksana Teknik (UPT) Laboratorium Analitik Universitas Udayana Bukit Jimbaran yang berkadar 82,59% selanjutnya dilakukan destilasi dengan alat destilasi pada suhu tidak lebih dari 78°C. Hasil destilasi ini menghasilkan bioetanol yang kadarnya >90% yaitu 94,53 %.

2.2.3 Pengukuran kadar etanol dengan kromatografi gas

Alat kromatografi gas yang digunakan adalah *Gas Chromatograph* merk Varian 3300 yang ada di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Udayana. Analisis kadar etanol, alat dinyalakan dengan prosedur standar. Kondisi alat diatur dengan suhu kolom 170°C, suhu injector 170°C dan suhu detector 200°C. Detektor yang digunakan adalah jenis FID, gas pembawanya adalah udara dan nitrogen, fase diam adalah kolom jenis *packed columns Chromosorb CW12*, tekanan 26 Psi, serta laju alirnya 15 mL/menit. Masing-masing sampel diinjeksikan sebanyak 1 µL ke dalam injektor.

2.2.4 Penentuan Persen Asam Lemak Bebas atau *Free Fatty Acid* (FFA)

Tiga buah erlenmeyer 250 mL masing-masing disiapkan dan diisi 2,00;2,00;2,00 g minyak jelantah. Alkohol 95% dipipet sebanyak 10,0 mL dan ditambahkan ke erlenmeyer tersebut. Larutan tersebut kemudian ditambah 2-3 tetes larutan indikator fenolftalein dan dikocok sampai homogen selanjutnya dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N yang telah distandarisasi. Titrasi dilakukan sampai terjadi perubahan warna larutan dari tidak berwarna menjadi merah muda. Bilangan asam dinyatakan sebagai % FFA rata-rata dalam penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali.

2.2.5 Esterifikasi

Sebanyak 1 bagian (gram) minyak jelantah yang telah dihitung % FFAny

dimasukkan ke dalam labu leher dua. Minyak selanjutnya dipanaskan pada suhu 35°C, kemudian ditambah 1 bagian (gram) bioetanol, diaduk 5 menit hingga menjadi keruh. Kemudian ke dalamnya ditambahkan 1,5% v/v katalis asam sulfat pekat dengan penggunaan pipet ukur tetes demi tetes secara perlahan, selanjutnya dilakukan pemanasan pada suhu 65°C-70°C dan diaduk dengan kecepatan sedang selama 1 jam, pemanasan dihentikan dan diaduk selama 1 jam campuran kemudian didiamkan selama 24 jam dalam corong pisah. Campuran minyak dan etil ester hasil esterifikasi dipisahkan. Lapisan atas yaitu etil ester dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali untuk menghilangkan sisa katalis asamnya. Begitu juga untuk perbandingan 3:1 dan 5:1 dilakukan prosedur esterifikasi yang sama.

2.2.6 Transesterifikasi

Campuran hasil proses esterifikasi kemudian ditambah 1,3% v/v katalis kalium etoksida secara bertahap, untuk perhitungan pembuatan katalis KOH yang digunakan dalam proses transesterifikasi yaitu 1,3 % terhadap berat produk esterifikasi.

Campuran dipanaskan pada suhu 55°C-60°C (dilakukan selama proses transesterifikasi ini berlangsung) dan diaduk pada kecepatan sedang, pengadukan dan pemanasan ini dilakukan selama 2,5 jam. Campuran dipindahkan ke dalam corong pisah dan didiamkan selama 1 jam. Campuran ini membentuk dua lapisan lalu dipisahkan yaitu lapisan atas merupakan biodiesel sedangkan lapisan bawahnya adalah gliserol. Lapisan atas berupa biodiesel yang diperoleh kemudian dicuci dengan teknik mengaduk-aduk. Air yang terdistribusi dalam biodiesel dikeringkan dengan CaCl₂ anhidrat sampai jenuh, kemudian disaring.

2.2.7 Uji karakteristik biodiesel

Uji karakteristik biodiesel meliputi uji densitas, viskositas, titik tuang, titik nyala, korosi bilah lembaga, kadar air dan sedimen yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) -04-7182-2006.

2.2.8 Densitas

Sebanyak 10,0 mL sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian ditempatkan dalam bak berisi air pada suhu 25⁰C. Botol piknometer beserta tutupnya yang bersih dan kering ditimbang. Sampel dituangkan ke dalam piknometer selanjutnya ditutup hingga cairan meluap dari kapiler. Bagian luar botol dan ujung kapiler piknometer dikeringkan dengan tisu. Piknometer yang berisi sampel ditimbang dan pengerjaan dilakukan sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh massa jenis rata-rata sampel.

2.2.9 Viskositas

Viskometer yang bersih dan kering disiapkan, diletakkan pada penyangga termostat dengan posisi vertikal. Sebanyak 5,0 mL sampel dipipet kemudian dimasukkan ke dalam reservoir c. Cairan selanjutnya dibawa menuju reservoir a dengan cara dihisap dengan bola isap karet hingga sedikit di atas garis a. Cairan dibiarkan mengalir secara bebas dari a ke b. Waktu yang diperlukan sampel mengalir dicatat. Pengerjaan tersebut juga dilakukan untuk cairan pembanding yaitu akuades dengan menggunakan viskosimeter yang sama. Berat jenis dan waktu alir sampel dibandingkan dengan data cairan pembanding. Pengerjaan ini dilakukan sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh viskositas rata-rata sampel.

2.2.10 Penentuan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) -04-7182-2006

Untuk titik nyala, titik tuang, korosi bilah lembaga, kadar air dan sedimen diuji di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Gas dan Batubara. Jurusan Teknik Kimia Fakultas

Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta dengan menggunakan metode ASTM D 93, ASTM D 130, ASTM D 95. *American Society for Testing Materials*, yakni sebuah lembaga non profit internasional yang menerapkan standar, metode tes, rekomendasi praktek hingga definisi atas sebuah material benda, termasuk di industri teknologi informasi. Standar operasional analisa Amerika ini untuk pengujian material yang sudah dibakukan. Pada evaluasi atau pengukuran suatu besaran, terdapat beberapa prosedur yang harus dilakukan dengan benar supaya hasilnya dapat dipertanggungjawabkan. Standar ini diadopsi oleh banyak standar turunan, salah satunya SNI (Standar Nasional Indonesia).

2.2.11 Pengukuran hasil biodiesel dengan kromatografi gas

Biodiesel dari minyak jelantah yang peroleh dianalisis dengan kromatografi gas di Laboratorium Bersama FMIPA Universitas Udayana Bukit Jimbaran. Kromatogram dari biodiesel selanjutnya dibandingkan dengan kromatogram pembanding yang telah terprogram pada alat kromatografi gas (*standardreference*), standar referensi yaitu etil palmitat.

3 HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Kadar Bioetanol

Kadar bioetanol dari tetes tebu dengan kadar 82,59 %, selanjutnya didestilasi kembali diperoleh kadar etanol berturut-turut adalah 93,73 % dan 95,32 %, diukur kadar etanolnya dengan *Gas Chromatography* varian 3300 menunjukkan hasil bahwa etanol ada pada waktu retensi 3,297 - 3,302.

3.2 Asam Lemak Bebas (*Free Fatty Acid*) Minyak Jelantah

Persen asam lemak bebas dalam minyak jelantah yang diperoleh sebesar 9,16 % dan SD = 0,5665. Persen FFA ini dalam minyak jelantah dapat dipergunakan sebagai bahan baku biodiesel. Penentuan persen FFA

minyak jelantah dilakukan untuk mengetahui kadar asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak jelantah dan mengetahui kualitas minyak tersebut agar dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel nabati.

3.3 Esterifikasi

Esterifikasi pada tahap ini dilakukan untuk mereaksikan asam-asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak jelantah dengan bioetanol dan katalis H_2SO_4 menghasilkan campuran etil ester.

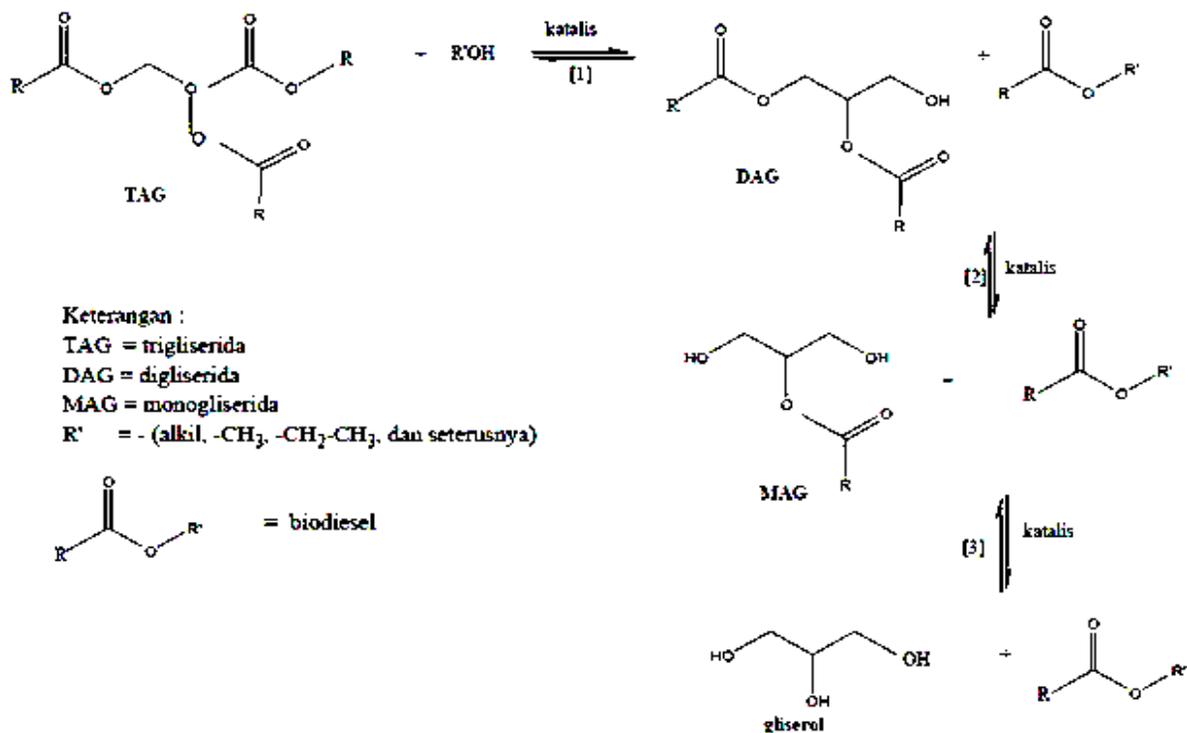
3.4 Transesterifikasi

Mekanisme reaksi transesterifikasi pada tahap pertama, proton ditransfer dari bagian alkohol ROH ke gugus R''O sehingga menjadi gugus pergi yaitu molekul alkohol lain R''OH. Molekul R''OH tersebut dilepaskan pada tahap kedua. Terakhir pada tahap ketiga terjadi deprotonasi sehingga ikatan karbonil terbentuk kembali dan terbentuklah produk ester dimana gugus R''

diganti dengan R. Reaksi transesterifikasi dengan katalis asam merupakan reaksi kesetimbangan, oleh karena itu untuk meningkatkan jumlah produk harus digunakan jumlah reaktan yang berlebih. Transesterifikasi minyak adalah reaksi antara minyak (trigliserida) dengan suatu alkohol dengan bantuan katalis menghasilkan suatu ester minyak atau turunan esternya. Pada transesterifikasi minyak, terjadi reaksi antara trigliserida dengan suatu alkohol menggunakan katalis asam kuat atau basa kuat, menghasilkan campuran alkil ester asam lemak dan gliserol [4], ditunjukkan pada Gambar 1.

3.5 Karakteristik Biodiesel

Pada penelitian ini untuk karakteristik biodiesel yang meliputi densitas, viskositas, titik tuang, titik nyala, korosi bilah lembaga, kadar air dan sedimen ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Hasil etil esterifikasi

Tabel 1. Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah dan Bioetanol Tetes Tebu Dibandingkan Dengan Standard Nasional Indonesia (SNI)

Biodiesel	Analisis parameter biodiesel					
	Densitas Pada 40 ⁰ C (kg/m ³)	Viskositas Pada 40 ⁰ C (mm ² /s)	Titik Tuang (°C)	Titik Nyala (°C)	Korosi	Kadar air (% vol)
B ₁	866,3	25,3596	6	138,5	1a	0,05
B ₂	865,3	24,8811	6	93,5	1a	Trace
B ₃	860,3	19,1386	9	212,5	1a	0,2
SNI	850 – 890	2,3 – 6,0	-15 -13	Min 100	Max no 3	Max 0,05

Keterangan :

B₁ = Biodiesel dengan perbandingan 1:1

B₂ = Biodiesel dengan perbandingan 3:1

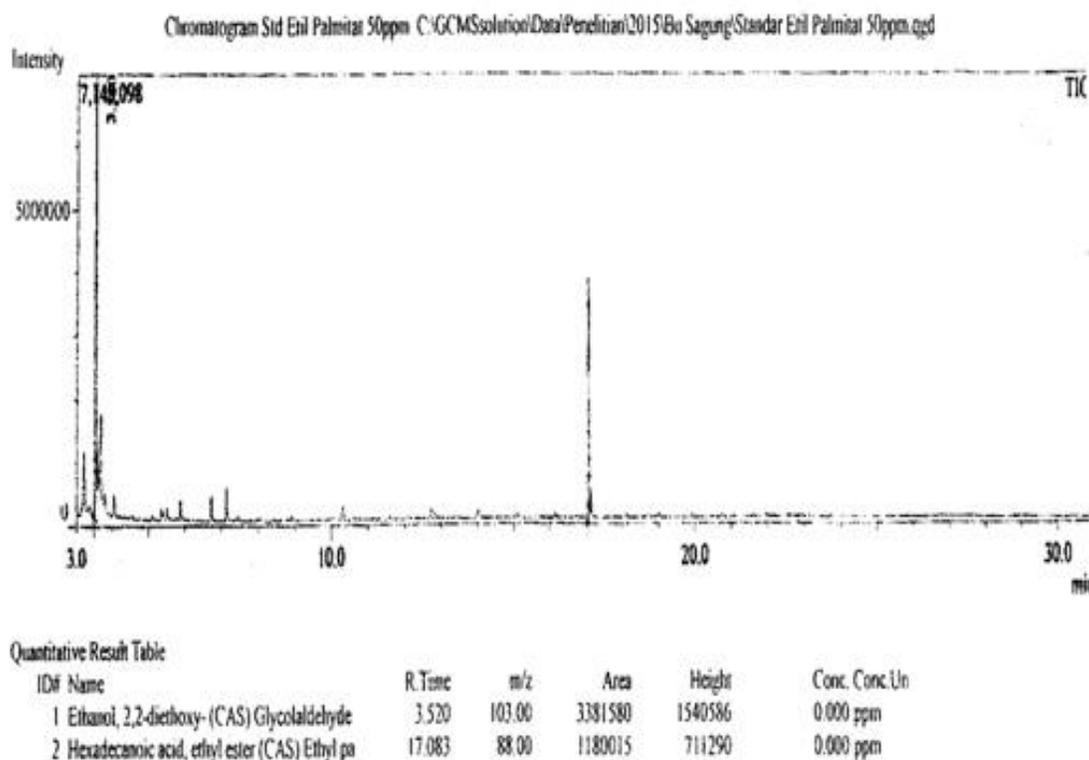
B₃ = Biodiesel dengan perbandingan 5:1

SNI = Standar Nasional Indonesia

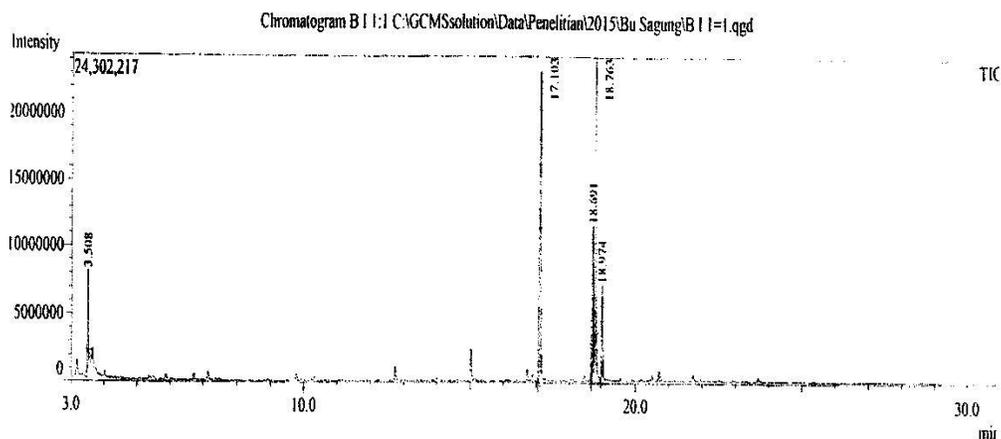
3.6 Hasil Analisis Kandungan Ester Dalam Biodiesel Dengan Kromatografi Gas

Hasil kromatogram untuk biodiesel yang dihasilkan dengan perbandingan minyak jelantah

dan bioetanol tetes tebu yaitu 1:1, 3:1, 5:1 menggunakan standar etil palmitat ditunjukkan pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



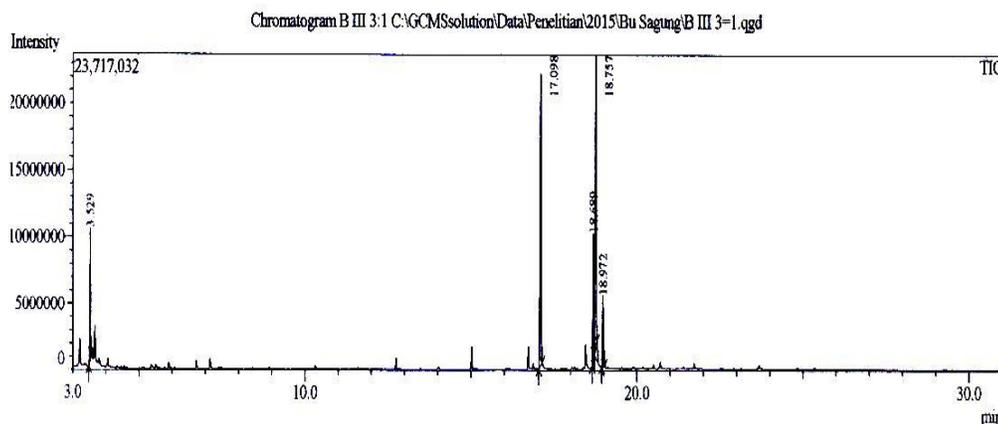
Gambar 2. Kromatogram Standar Etil Palmitat



Quantitative Result Table

ID#	Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc.	Conc.Un
1	Ethanol, 2,2-diethoxy- (CAS) Glycolaldehyde	3.508	47.00	5567514	1754049	0.000	ppm
2	Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl pa	17.104	88.00	10603836	4490940	0.000	ppm
3	Butyl 9,12-octadecadienoate	18.692	81.00	1686842	854173	0.000	ppm
4	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester (CAS) Et	18.765	55.00	2642262	1028570	0.000	ppm
5	Octadecanoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl ste	18.974	88.00	2126676	1232609	0.000	ppm

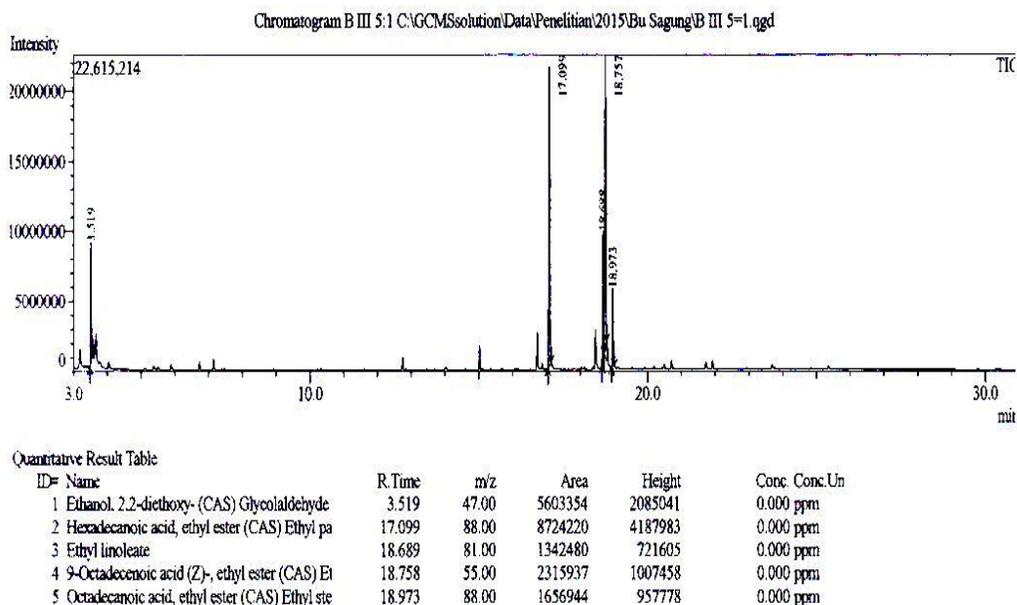
Gambar 3. Kromatogram Biodiesel 1:1



Quantitative Result Table

ID#	Name	R.Time	m/z	Area	Height	Conc.	Conc.Un
1	Ethanol, 2,2-diethoxy- (CAS) Glycolaldehyde	3.530	47.00	4835711	2407740	0.000	ppm
2	Hexadecanoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl pa	17.098	88.00	9107507	4316455	0.000	ppm
3	Ethyl linoleate	18.689	81.00	1393250	747786	0.000	ppm
4	9-Octadecenoic acid (Z)-, ethyl ester (CAS) Et	18.758	55.00	2430876	1076134	0.000	ppm
5	Octadecanoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl ste	18.973	88.00	1578150	928866	0.000	ppm

Gambar 4. Kromatogram Biodiesel 3:1



Gambar 5. Kromatogram Biodiesel 5:1

Setelah dianalisis dengan kromatografi gas biodiesel B1, B2, B3 menunjukkan adanya senyawa-senyawa ester (etil palmitat, etil linoleat, etil laurat) dengan waktu retensi 17,0 ,18,6 , 18,7 menit. Proses transesterifikasi sudah terjadi dibuktikan dengan etil ester yang terbentuk.

4. KESIMPULAN

Karakteristik biodiesel dariminyak jelantah menggunakan bioetanol tetes tebu dalam proses estrifikasi dan transesterifikasi, dapat disimpulkan bioetanol tetes tebu yang digunakan sebagai pereaksi dengan berbagai perbandingan dapat digunakan dalam sintesis biodiesel. Dengan penggunaan bioetanol tetes tebu dalam sintesis biodiesel, diperoleh karakteristik biodieseldari minyak jelantah dan bioetanol tetes tebu dengan berbagai perbandingan 1:1, 3:1, 5:1 telahsesuai dengan standar biodiesel menurut Standar Nasional

Indonesia (SNI) -04-7182-2006 kecuali viskositas. Untuk memenuhi syarat viskositas sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan mencari perbandingan pereaksi dan dilakukan proses transesterifikasi kembali. Dilakukan juga penelitian menggunakan bioetanol dari bahan baku selain tetes tebu yang harganya lebih terjangkau dan tersedia dalam jumlah yang banyak dan tidak tergantung musim

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada seluruh staff Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana Bukit Jimbaran, Unit pelaksana Teknis (UPT) Laboratorium Analitik Universitas Udayana Bukit Jimbaran, Laboratorium Bersama FMIPA Universitas Udayana Bukit Jimbaran,

Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Gas dan Batubara Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta, yang telah banyak membantu dalam berlangsungnya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Krawczyk, T. 1996. Biodiesel-Alternative Fuel Makes in Roads but Hurdles Remain. Dalam: Rofianty, R. & Ratnasih, R., 2007. Eksplorasi *Azadirachia indica* A. Juss (Nimba) dan *Tamarindus indica* (Asam Jawa) sebagai Bahan Baku Biodiesel, ITB, Bandung.
- [2] Kueh, S.T. 2008. *Biofuels: Alternative Energy for the Transportation Sector*. Seminar: Himpunan Kimia Indonesia (HKI) National Conference 2008, Denpasar 27 Agustus 2008.
- [3] Manurung, G.14 Maret 2006. Sawit Biodiesel, <http://www.freelists.org> ,diakses pada tanggal 11 September 2014.
- [4] Prihandana, R., Hendroko, R., & Nuramin, M. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah, Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Agro Media Pustaka, Jakarta, 8-34 .
- [5] Rama, P. Roy, H., dan Makmuri N. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah*. Depok: Agro Media Pustaka.
- [6] Soerawidjaja, T.H. 2006. *Fondasi-fondasi Ilmiah dan Keteknikan dari Teknologi Pembuatan Biodiesel*. Dalam: Zandy, A., Destiana, M., Nazef, & Puspasari, S., 2007. Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel, www.pdf-search-engine.com, 5 Oktober 2014.
- [7] Adnyana, I W.B., Suaniti, N.M., 2015. *Analysis Ethyl Ester in Biodiesel of Raw Material Waste Coconut Oil & Arak*. Proceedings 2nd International Conference on Engineering of Tarumanegara. Urban Engineering for Future Generation, Jakarta, 22-23 October 2015, ISBN: 978-602-71459-1-7.