

PEMANFAATAN ABU CANGKANG KERANG DARAH (*ANADARA GRANOSA*) SEBAGAI KATALIS DALAM PEMBUATAN METIL ESTER DARI MINYAK JELANTAH

Bernandus Petrus, Andika Prasetyo Sembiring, Mersi Suriani Sinaga
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia

Email: bernanduspetrus@gmail.com

Abstrak

Transesterifikasi merupakan reaksi yang digunakan untuk memproduksi metil ester dimana reaksi ini melibatkan katalis dari abu cangkang kerang darah hasil pembakaran pada temperatur 900 °C selama 3 jam dan jumlah abu yang digunakan sebesar 8%, 10%, 12% (b/b). Abu yang digunakan di larutkan dalam metanol dengan rasio molar metanol:minyak sebesar 9:1, 12:1 (n/n) untuk mendapatkan senyawa kalsium metoksida. Minyak jelantah disaring kemudian diesterifikasi dengan katalis 3,0% (b/b) H₂SO₄ 98% dan metanol: TG minyak (6:1) untuk menurunkan FFA menjadi <1%. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada temperatur reaksi 65 °C selama 3 jam, dan pengadukan tetap 700 rpm. Secara kuantitatif, yield optimum metil ester yang dihasilkan adalah pada jumlah abu 12% (b/b) dan rasio molar metanol:minyak sebesar 12:1 (n/n) sebesar 56,51% dengan spesifikasi metil ester seperti densitas, viskositas kinematik dan titik nyala sesuai dengan SNI 04-7182-2006 biodiesel dan berdasarkan analisa GC (Gas Chromatography), kemurnian metil ester yang dihasilkan adalah 98,79%.

Kata kunci: minyak jelantah, katalis, esterifikasi, transesterifikasi, metil ester

Abstract

Transesterification is the reaction to produce methyl esters in which this reaction's involves catalyst of blood clam shell ashes of combustion at temperatures of 900 °C for 3 hours and the amount of ash that is used by 8%, 10%, 12% (w / w). Ash used in dissolved in methanol with a molar ratio of methanol: oil of 9: 1, 12: 1 (n / n) to obtain a compound of calcium methoxide. Used cooking oil is filtered and then esterified with catalyst 3.0% (w / w) H₂SO₄ 98% and methanol: oil TG (6: 1) to reduce the FFA to <1%. Transesterification reaction is carried out at a reaction temperature of 65 °C for 3 hours, and keep stirring 700 rpm. Quantitatively, the optimum yield of methyl ester in the amount of ash produced is 12% (w / w) and the molar ratio of methanol: oil at 12: 1 (n / n) of 56.51% with specification methyl esters such as density, kinematic viscosity and purity methyl ester biodiesel in accordance with SNI 04-7182-2006, based on the analysis of GC (Gas Chromatography), the purity of the resulting methyl ester was 98.79%.

Keywords: used cooking oil, catalyst, esterification, transesterification, methyl ester

Pendahuluan

Menipisnya cadangan minyak bumi di dunia menjadi perhatian yang sangat serius dari berbagai kalangan. Oleh karena itu, penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar utama untuk berbagai macam kegiatan perlu dibatasi dan dicari sumber energy penggantinya. Berbagai macam penelitian tentang energy alternative telah dilakukan, salah satunya biodiesel. Biodiesel memiliki banyak keuntungan dibandingkan petroleum diesel. Biodiesel merupakan bahan yang bisa diperbaharui, rendah emisi, dan *biodegradable*. Biodiesel dapat diproduksi dengan proses transesterifikasi yang menggunakan minyak nabati yang direaksikan dengan metanol. Secara umum biodiesel (metil ester) yang dihasilkan menunjukkan sifat yang sama sebagai bahan bakar konvensional [4].

Produksi metil ester biasanya menggunakan katalis homogen. Dengan menggunakan katalis homogen baik asam atau basa, reaksi pembentukan metil ester akan berjalan cepat dan konversi reaksi juga tinggi. Tetapi salah satu

kerugian dalam penggunaan katalis homogen adalah katalis tersebut sulit diregenerasi kembali, karena katalis bercampur dengan minyak dan metanol maka proses pemisahan katalis dari produk lebih kompleks. Penggunaan katalis ini juga tidak ramah lingkungan karena membutuhkan banyak air untuk proses pemisahannya. Untuk mengatasi kelemahan dari katalis homogen tersebut penelitian untuk mengembangkan katalis alternatif telah banyak dilakukan dan fokusnya adalah pengembangan katalis heterogen. Beberapa katalis heterogen yang telah digunakan pada pembuatan metil ester adalah KNO₃/Al₂O₃, MgO, SrO, CaO, dll. CaO lebih banyak digunakan karena CaO tergolong bahan ramah lingkungan. Pemanfaatan CaO yang diperoleh dari limbah kerang telah banyak dipelajari belakangan ini seperti kerang tiram, kerang darah, kerang batik, cangkang kepiting lumpur, dan *golden apple*, *snail shell* telah digunakan sebagai sumber bahan baku CaO dan dievaluasi keefektifannya sebagai katalis pembuatan metil ester [4].

Menurut statistik perikanan tangkap Indonesia jumlah kerang darah yang di hasilkan sebanyak 34382 ton/tahun, pemanfaatan cangkang kerang sebagai katalis dalam pembuatan metil ester untuk mengurangi limbah perairan. Cangkang kerang darah mengandung kalsium karbonat (CaCO₃), pembakaran cangkang kerang selain menghasilkan abu akan mengubah kandungan yang terdapat di abu cangkang yang mengandung CaO sebesar 69,02%. Abu kerang yang mengandung CaO direaksikan dengan metanol (CH₃OH) akan membentuk kalsium metoksida (Ca(OCH₃)₂) yang dapat mempercepat reaksi transesterifikasi minyak nabati pada pembuatan metil ester [11].

Aldes, dkk membuat metil ester dari minyak jelantah dengan menggunakan kerang darah pada 900°C sebagai katalis dengan prosedur yang diperkenalkan oleh viriya-empikul yang terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu proses transesterifikasi, ekstraksi, dan proses destilasi untuk mendapatkan metil ester murni, dimana Aldes, dkk tidak melakukan variasi variabel operasi. Minyak jelantah yang memiliki kandungan asam lemak bebas (ALB) yang tinggi yang jika ditransesterifikasi dengan katalis abu kerang (bersifat basa) akan membentuk sabun, maka perlu terlebih dahulu dilakukan proses esterifikasi sebelum proses transesterifikasi [3].

Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, perlu di lakukan penelitian pemanfaatan abu kerang darah sebagai katalis dalam pembuatan metil ester dari minyak jelantah dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi sehingga diperoleh metil ester dengan jumlah yang besar dan abu kerang darah sebagai substitusi katalis heterogen.

Teori

Biodiesel (metil ester) merupakan energi terbarukan yang dapat diperbaharui, bersifat *biodegradable*, ramah lingkungan karena hampir tidak ada membuang gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), hidrokarbon (HC) dan partikel-partikel lain yang mengganggu pernafasan [7]. Abu cangkang kerang memiliki kadar kalsium oksida (CaO) yang tinggi. Senyawa utama penyusun katalis abu dapat dilihat pada tabel 1.

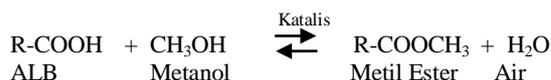
Tabel 1. Senyawa utama Abu Cangkang kerang

Komponen	Konsentrasi (%)
CaO	69,02
Kadar air	0,02

Dari tabel 1 di atas dapat di lihat bahwa kalsium oksida merupakan senyawa utama dalam abu cangkang kerang sebesar 69,02% (b/b). Fungsi katalisator adalah mengaktifkan zat pereaksi sehingga pada kondisi tertentu konstanta kecepatan reaksi bertambah besar. Kalium hidroksida (KOH) merupakan katalis yang sering di gunakan dalam metanolisis ataupun etanolisis minyak mentah dan minyak kelapa yang memberikan *yield* sebesar 90%. Namun, penggunaan katalis homogen mempunyai kelemahan yaitu bersifat korosif, sulit dipisahkan dari produk dan katalis tidak dapat digunakan kembali [9].

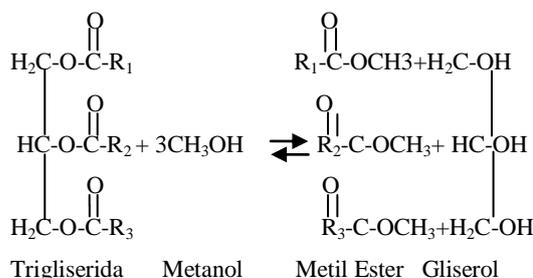
Saat ini banyak industri menggunakan katalis heterogen yang mempunyai banyak keuntungan dan sifatnya yang ramah lingkungan, yaitu tidak bersifat korosif, mudah dipisahkan dari produk dengan cara filtrasi, serta dapat digunakan berulang kali dalam jangka waktu yang lama. Selain itu katalis heterogen meningkatkan kemurnian hasil karena reaksi samping dapat dieliminasi. Pemisahan katalis heterogen ini dari produk reaksinya dapat dilakukan dengan mudah. Abu yang mengandung senyawa kalsium oksida dilarutkan dalam metanol akan membentuk kalsium metoksida (Ca(OCH₃)₂) yang digunakan sebagai katalis dalam proses transesterifikasi [11].

Minyak jelantah memiliki kadar asam lemak bebas (ALB) yang tinggi. Maka perlu dilakukan esterifikasi asam lemak bebas dengan katalis asam seperti asam sulfat untuk menjadi metil ester. Reaksi esterifikasi dapat di lihat pada gambar 1.



Gambar 1. Reaksi Esterifikasi dari Asam Lemak menjadi Metil Ester [12]

Transesterifikasi merupakan reaksi minyak dan lemak dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Reaksi transesterifikasi dapat di lihat pada gambar 2.



Gambar 2. Reaksi Transesterifikasi dari Trigliserida menjadi Metil Ester [12]

Katalis biasanya di gunakan untuk mempercepat laju reaksi dan *yield*. Alkohol berlebih juga di gunakan untuk kesetimbangan sehingga reaksi bergeser ke arah produk karena ini merupakan reaksi reversibel. Jadi, ketika NaOH, KOH, atau sejenisnya dicampur dengan alkohol maka akan terbentuk larutan alkalinitas. Metanol (CH₃OH), etanol (C₂H₅OH), propanol (C₃H₇OH) dan butanol (C₄H₉OH) banyak digunakan dalam reaksi ini namun metanol lebih banyak digunakan karena harga lebih murah dibandingkan alkohol lain [9, 12].

Metodologi Penelitian

Alat

Beaker glass, Labu leher tiga, Corong Pemisah, Oven, Desikator, Piknometer, Erlenmeyer, Refluks Kondensor, *Furnace*, Satu set alat titrasi, Gelas Ukur, Termometer, *Hot Plate*, Viskosimeter Ostwald, *Ball Mill*, Kertas Saringan

Bahan

Bahan yang di gunakan sebagai katalis pada penelitian ini adalah abu cangkang kerang yang di ambil dari pasar tradisional sedangkan sebagai bahan baku pada pembuatan metil ester adalah minyak jelantah yang diperoleh dari cafe dan penjual gorengan. Penelitian ini di lakukan di Laboratorium Penelitian dan Laboratorium Proses Industri Kimia Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Prosedur Kerja

Tahap Preparasi Abu Cangkang Kerang

Cangkang kerang dicuci dengan air sampai bersih. Cangkang dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam, diamkan di desikator 1 selama 24 jam, dihaluskan dengan *ball mill* kemudian dikalsinasi dengan *furnace* pada suhu 900 °C selama 3 jam, didiamkan di dalam desikator selama 24 jam, kemudian diayak 100 mesh [3].

Proses Esterifikasi

Sebanyak 150 gram minyak jelantah direaksikan dengan Metanol (perbandingan mol metanol:Minyak adalah 6:1) dan ditambah dengan katalis 3% (b/b) H₂SO₄ 98% direkasikan pada temperatur 60 °C selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Setelah reaksi dicapai, sampel dimasukkan dalam corong pemisah dan didiamkan pada suhu kamar selama 2 jam hingga terbentuk dua lapisan kemudian di pisahkan lapisan ester dan air. Sampel hasil esterifikasi dianalisa hingga FFA < 1% dan dipanaskan dalam oven pada suhu 110 °C hingga berat konstan [8].

Proses Transesterifikasi

Ditimbang 8% (b/b) abu cangkang kerang di aduk dengan rasio molar metanol:minyak 9:1 ke dalam *beaker glass* lalu di aduk dan didiamkan selama 24 jam. Sampel hasil esterifikasi minyak jelantah di masukkan ke dalam labu leher tiga yang di lengkapi dengan termometer, motor pengaduk, dan refluks kondensor dan dipanaskan sampai suhu 60 °C lalu dimasukkan Campuran abu cangkang kerang dan metanol di masukkan ke dalam labu leher tiga yang berisi minyak. Campuran di panaskan sampai temperatur 65 °C di atas *hot plate* dan dibiarkan bereaksi selama 3 jam pada temperatur konstan dan dengan pengadukan konstan yaitu 700 rpm. Campuran yang terbentuk dituang ke dalam corong pemisah yang beri kertas saring diatas dan di biarkan terjadi pemisahan selama 24 jam pada temperatur kamar. Lapisan bawah (gliserol) di buang sehingga yang tertinggal hanya lapisan atas yaitu metil ester. Metil ester di cuci dengan air hangat (50 °C) dalam corong pemisah untuk membuang residu katalis dan sabun. Pencucian ini dilakukan secara perlahan-lahan hingga lapisan air pencuci telah jernih. Setelah di cuci metil ester yang di dihasilkan dikeringkan pada suhu 110 °C hingga tidak terlihat gelembung gas kemudian dihitung massanya. Prosedur proses transesterifikasi tersebut di lanjutkan dengan variasi jumlah katalis 10% dan 12% dan rasio molar metanol:minyak 9:1 [1, 4].

Hasil yang diperoleh kemudian di analisa secara kuantitatif dan kualitatif yaitu analisa *yield*, kemurnian, densitas, viskositas kinematik sesuai dengan SNI 04-7182-2006 yang di tunjukkan pada tabel 2.

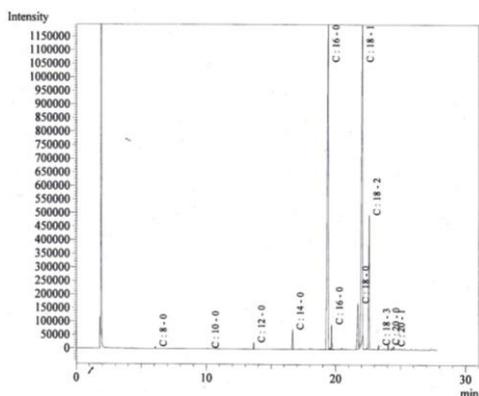
Tabel 2. Persyaratan Kualitas Biodiesel

Parameter dan Satuannya	Batas Nilai
Massa jenis pada 40 °C, kg/m ³	850 – 890
Viskositas kinematik pada 40 °C, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
Titik nyala (mangkok tertutup), °C	min. 100
Gliserol bebas %-massa	maks. 0,02
Gliserol total %-massa	maks. 0,24

Hasil

Analisa Bahan Baku Minyak Jelantah

Bahan baku minyak jelantah ini dianalisis dengan menggunakan GC (*Gas Chromatography*) untuk mengetahui komposisi asam-asam lemak yang terkandung didalamnya dan untuk menghitung berat molekul minyak jelantah (dalam bentuk trigliserida).



Gambar 3. Kromatogram Komposisi Asam Lemak Minyak Jelantah

Pada gambar 3 merupakan komposisi asam lemak hasil analisa GC. Dari kromatogram pada gambar 3 komposisi asam lemak minyak jelantah tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Asam Lemak dari Minyak Jelantah

Retention Time (menit)	Komponen Penyusun	Komposisi % (b/b)
6,082	Asam Kaprilat (C _{8:0})	0,1265
10,098	Asam Kaproat (C _{10:0})	0,0311
13,648	Asam Laurat (C _{12:0})	0,3722
16,653	Asam Miristat (C _{14:0})	1,0871
19,405	Asam Palmitat (C _{16:0})	39,7893
19,688	Asam Palmitat (C _{16:0})	1,4450
21,713	Asam Stearat (C _{18:0})	4,5168
22,051	Asam Oleat (C _{18:1})	41,9186
22,577	Asam Linoleat (C _{18:2})	9,6923
23,314	Asam Linolenat (C _{18:3})	0,2870
24,056	Asam Arakidat (C _{20:0})	0,3446
24,467	Asam Eikosenoat (C _{20:1})	0,3896

Berdasarkan hasil analisa GC, komponen asam lemak yang dominan pada sampel minyak jelantah adalah asam palmitat (C_{16:0}) sebesar 39,7893 % (b/b) dan asam oleat (C_{18:1}) sebesar 41,9186 % (b/b). Asam Lemak Bebas yang

terdapat pada sampel Minyak Jelantah dapat dilihat pada tabel 4.

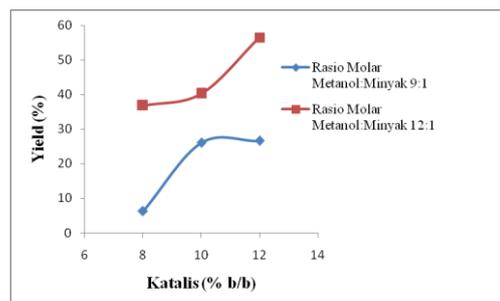
Tabel 4. Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Jelantah

Kadar ALB (%)		
Sebelum Esterifikasi	Sesudah Esterifikasi	% Penurunan ALB
3,114	0,819	73,70
3,209	0,86	73,20
3,51	0,888	74,70
3,619	0,901	75,10
4,001	0,942	76,46
4,124	0,956	76,82

Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa dengan esterifikasi maka ALB Minyak Jelantah menurun menjadi <1%.

Analisa Yield

Hubungan jumlah katalis (%b/b) terhadap yield metil ester dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh Persen Katalis (%b/b) Terhadap Yield Metil Ester

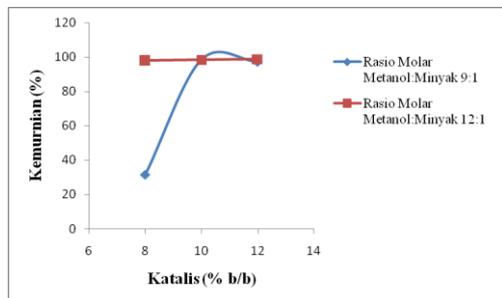
Achanai, dkk., 2013 melakukan penelitian pembuatan metil ester tanpa katalis dengan waktu 2-6 jam dimana tidak ada metil ester yang dihasilkan [1]. Kemungkinan pembentukan metil ester dapat dilakukan tanpa katalis tetapi terbentuk metil ester dalam waktu yang cukup lama. Pada Gambar 4 dapat dilihat pengaruh katalis pada rasio molar metanol:minyak terhadap yield metil ester. Pada rasio molar metanol:minyak 9:1 katalis 8 % menghasilkan yield metil ester sebanyak 6,3%, dengan penambahan katalis 10% dan 12% mengalami kenaikan yield metil ester 25,71% dan 26,94%. Pada rasio molar metanol:minyak 12:1 katalis 8% menghasilkan yield metil ester sebanyak 36,04% , dengan penambahan katalis 10% dan 12% menghasilkan yield yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi minyak sangat tergantung oleh katalis kalsium oksida (CaO) pada abu cangkang kerang. Yield

metil ester yang besar diperkirakan katalis CaO yang bereaksi dengan metanol sudah membentuk senyawa kalsium metoksida secara menyeluruh yang dapat meningkatkan yield metil ester, sedangkan *Yield* metil ester yang lebih sedikit diperkirakan bahwa konsentrasi katalis CaO yang belum bereaksi dengan metanol semakin besar tidak menyebabkan bergesernya reaksi ke arah pembentukan metil ester namun menyebabkan kualitas pertemuan antar reaktan semakin meningkat yang dapat menurunkan keaktifan kalsium oksida sebagai katalis. Ikut bereaksinya kalsium oksida terhadap trigliserida membuat reaksi cenderung membentuk gliserol dan membentuk sabun. Reaksi penyabunan tersebut akan mengambil sejumlah metil ester yang telah terbentuk dan juga metil ester lainnya dimungkinkan terjebak dalam emulsi yang terbentuk sehingga gliserol dan sabun yang terbentuk lebih banyak daripada metil ester yang diperoleh [6, 10].

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa kondisi terbaik yang didapatkan adalah pada katalis sebesar 12% dengan Rasio molar metanol:minyak 12:1 memberikan *yield* metil ester yang paling tinggi yaitu sebesar 56,51%. Hasil penelitian ini menggunakan abu cangkang kerang sebagai katalis menghasilkan *yield* dan kemurnian yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yang melakukan pembuatan metil ester dari minyak jelantah dengan menggunakan katalis CaO yang dilakukan Hilary rutto dan Christopher enwerewadu pada rasio molar metanol:minyak 12:1 yang menghasilkan *yield* sebesar 46,92% dan Aldes dkk tidak dapat menampilkan *yield* dan kemurnian pada penelitian yang dilakukan [3, 9].

Analisa Kemurnian Metil Ester

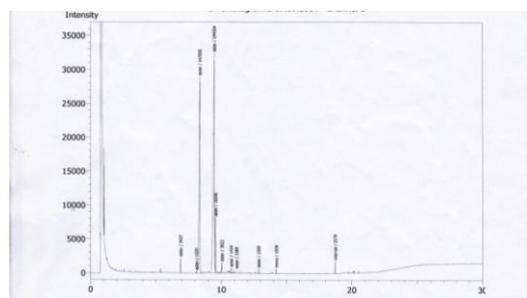
Hubungan jumlah katalis (%b/b) terhadap kemurnian metil ester dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Persen Katalis (%b/b) Terhadap Kemurnian Metil Ester

Dari gambar 5 dapat dilihat pengaruh persen katalis abu cangkang kerang terhadap kemurnian

metil ester. Grafik diatas menunjukkan pada rasio molar metanol : minyak 9:1, katalis 8% ke katalis 10% meningkatkan kemurnian metil ester yang dihasilkan 98,42% dan pada katalis 12% menghasilkan kemurnian yang menurun sebesar 97,33%. Sedangkan pada rasio molar metanol:minyak 12:1, penambahan persen katalis dari 8%, 10%, sampai 12% menghasilkan kemurnian metil ester yang meningkat terus. Diperoleh kemurnian metil ester tertinggi pada katalis 12% pada metanol:minyak 12:1 sebesar 98,79%. Hal ini dikarenakan pada persen katalis 12% yang dicampur dengan metanol:minyak 12:1 yang membentuk kalsium metoksida yang banyak sehingga tumbukan antara molekul trigliserida dengan alkohol menjadi lebih efektif dan produk lebih cepat terbentuk dalam waktu tertentu [6]. Pada gambar 6 merupakan hasil analisa GC metil ester yang tertinggi.



Gambar 6. Hasil Analisa GC menunjukkan kemurnian metil ester pada perbandingan mol:minyak 12:1, persen katalis 12 %

Hasil analisis dengan GC menunjukkan bahwa kemurnian metil ester yang dihasilkan sebanyak 98,79%, sedangkan sisanya adalah monogliserida dan internal.

Analisa Densitas

Densitas merupakan besaran intensif yang berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang di hasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar [11].

Tabel 5. Densitas Metil Ester

Katalis (%b/b)	Densitas (kg/m ³) Metanol:Minyak dengan rasio 9:1	Densitas (kg/m ³) Metanol:Minyak dengan rasio 12:1
8	887,69	873,37
10	877,89	872,44
12	874,62	856,26

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa semakin besar katalis abu cangkang kerang dan rasio molar yang besar menghasilkan densitas metil ester yang kecil. Hal ini disebabkan karena telah

terjadi pemutusan gliserol dari trigliserida sehingga terbentuk senyawa dengan ukuran molekul yang lebih kecil.

Densitas merupakan besaran intensif yang berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang di hasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 04-7182-2006) densitas metil ester pada suhu 40°C adalah 850 – 890 kg/m³. Dari hasil penelitian, densitas metil ester yang diperoleh berkisar 856,26 – 877,89 kg/m³. Dengan demikian, metil ester yang dihasilkan memenuhi standar metil ester. Jika metil ester mempunyai densitas melebihi ketentuan maka tidak dapat di gunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi dan menyebabkan kerusakan pada mesin [7].

Analisa Viskositas

Viskositas minyak diesel yang tinggi dapat mempersulit proses pembentukan butir butir kabut pada saat atomisasi bahan bakar ke dalam mesin dan menyebabkan terjadinya proses pembakaran yang tidak sempurna, akan tetapi jika viskositas bahan terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar. Adapun viskositas yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 6. Viskositas Kinematik Metil Ester

Persen Katalis (%b/b)	Viskositas Kinematik (cSt) Metanol:Minyak dengan rasio 9:1	Viskositas Kinematik (cSt) Metanol:Minyak dengan rasio 12:1
8	5,876	5,722
10	5,873	5,102
12	5,772	4,082

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 04-7182-2006), viskositas kinematik metil ester pada suhu 40°C adalah 2,3 – 6,0 cSt. Dari hasil penelitian yang diperoleh untuk berbagai variasi temperatur, viskositas kinematik metil ester yang diperoleh berkisar 4,082 – 5,876 cSt. Dari hasil penelitian yang diperoleh viskositas metil ester yang dihasilkan sesuai dengan standar viskositas kinematik biodiesel [2].

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa limbah cangkang kerang dapat digunakan sebagai katalis untuk sintesis metil ester. Pada penelitian ini, hasil maksimum biodiesel diperoleh sebanyak 56,51% dengan kemurnian 98,79% yaitu pada reaksi menggunakan cangkang kalsinasi 900°C selama 3 jam, temperatur reaksi 65°C, rasio mol

metanol:minyak 12:1, reaksi selama 3 jam dan persen katalis 12%.

Daftar Pustaka

[1] Achanai Buasri, Nattawut Chaiyut, Vorrada Loryuenyong, Phatsakon Worawanitcha phong, and Sarinthip Trongyong, Calcium Oxide Derived from Waste Shells of Mussel, Cockle, and Scallop as the Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production, *The Scientific World Journal*, Vol 2013.

[2] Agus Sundaryono., “Karakteristik Biodiesel Dan Blending Biodiesel Dari Oil Losses Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit”, *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 21 (1), 2005: hal 34-40.

[3] Aldes Lesbani, Risma Kurniawati M , Risfidian Mohadi, Produksi Biodiesel Melalui Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis Cangkang Kerang darah (*Anadara granosa*) Hasil Dekomposisi, *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, Vol 1, No 2, 2013: hal 1-7.

[4] Hendra D Tantra, Edo Tandean, Nani Indraswati, Suryadi Ismadji, Katalis Dari Limbah Kerang Batik (*phapia undulata*) Untuk Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala, 2011.

[5] Hilary Rutto dan Christopher Enweremadu, Optimization of production variables of biodiesel using calcium oxide as a heterogeneous catalyst: an optimized process, *Department of Chemical Engineering, Vanderbijlpark Campus, Vaal University Of Technology, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of South Africa*, 2013: hal 1-7.

[6] Isalmi Aziz, Siti Nurbayti, dan Badrul Ulum, Pembuatan produk biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Cara Esterifikasi dan Transesterifikasi, Program Studi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2011: hal 1-6.

[7] Muhammad Yusuf Ritonga, Doni Hermanto Sihombing, dan Allen Rianto Sihotang, Pengaruh Kadar Kalium Abu Kulit Abu Kelapa Dalam Mengkatalisis Reaksi Transesterifikasi Crude Palm Oil (CPO) Menjadi Metil Ester, Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, 2013: hal 1-97.

[8] Satriana dan Muhammad D. Supardan, “Kinetic Study of Esterification of Free Acid in Low Grade Crude Palm Oil Using Sulfuric Acid”, *AJChe*, 8(1), 2008: hal. 1-8.

[9] Singh, S.P dan Singh, Dipti, *Biodiesel production through the use of different*

sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel: A review, journal homepage :www.elsevier.com/locate/rser, 14 (2010). Hal. 200–216, 2009.

- [10] Sirichai Chantara-arpornchai, Apanee Luengnaruemitchai dan Samai Jai-In, “Biodiesel Production from Palm Oil Using Heterogeneous Base Catalyst”, *International Journal of Chemical and Biological Engineering* 6(2012):hal 230-235.
- [11] Tobing.E.R Mangisi, CaO dan MgO Sebagai Katalisator Terhadap Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak (*Ricinus Communis*) Menjadi Metil Ester Asam Lemak, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [12] Zheng, S., Kates, M., Dubé, M. A., McLean, D. D., “Acid-Catalyzed Production Of Biodiesel From Waste Frying Oil”, *Biomass And Bioenergy*, 30(1), 2006:hal. 267-272.