



TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK RANDU (*Ceiba pentandra L.*) DENGAN MENGGUNAKAN KATALIS TITANIUM OKSIDA (TiO_3)

Heny Juniar¹⁾, Mercelly Indah Rahayu²⁾

^{1,2)} Dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang

¹⁾email :henijuniar331@gmail.com

ABSTRAK

Biji buah kapuk memiliki kandungan utama minyak murni yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Minyak dalam biji kapuk dapat dipisahkan dari biji kapuk dengan cara ekstraksi. Penelitian dilakukan dengan mengekstrak minyak biji kapuk dengan menggunakan pelarut n- heksana, dilakukan dalam seperangkat alat ekstraksi sokhlet. penelitian dilakukan dengan variasi suhu, kecepatan pengaduk, perbandingan pelarut dan bahan, serta serbuk biji kapuk. Jenis katalis yang digunakan adalah TiO_2 . Dalam penelitian ini adalah lama pengadukan, dengan suhu 50 °C dengan variasi waktu lama pengadukan 30, 60, 90 120 menit dan 150 menit. Biodiesel yang diperoleh diuji parameternya meliputi massa jenis, viskositas, titik nyala (*flash point*) dan warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter minyak biji kapuk mempunyai rendemen dan asam lemak bebas (FFA) sebesar 33,4756 % dan 3,8782 %. Karakter biodiesel B_{K1} , B_{K2} , B_{K3} , B_{K4} dan B_{K5} meliputi: massa jenis berturut-turut sebesar 861,2; 861,5; 862,4, 863,2 dan 863,9 kg/m^3 , viskositas berturut-turut sebesar 2,0665; 2,1585; 2,8165,2,9159 dan 2,9856 cSt, titik nyala berturut-turut sebesar 29;32; 38;42 dan 44°C. Biodiesel memiliki nilai massa jenis yang sudah sesuai dengan SNI 7182:2012, namun nilai viskositas, titik nyala(*flash point*) belum memenuhi standar.

Kata kunci : Biodiesel,Minyak Biji Kapuk, TiO_2 , Transesterifikasi

PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Biodiesel diperoleh dari reaksi minyak tanaman (trigliserida) dengan alkohol yang menggunakan katalis TiO_2 pada suhu dan komposisi tertentu, sehingga dihasilkan dua zat yang disebut alkil ester (umumnya metil ester atau sering disebut biodiesel) dan gliserol. Proses reaksi ini disebut transesterifikasi (Maharani Nurul Hikmah, 2012). Biodiesel juga memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai secara alami (biodegradable), memiliki sifat renewable energy karena berasal dari alam yang dapat diperbarui dan dapat meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal (Erliza Hambali,2007). Salah satu bahan yang potensial karena pemanfaatannya yang kurang maksimal yakni biji kapuk. Saat ini, biji kapuk hanya digunakan sebagai campuran dalam pakan ternak. Kandungan minyak pada biji kapuk berkisar antara 25% - 40% (Ganjar Andaka. (2008).Menurut Muhammad Prio Bagus Santoso et al,2012, minyak biji kapuk mudah tengik karena memiliki kandungan asam lemak tak jenuh sekitar 71,95% lebih tinggi dari minyak kelapa. Minyak biji kapas ditransesterifikasi untuk diubah menjadi biodiesel. Biji Kapuk asam lemak utama ditemukan menjadi asam palmitat (27,76%) dan asam linoleat (42,84%). Berat molekul minyak adalah 881.039 g/ mol. Hasil

maksimum biodiesel 92% dilaporkan ketika suhu reaksi, waktu, rasio metanol/minyak dan laju pemuatan katalis masing-masing adalah 60°C, 50 menit, 12: 1 dan 3% (berat.%). Katalis kulit telur yang dikalsinasi dibuat dan dikarakterisasi. Pemurnian parsial metil ester asam lemak diusulkan untuk meningkatkan kemurnian biodiesel dan kinerja mesin yang lebih baik. Titik nyala dan titik api biodiesel ditemukan masing-masing 128°C dan 136°C. Efisiensi termal rem biodiesel WCCO B10 adalah 26,04% untuk beban maksimum, konsumsi bahan bakar spesifik untuk diesel adalah 0,32 kg / kW jam pada beban maksimum. Penggunaan campuran biodiesel menunjukkan pengurangan emisi karbon monoksida dan hidrokarbon dan sedikit peningkatan emisi nitrogen oksida (NO_x) yang meningkatkan karakteristik emisi (Kurnia Harlina Dewi, 2008). Tiga cara, yaitu rendering, pengepresan (pressing), atau dengan ekstraksi menggunakan pelarut (Kurnia Harlina Dewi, 2008). Ekstraksi dengan pelarut dapat berupa maserasi, sokhlet, dan reflux. Kondisi ekstraksi konvensional yang tidak tepat dapat menimbulkan kehilangan dan degradasi senyawa target yang diinginkan. Oleh karena itu perlu dikaji faktor-faktor yang berpengaruh, seperti metode ekstraksi yang digunakan (maserasi, sokhlet, dan reflux), jenis pelarut, rasio bahan pelarut, suhu, dan lama ekstraksi (Mescha Destianna dkk, 2014). Pembuatan minyak biji kapuk menjadi biodiesel dapat dilakukan melalui reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi terjadinya pertukaran langsung antara gugus R'' ester dengan gugus R' dari alkohol dengan bantuan katalis asam atau basa. Reaksi transesterifikasi berhubungan langsung dengan reaksi hidrolisis. Reaksi transesterifikasi bersifat reversibel, biasanya digunakan alkohol secara berlebihan (L.C. Meher et al, 2008). Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan transesterifikasi yaitu suhu pada saat proses transesterifikasi, waktu yang digunakan, jenis dan konsentrasi katalis, serta jenis dan konsentrasi alkohol. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 – 65°C (titik didih metanol sekitar 65°C). Pada temperatur tinggi, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat. Temperatur yang rendah akan menghasilkan konversi yang lebih tinggi namun dengan waktu reaksi yang lebih lama (Balaji Panchal et al, 2018). Berdasarkan kenyataan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pembuatan biodiesel dari minyak biji kapuk randu dengan variasi lama pengadukan pada proses transesterifikasi. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak biji kapuk diuji karakternya menggunakan parameter berupa: massa jenis, viskositas, warna, dan titik nyala.

METODELOGI PENELITIAN

Alat: seperangkat alat ekstraksi sokhlet, alat timbang neraca analitik, oven, corong, corong pisah, gelas ukur, *magnetic stirrer*, labu leher tiga, statif dan klem, mantel pemanas, *beaker glass*, pipet tetes, pipet gondok, pro pipet, termometer, penangas air, kaca arloji, Oswald, Erlenmeyer, dan buret.

Bahan : biji kapuk, TiO₂, metanol, akuades, larutan NaOH 0,1 N, pelarut n-heksan, indikator PP, etanol 96%, Kristal asam oksalat.

PROSEDUR PENELITIAN:

1. Preparasi Sampel Biji Kapuk

Biji kapuk diambil dari wilayah Palembang, Sumatera Selatan. Biji kapuk yang digunakan merupakan biji kapuk yang sudah tua. Pengambilan sampel dilakukan secara acak atau biasa disebut teknik random sampling. Sampel yang diambil dianggap mewakili dari biji kapuk yang ada di wilayah Sumatera Selatan. Biji kapuk ini kemudian diberi perlakuan awal yaitu dikeringkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 7 hari. Setelah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan disaring supaya ukuran serbuk biji kapuk homogen.

2. Ekstraksi Sokhlet

- a. Sampel biji kapuk yang sudah halus dan kering di timbang sebanyak 45 gram kemudian dibungkus dengan kertas saring.
- b. Sampel tersebut kemudian dimasukkan dalam selongsong ekstraktor sokhlet.
- c. Labu ekstraksi diisi dengan pelarut n-heksan sebanyak 225-250 mL.
- d. Sampel kemudian diekstrak selama 2-3jam.
- e. Hasil ekstraksi berupa pelarut dan zat terlarut yang kemudian dipisahkan menggunakan evaporator hingga didapatkan minyak biji kapuk.

3. Penentuan Asam Lemak Bebas (FFA) Minyak Biji Kapuk

- a. Minyak biji kapuk ditimbang sebanyak 29 gram kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.
- b. Ditambahkan 50 ml alkohol (etanol) netral yang sudah dipanaskan dan 3 tetes indikator phenolphthalein.
- c. Campuran dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N yang sudah distandarisasi sampai diperoleh warna merah jambu dan tidak hilang selama 30 detik.
- d. Dilakukan perhitungan untuk menentukan kadar FFA minyak biji kapuk randu

3. Reaksi Transesterifikasi

- a. Minyak biji kapuk ditimbang dengan neraca analitik sebesar 75 gram
- b. Katalis TiO_2 ditimbang sebanyak 0,6 gram, dan dilarutkan ke dalam metanol yang akan dicampurkan ketika transesterifikasi dengan berat metanol sebesar 16 gram.
- c. Minyak biji kapuk yang telah ditimbang kemudian dipanaskan hingga suhu mencapai ± 50 °C. Pemanasan dilakukan dengan *waterbath* dan dilengkapi *magnetic stirrer*.
- d. Setelah suhu tersebut tercapai, campuran katalis TiO_2 dan metanol dimasukkan ke dalam minyak biji kapuk lalu diaduk selama 30, 60, 90, 120 menit dan 150 menit.
- e. Setelah itu, campuran didinginkan, dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian biodiesel terbentuk pada lapisan bagian atas dan gliserol pada lapisan bagian bawah lalu dipisahkan.
- f. Selanjutnya dilakukan proses pencucian biodiesel dengan menambahkan sejumlah air lalu didiamkan selama 24 jam.
- g. Selanjutnya dilakukan proses pemurnian biodiesel dengan cara memanaskan biodiesel pada suhu 110 °C hingga diperoleh berat yang konstan.
- h. Langkah tersebut dilakukan untuk semua perlakuan sehingga diperoleh biodiesel B_{K1} , B_{K2} , B_{K3} dan B_{K4} , B_{K5}

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak Biji Kapuk Hasil Proses Ekstraksi

Sebanyak 45 gram biji kapuk diekstrak menggunakan pelarut *n*-heksana 250 ml selama 2-3 jam. Hasil ekstraksi kemudian dievaporasi untuk memisahkan minyak biji kapuk dengan pelarutnya. Data hasil ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Ekstraksi Sokhlet

No	Massa biji kapuk (gram)	Massa minyak biji kapuk (gram)	Rendemen (%)	Rata-rata (%)
1	45,05	14,5500	32,2974	33,4756
2	45,06	15,3215	34,0024	
3	45,02	15,2773	33,9344	
4	44,98	14,9625	33,2647	
5	45,08	15,2727	33,8791	

Data hasil uji asam lemak bebas (FFA) minyak biji kapuk dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. FFA Minyak Biji Kapuk

Parameter	Pengulangan	FFA (%)	FFA (%)
Minyak biji Kapuk	1	3,9100	3,8782
	2	3,8464	

Jenis pelarut yang digunakan dalam ekstraksi ini adalah *n*-heksana, karena bersifat non polar sama seperti minyak dan harganya relatif murah. Sedangkan waktu ekstraksi yang dipilih adalah 3 jam. Hasil ekstraksi sokhlet ini berupa campuran minyak dan pelarut yang homogen sehingga perlu dipisahkan. Pemisahan campuran ini dilakukan menggunakan alat evaporator. Minyak yang diperoleh diasumsikan sebagai minyak murni dengan rendemen 33,4756%. Selanjutnya minyak biji kapuk dilakukan uji kadar asam lemak bebas (FFA) untuk menentukan metode dalam pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini didapatkan FFA minyak biji kapuk sebesar 3,8782%, sehingga bisa langsung digunakan metode transesterifikasi.

Biodiesel Hasil Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi minyak biji kapuk dilakukan untuk memperoleh 4 jenis biodiesel yang berbeda. Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} dihasilkan dari proses reaksi transesterifikasi yang dilakukan dengan mereaksikan minyak biji kapuk dan metanol menggunakan katalis TiO₂. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 50° C dengan waktu lama pengadukan berturut-turut 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Biodiesel hasil proses transesterifikasi diuji dengan berbagai parameter uji untuk menentukan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Analisis parameter biodiesel meliputi pengujian massa jenis, viskositas, titik nyala (*flash point*) dan warna. Minyak yang sudah dipisahkan dari pelarutnya melalui tahap evaporasi diasumsikan sebagai minyak biji kapuk murni. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi pertukaran gugus alkohol secara langsung atau dapat pula digambarkan sebagai reaksi pertukaran gugus antara dua buah ester yang hanya dapat terjadi apabila terdapat katalis. Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan berbagai variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120 menit dan 150 menit pada suhu sekitar 50° C. Campuran yang terbentuk didinginkan dan didiamkan selama sekitar 24 jam. Campuran tersebut akan membentuk biodiesel pada lapisan atas dan gliserol pada lapisan bawah. Campuran biodiesel dan gliserol dipisahkan menggunakan corong pisah. Biodiesel kemudian dicuci

menggunakan aquades untuk menghilangkan gliserol yang tersisa dalam biodiesel. Proses pencucian ini dilakukan berulang kali hingga biodiesel bebas dari sisa gliserol. Biodiesel yang sudah bersih memiliki ciri jika ditambahkan aquades kembali tidak ada buih sabun yang terbentuk. Biodiesel yang sudah bebas dari gliserol kemudian dipanaskan pada suhu 110° C selama kurang lebih 1 jam hingga diperoleh berat yang konstan. Pemanasan ini dilakukan untuk menghilangkan sisa aquades sehingga biodiesel bebas dari air. Hasil yang diperoleh diasumsikan sebagai biodiesel murni. Akan tetapi menurut Meher et al., 2006, Guna et al., 2009, biodiesel adalah mono-alkil ester dari asam lemak yang diperoleh melalui reaksi transesterifikasi.

a. Rendemen Biodiesel

Data rendemen biodiesel yang terbentuk hasil proses transesterifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rendemen Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5}

Kode sampel	Pengulangan	Rendemen (%)	Rata-rata (%)
B _{K1}	1	50,5882	50,7278
	2	50,8674	
B _{K2}	1	51,6936	51,7588
	2	51,8241	
B _{K3}	1	51,7132	51,8872
	2	51,9612	
B _{K4}	1	51,8473	51,9008
	2	51,9543	
B _{K5}	1	51,9227	51,9165
	2	51,9938	

Reaksi transesterifikasi yang dilakukan dengan waktu lama pengadukan 30 menit (B_{K1}), 60 menit (B_{K2}), 90 menit (B_{K3}), 120 menit (B_{K4}), dan 150 menit (B_{K5}) dihasilkan biodiesel berturut-turut sebanyak 50,7278; 51,7588; 51,8872; 51,9008 dan 51,9165 gram. Secara teoritis, waktu transesterifikasi suatu proses akan mempengaruhi jumlah rendemen biodiesel yang dihasilkan yaitu semakin lama proses transesterifikasi berlangsung maka semakin besar pula rendemen produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini rendemen produk biodiesel yang dihasilkan yaitu B_{K1} < B_{K2} < B_{K3} < B_{K4} < B_{K5}

b. Massa jenis

Data hasil uji massa jenis biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh penggunaan waktu reaksi selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Uji Massa Jenis Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5}

Waktu (menit)	Kode	Katalis	Massa jenis (kg/m ³)	SNI 7182:2012 (kg/m ³)
30	B _{K1}	TiO ₂	861,2	850-890
60	B _{K2}	TiO ₂	861,5	
90	B _{K3}	TiO ₂	862,4	
120	B _{K4}	TiO ₂	863,2	
150	B _{K5}	TiO ₂	863,9	

Massa jenis berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel pada setiap satuan volume bahan bakar. Uji massa jenis biodiesel dilakukan menggunakan piknometer. Konsep dari perhitungan massa jenis ini adalah membandingkan massa zat dengan volume zat tersebut. Pengujian massa jenis dilakukan pada suhu kamar 25° C, namun dalam SNI 7182:2012

diharapkan pada suhu 40° C sehingga perlu dikonversi ke suhu 40° C. Hasil pengujian massa jenis untuk Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

c. Viskositas

Data hasil uji viskositas biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh variasi katalis TiO₂ serta penggunaan waktu reaksi selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Uji Viskositas Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5}

Waktu (menit)	Kode	Katalis	Viskositas (cSt)	SNI 7182:2012 (cSt)
30	BK1	TiO ₂	2,0665	2,3-6,0
60	BK2	TiO ₂	2,1585	
90	B _{K3}	TiO ₂	2,8165	
120	B _{K4}	TiO ₂	2,9159	
150	B _{K5}	TiO ₂	2,9856	

Hasil pengujian massa jenis untuk Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} dapat ditunjukkan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil pengujian biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} dengan perbedaan waktu lama pengadukan pada reaksi transesterifikasi akan menghasilkan nilai massa jenis yang berbeda walaupun hanya sedikit. Penelitian ini menunjukkan semakin lama waktu pengadukan yang dilakukan pada saat proses transesterifikasi akan memberikan nilai massa jenis biodiesel yang semakin besar. Menurut Balaji Panchal et al, 2018, Minyak biji kapuk untuk produksi metil ester dengan pelarut dimetil karbonat dan KOH sebagai katalis, menghasilkan metil ester maksimal 97% dengan viskositas kinematik (4,25 ± 0,25 mm²/dt). Didalam SNI 7182:2012 tentang biodiesel ditunjukkan nilai massa jenis biodiesel pada 40° C antara 850-890 kg/m³.

d. Titik nyala (flash point)

Data hasil uji titik nyala biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh variasi katalis TiO₂ serta penggunaan waktu reaksi selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Hasil Uji Titik Nyala Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5}

Waktu (menit)	Kode	Katalis	Titik nyala (°C)	SNI 7182:2012 (°C)
30	B _{K1}	TiO ₂	29	Min 100
60	B _{K2}	TiO ₂	32	
90	B _{K3}	TiO ₂	38	
120	B _{K4}	TiO ₂	42	
150	B _{K5}	TiO ₂	44	

Hasil pengujian titik nyala biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} tertera pada Tabel 6. Berdasarkan hasil pengujian titik nyala biodiesel yang dilakukan menurut metode pemeriksaan D012/E13116/2015S9, diperoleh nilai titik nyala biodiesel B_{K1} sebesar 29 °C, titik nyala biodiesel B_{K2} sebesar 32 °C, titik nyala biodiesel B_{K3} sebesar 38 °C, titik nyala biodiesel B_{K4} sebesar 42 °C dan titik nyala biodiesel B_{K5} sebesar 44 °C. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu transesterifikasi 30, 60, 90, 120 dan 150 menit belum memberikan nilai titik nyala sesuai SNI 7182:2012 yaitu minimal 100 °C. Keempat biodiesel mempunyai titik nyala yang rendah sehingga mengakibatkan biodiesel tersebut mudah terbakar. Untuk mengatasi hal tersebut perlu

dipergunakan pencampuran biodiesel dengan solar dengan flash point agak tinggi agar diperoleh titik nyala yang lebih tinggi dan mendekati standar titik nyala biodiesel.

e. Warna

Data hasil uji warna biodiesel pada suhu 50° C dengan pengaruh katalis TiO₂ dan serta penggunaan waktu reaksi selama 30 menit, 60 menit, 90 menit 120 menit dan 150 menit disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Hasil Uji Warna Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5}

Waktu (menit)	Kode	Katalis	Warna	Color Rank (ASTM)	Appearance
30	B _{K1}	TiO ₂	Kuning Terang	1,5	Clear
60	B _{K2}	TiO ₂	Kuning Terang	1,5	Cloudy
90	B _{K3}	TiO ₂	Jingga Kemerahan	2,0	Cloudy
120	B _{K4}	TiO ₂	Jingga Kemerahan	2,0	Clear
150	B _{K5}	TiO ₂	Jingga Kemerahan	2,0	Clear

Berdasarkan hasil dari pengujian biodiesel data hasil uji warna pada suhu 50 °C dengan pengaruh katalis TiO₂ serta penggunaan waktu reaksi selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit warna yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan katalis dan waktu variasi yang berlangsung. Sampel di waktu 30 dan 60 menit warna yang dihasilkan sama yaitu kuning, sedangkan di menit 90, 120 dan 150 warna yang dihasilkan jingga kemerahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata rendemen biodiesel yang didapat dari hasil ekstraksi biji kapuk menjadi minyak biji kapuk adalah 33,4756%.
2. Karakter biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} meliputi: massa jenis berturut-turut sebesar 861,2; 861,5; 862,4 dan 863,2 dan 863,9 kg/m³, viskositas berturut-turut sebesar 2,0665; 2,1585; 2,8165, 2,9159 dan 2,9856 cSt, titik nyala berturut-turut sebesar 29; 32; 38 42 dan 44 °C, serta warna kuning; kuning; jingga kemerahan ; jingga kemerahan.
3. Biodiesel B_{K1}, B_{K2}, B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} memiliki nilai massa jenis dan yang sudah sesuai dengan SNI 7182:2012, namun nilai viskositas, hanya biodiesel B_{K3}, B_{K4} dan B_{K5} yang memenuhi standar, untuk titik nyala belum ada yang memenuhi standar. Sedangkan untuk warna keempat biodiesel sudah memenuhi spesifikasi warna solar.

DAFTAR PUSTAKA

- Balaji Panchal., Hazem M. Kalaji., Sanjay Deshmukh., Munish Sharma., Waclaw Roman Strobel., 2018. Synthesis of Methyl Esters from Silk Cotton Tree Seed Kernel Oil Using Dimethyl Carbonate and KOH Catalysis. European Journal of Sustainable Development Research, 2018, 2(2), 20 ISSN: 2542-4742

- Erliza Hambali, Siti Mujdalifah, Armansyah Halomoan dan Abdul Waries. 2007. Teknologi Bioenergi. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Ganjar Andaka. (2008). Hidrolisis Minyak Biji Kapuk dengan Katalisator Asam Klorida. *Jurnal Rekayasa Proses* 2. (2), 45-48.
- Kurnia Harlina Dewi. 2008. Kajian Ekstraksi Steroid Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) sebagai Sumber Testosteron Alami. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kurnia Harlina Dewi. 2008. Kajian Ekstraksi Steroid Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) sebagai Sumber Testosteron Alami. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- L.C. Meher, D. Vidyasagar, S.N. Naik, 2006. Technical aspects of biodiesel production by transesterification – a review *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 10 (2006), pp. 248-268
- Maharani Nurul Hikmah dan Zuliyana. 2012. Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang
- Muhammad Prio Bagus Santoso, Eko Budi Susatyo, & Agung tri prasetya. 2012. Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk dengan Katalis Zeolit Sekam Padi. *Indonesian Journal of Chemistry Science* 1. (2), 98-103. [7] T. Eevera,. K. Pazhanichamy. 2013. Cotton Seed Oil: A Feasible Oil Source for Biodiesel Production, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* ISSN: 1556-7036 (Print) 1556-7230 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/ueso20>
- Mescha Destianna, Agustinus Zandy, Nazef dan Soraya Puspasari. 2014. Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel. ITB & PT REKAYASA INDUSTRI.13.
- T. Eevera,. K. Pazhanichamy. 2013. Cotton Seed Oil: A Feasible Oil Source for Biodiesel Production, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* ISSN: 1556-7036 (Print) 1556-7230 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/ueso20>