

HUBUNGAN ANTARA WAKTU PENYIMPANAN DAN NILAI VISKOSITAS BIODIESEL MINYAK BIJI KAPUK

RELATIONSHIP BETWEEN TIME OF STORAGE AND VISCOSITY BIODIESEL VALUE OF KAPUK OIL SEEDS

Fashihatul Aini dan Siti Tjahjani*

Jurusan Kimia FMIPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Surabaya, 60231

e-mail : fashihatulaini@yahoo.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui hubungan waktu penyimpanan terhadap nilai viskositas biodiesel minyak biji kapuk. Penentuan nilai viskositas mengacu pada prinsip viskositas kinematik dengan menggunakan viskometer ostwold sebagai alat ukur. Pada proses penyimpanan, biodiesel minyak biji kapuk disimpan di dalam botol gelas transparan kemudian ditentukan nilai viskositas pada rentang waktu dua minggu selama 24 minggu. Penyimpanan dilakukan hingga didapatkan nilai viskositas pada batas maksimum yaitu sebesar 6 cSt. Data nilai viskositas yang diperoleh dianalisis dengan uji regresi linear sederhana menggunakan program SPSS (Statistical Product and Service Solution). Berdasarkan hasil analisis dapat didapatkan bahwa perubahan nilai viskositas terhadap waktu penyimpanan membentuk pola linear dengan persamaan $Y = 4,654 + 0,054X$.

Kata kunci: Biodiesel Minyak Biji Kapuk, Viskositas Kinematik, Penyimpanan.

Abstract. Research has been done with the purpose to determine the relationship of storage time on viscosity biodiesel value of kapuk seeds oil. Determination of the viscosity value refers to the kinematic viscosity principle using a ostwold viscometer as measuring tool. In the storage process, kapuk seeds oil biodiesel is stored in a transparent glass bottle then the viscosity value is determined in the span of two weeks for 24 weeks. Storage is conducted until obtained viscosity value at maximum value that is equal to 6 cSt. Viscosity value data obtained were analyzed by simple linear regression using SPSS (Statistical Product and Service Solution). Based on the analysis result can be found that the change in the value of viscosity against storage time forming linear patterns with equations $Y = 4,654 + 0,054X$.

Keywords: Kapuk Seed Oil Biodiesel, Kinematic Viscosity, Storage.

PENDAHULUAN

Kapuk merupakan salah satu sumber minyak nabati yang sangat potensial dikembangkan sebagai bahan oleokimia khususnya biodiesel. Tanaman kapuk atau randu (*Ceibapentandra*) banyak terdapat di Indonesia bahkan pada tahun 1930 Indonesia merupakan negara pemasok kapuk terbesar di dunia [1]. Minyak biji kapuk diperoleh dari biji kapuk yang merupakan biji non pangan.

Persentase minyak yang terkandung dalam biji kapuk sebesar 20% dari berat biji, sedangkan komposisi utama minyak biji kapuk ialah oleat 46,1–56,6% dan linoleat 22,7–34,6% [2]. Mengingat komposisi minyak biji kapuk yang menyerupai komposisi minyak jarak pagar yaitu oleat 37 63% dan linoleat 19 40% [3] (Soerawijaya, 2003), maka minyak biji kapuk

sangat potensial terutama untuk diolah menjadi metil ester atau biodiesel.

Setelah proses produksi, umumnya biodiesel akan mengalami proses penyimpanan sebelum digunakan sebagai campuran bahan bakar. Selama penyimpanan, biodiesel dapat mengalami perubahan. Perubahan ini disertai dengan terbentuknya komponen-komponen yang tidak diinginkan dan ditandai dengan timbulnya bau tengik [4]. Umumnya, biodiesel cenderung mudah mengalami kerusakan oleh proses oksidasi dan hidrolisis pada waktu penyimpanan karena adanya asam lemak tak jenuh yang merupakan penyusun komposisi biodiesel.

Proses oksidasi merupakan proses pembentukan peroksida karena adanya pengaruh oksigen, cahaya, suasana asam, kelembaban udara, dan katalis [4]. Terjadinya reaksi oksidasi ini akan mengakibatkan bau tengik pada minyak dan

biasanya dimulai dengan pembentukan peroksida dan hidroperoksida labil. Tingkat selanjutnya hidroperoksi dan menjadi aldehid, keton, asam lemak bebas, dan polimer.

Komposisi asam lemak minyak biji kapuk menyerupai komposisi *rapeseed oil* yakni mengandung dua asam lemak terbesar yaitu asam oleat dan linoleat. Pada minyak biji kapuk mengandung asam oleat sebesar 46,1-56% dan linoleat 22-34% sedangkan pada *rapeseed oil* asam oleat sebesar 62,2% dan linoleat 19,9% [5].

Ada beberapa parameter berdasarkan SNI-04-7182-2006 yang digunakan untuk mengukur kualitas biodiesel meliputi densitas, viskositas, flash point, pour point, dan index setana.

Berdasarkan SNI-04-7182-2006 nilai viskositas Biodiesel yaitu sekitar 2,5-6,0 cSt sedangkan hasil penelitian pendahuluan terjadi kenaikan viskositas dari 5,04 cSt menjadi 10,7418 cSt setelah penyimpanan 360 hari. hal tersebut menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji kapuk sudah tidak layak dipakai karena sudah lebih dari batasan SNI-04-7182-2006 ini berarti bahwa waktu penyimpanan mempengaruhi nilai viskositas. Terkait dengan uraian tersebut untuk mempelajari pengaruh waktu penyimpanan terhadap nilai viskositas biodiesel minyak biji kapuk, telah dilakukan percobaan dengan proses penyimpanan yaitu biodiesel minyak biji kapuk disimpan di dalam botol gelas transparan kemudian diuji nilai viskositas pada rentang waktu dua minggu hingga didapatkan nilai viskositas pada batas maksimum yaitu sebesar 6 cSt berdasarkan SNI-2006.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah erlenmeyer, pendingin refluks, corong pisah, gelas kimia, labu leher tiga, corong kaca, stirrer, thermometer, hot plate, labu ukur, pipet tetes, pH meter, viskometer Ostwald, piknometer, cawan porselen, dan oven.

Bahan

Bahan utama penelitian yang digunakan adalah minyak biji kapuk. Bahan lain yang digunakan diantaranya adalah metanol 98%, KOH, asam fosfat 0,6%, asam sulfat 98%, indikator fenolftalein dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N.

PROSEDUR PENELITIAN

Pembuatan Biodiesel minyak biji kapuk

Degumming

Minyak sebanyak 500 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia 1000 mL dan dipanaskan pada suhu 70 °C diatas magnetik stirer. Ditambah asam fosfat 0,6% sebanyak 3% dari volume minyak

kemudian penambahan aquades panas sebanyak 10% dari volume minyak. Proses pengadukan atau proses degumming dilakukan selama 30 menit. Minyak hasil degumming kemudian dimasukkan dalam corong pisah.

Esterifikasi

Minyak hasil degumming yang telah diketahui kadar fosfornya disiapkan sebanyak 500 mL dan dimasukkan ke dalam labu leher tiga 1000 mL untuk dilakukan tahap esterifikasi. Ditambahkan metanol dengan perbandingan metanol ke minyak ialah 28% dan 1,43% v/v asam sulfat pekat dalam minyak biji kapuk.. Campuran diaduk selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dan dilakukan pada suhu 60°C. Pengadukan dilengkapi Minyak hasil esterifikasi ini dihitung kadar asam lemak bebas yaitu: menimbang minyak sebesar ± 1 g dimasukkan kedalam labu erlenmeyer 250 mL. Sebanyak 5 mL pelarut dietil eter dan etanol 95% dengan perbandingan 50% (v) : 50% (v). Campuran pelarut ditambahkan 3 tetes indikator fenolftalein kemudian dinetralkan dengan larutan KOH.

Transesterifikasi

Minyak biji kapuk sebanyak 100 mL yang telah didegumming dan diesterifikasi (kandungan asam lemak bebasnya kurang dari 2%) dimasukkan ke dalam labu leher tiga 1000 mL dan dipanaskan pada suhu 50-60°C dan kecepatan pengadukan 200 rpm. Ditambah larutan kalium metoksida yang terbuat dari metanol dan katalis KOH sesuai dengan variabel 1:6 dan suhu dijaga konstan pada 60°C. Proses transesterifikasi dilakukan selama 90 menit. Minyak hasil transesterifikasi dimasukkan dalam corong pisah dan diendapkan selama 24 jam hingga terjadi pemisahan. Lapisan bawah adalah gliserol dan lapisan atas adalah biodiesel.

Penyimpanan Biodiesel

Sebelum dilakukan penyimpanan, dilakukan karakterisasi terhadap biodiesel dan kemudian dibandingkan dengan SNI-04-7182-2006. Karakterisasi tersebut mencakup nilai densitas, viskositas, flash point, viskositas, pour point, dan index setana.

Pada proses penyimpanan, biodiesel minyak biji kapuk yang sudah sesuai SNI-04-7182-2006 diambil dengan pipet sebanyak 10 ml dan dimasukkan ke dalam tiap botol gelas transparan 10 ml kemudian disimpan dan diuji pada rentang waktu dua minggu.

Uji Viskositas

Minyak biji kapuk yang akan diukur viskositasnya diambil dengan pipet volum sebanyak 5 ml dan dimasukkan ke dalam viskometer ostwald. Salah satu ujung viskometer ditiup sampai minyak biji kapuk pada tanda batas atas. Waktu yang diperlukan untuk melewati batas atas sampai batas

bawah diukur dengan menggunakan stopwatch. Proses yang sama dilakukan pula terhadap aquades sebagai pembanding. Besarnya viskositas diperoleh dengan rumus:

$$\eta_s = \frac{\rho_s \cdot t_s}{\rho_a \cdot t_a} \times \eta_a$$

Dimana:

ρ_s = kekentalan minyak biji kapuk

ρ_a = kekentalan aquades

t_s = kerapatan minyak biji kapuk

t_a = kerapatan aquades

t_s = waktu minyak biji kapuk untuk melewati tanda batas

t_a = waktu aquades untuk melewati tanda batas

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Biodiesel Minyak Biji Kapuk

Proses pembuatan biodiesel ini berbahan baku minyak biji kapuk dengan melalui tiga tahapan yang hasilnya disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Biodiesel Minyak Biji Kapuk pada Tiga Tahapan Proses

Tahapan	Hasil
Degumming	Kadar asam lemak bebas 9,4307%
Esterifikasi	Kadar asam lemak bebas 0,0112
Transesterifikasi	Biodiesel minyak biji kapuk

Pada tahap degumming diperoleh nilai asam lemak sebesar 9,4307% sehingga tidak memungkinkan dilakukan transesterifikasi langsung untuk menghasilkan biodiesel. Minyak yang dapat diolah menjadi biodiesel harus berkadar asam lemak bebas kurang dari 2% maka dilakukan tahap selanjutnya yaitu tahap esterifikasi untuk mengurangi kadar asam lemak bebas dalam pembuatan biodiesel.

Proses esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas karena jika nilai asam lemak bebas >2% dapat membentuk proses saponifikasi dengan katalis KOH pada reaksi transesterifikasi. Adanya sabun pada reaksi transesterifikasi akan menghambat pembentukan produk yaitu metil ester. Selain itu, sabun juga akan meningkatkan viskositas dari biodiesel dan mengganggu proses pemisahan gliserol maka dilakukan reaksi esterifikasi dengan katalis asam untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Hasil yang diperoleh dari proses ini yaitu terdapat dua lapisan, lapisan bawah adalah campuran

metanol, air, dan asam sulfat sedangkan lapisan atas adalah campuran minyak dan alkil ester. Hasil tahapan ini dapat menurunkan asam lemak bebas dari 9,4307% menjadi 0,0112% yang menunjukkan bahwa kadar asam lemak bebas < 2% sehingga hasil esterifikasi dapat digunakan untuk proses transesterifikasi.

Proses transesterifikasi bertujuan untuk mengkonversi trigliserida menjadi metil ester dengan bantuan alkohol yaitu metanol dan katalis basa yaitu KOH. Proses ini merupakan reaksi reversibel yaitu trigliserida dikonversi secara bertahap menjadi digliserida, monogliserida, dan akhirnya menjadi gliserol. Hasil tahapan ini diperoleh produk berupa metil ester pada lapisan atas sedangkan pada lapisan bawah berupa gliserol, sisa metanol, dan katalis.

Karakteristik Biodiesel Minyak Biji Kapuk

Biodiesel hasil proses transesterifikasi diuji sifat fisiknya. Pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat yang dimiliki oleh biodiesel. Parameter yang menjadi identitas karakteristik suatu metil ester dari penelitian ini adalah densitas, viskositas, flash point, pour point, dan index setana kemudian dibandingkan dengan uji karakteristik biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006.

Tabel 2. Karakteristik Biodiesel Minyak Biji Kapuk dan SNI-04-7182-2006

Parameter	Satuan	Biodiesel Minyak Biji Kapuk	Metode	SNI-04-7182-2006
Densitas	g/cm ³	0,8838	ASTM D 1298	0,85-0,89
Viskositas	cSt	4,813	ASTM D 445	2,5-6,0
Flash point	°C	179,9	ASTM D 93	Min 100
Pour point	°C	-2	ASTM D 97	Max +18
Index setana	-	46,3916	ASTM D 976	Min 45

Biodiesel minyak biji kapuk mempunyai densitas yang besar, hal ini mengindikasikan didalam biodiesel minyak biji kapuk terdapat rantai karbon yang panjang karena pada proses pembuatan biodiesel digunakan minyak tumbuhan (minyak biji kapuk) sedangkan asam lemak yang berasal dari tumbuhan pada umumnya mengandung rantai karbon yang panjang.

Nilai viskositas viskositas dari biodiesel minyak biji kapuk memenuhi standar viskositas biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006. Viskositas berbanding lurus dengan densitas.

Semakin besar densitas maka viskositas bahan bakar juga semakin besar.

Pada umumnya bahan bakar harus mempunyai viskositas yang relatif rendah agar dapat mudah mengalir dan teratomisasi, tetapi bahan bakar yang viskositasnya terlalu rendah akan memberikan pelumasan yang buruk dan mengakibatkan kebocoran pada pompa. Sebaliknya viskositas yang terlalu tinggi akan menyebabkan asap yang kotor karena bahan bakar lambat mengalir dan lebih sulit teratomisasi.

Berdasarkan hasil pengujian nilai flash point dari biodiesel minyak biji kapuk memenuhi standar flash point biodiesel berdasarkan SNI-04-7182-2006. Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji kapuk memiliki kualitas yang bagus karena memiliki titik nyala yang tinggi sehingga aman dalam penyimpanan karena sulit terbakar.

Nilai pour point biodiesel minyak biji kapuk diperoleh -2°C . Ini menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji kapuk memiliki kualitas yang bagus karena suhunya lebih kecil jadi biodiesel minyak biji kapuk dapat digunakan untuk daerah yang bersuhu rendah atau dingin seperti eropa dan aman digunakan untuk wilayah tropis.

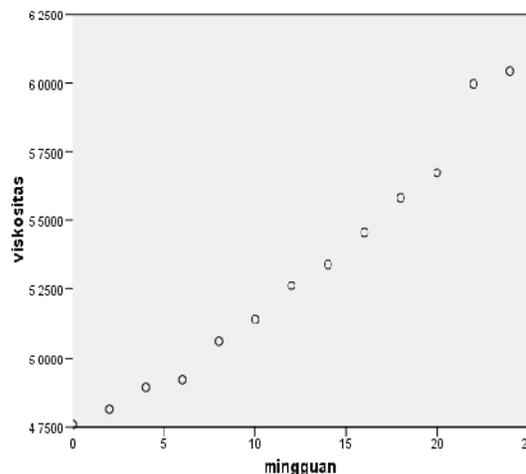
Nilai index setana biodiesel minyak biji kapuk diperoleh 46. Indeks setana menunjukkan kemampuan bahan bakar motor diesel menyala dengan sendirinya dalam ruang bakar motor diesel. Fungsinya untuk mengetahui kecenderungan bahan bakar motor diesel membentuk ketukan (*knocking*).

Penyimpanan dan Nilai Viskositas Biodiesel Minyak Biji Kapuk

Proses Penyimpanan biodiesel yang berbahan baku minyak biji kapuk ini dilakukan didalam botol gelas transparan tertutup. Proses penyimpanan ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai viskositas sampai mencapai 6 cSt yakni nilai maksimum yang ditetapkan SNI-04-7182-2006. Pengukuran nilai viskositas diukur setiap rentang waktu dua minggu Hasil yang didapatkan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Viskositas Biodiesel Minyak Biji Kapuk dengan Berbagai Waktu Penyimpanan

Waktu Penyimpanan (Minggu)	Nilai Viskositas (cSt)
0	4,813
2	4,826548528
4	4,894084189
6	4,939107962
8	5,060672151
10	5,141714943
12	5,263279132
14	5,339819547
16	5,456881358
18	5,582947925
20	5,672995472
22	5,997166642
24	6,042190415



Gambar 1. Hubungan Antara Waktu terhadap Nilai Viskositas

Selanjutnya, untuk mengetahui pola perubahan viskositas terhadap waktu penyimpanan, data nilai viskositas dilakukan uji statistik menggunakan regresi linier sederhana dengan bantuan program SPSS versi 20. Hasil yang diperoleh disajikan pada Grafik 1, Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Koefisien Korelasi dan Koefisien Determinasi Nilai Viskositas Biodiesel Minyak Biji Kapuk Dengan Nilai Viskositas

Model Summary ^b				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,984 ^a	,969	,966	,0792521

a. Predictors: (Constant), minggu

b. Dependent Variable: Viskositas

Tabel 5. Varian Regresi Biodiesel Minyak Biji Kapuk dengan Nilai Viskositas

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	2,135	1	2,135	339,896	,000 ^b
1 Residual	,069	1	,069		
Total	2,204	2			

a. Dependent Variable: viskositas

b. Predictors: (Constant), minggu

Tabel 6. Koefisien Regresi Biodiesel Minyak Biji Kapuk dengan Nilai Viskositas

Coefficients ^a				
Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	T	Sig.
(Constant)	B	Std. Error	Beta	
1	4,654	,042		,000
mingguan	,054	,036	,984	,000

a. Dependent Variable: Viskositas

Pada Grafik 1 menunjukkan pola perubahan nilai viskositas dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Kenaikan nilai viskositas dimulai pada minggu ke empat meskipun kenaikannya belum tajam, selanjutnya pada minggu ke-24 nilai viskositas meningkat, hal ini karena adanya pembentukan rantai panjang pada alkananya dan

esternya sehingga nilai viskositas semakin naik dengan semakin bertambahnya waktu penyimpanan.

Tabel 4 menyajikan ukuran dan derajat keeratan hubungan antara variabel waktu penyimpanan dengan nilai viskositas, serta besarnya pengaruh waktu penyimpanan terhadap keragaman nilai viskositas. Koefisien korelasi (R) diperoleh sebesar 0,984 menyatakan bahwa besarnya derajat keeratan hubungan antara variabel waktu penyimpanan dengan nilai viskositas sebesar 0,984. Selain itu, didapat nilai R Square sebesar 96,9% yang dapat disimpulkan bahwa waktu penyimpanan memiliki pengaruh kontribusi sebesar 96,9% terhadap nilai viskositas dan 3,1% lainnya dipengaruhi oleh adanya air.

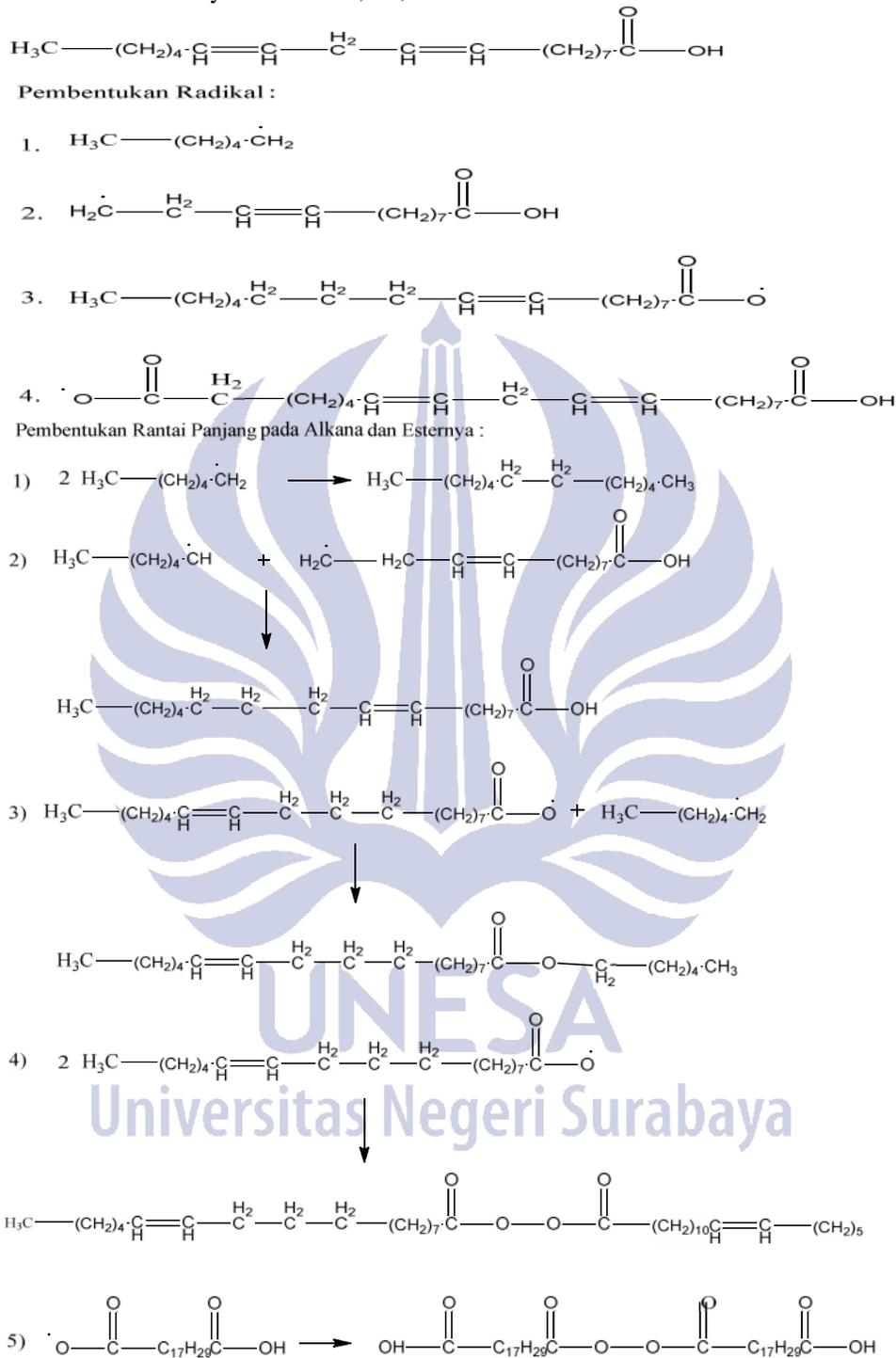
Tabel 5 menyajikan Analisis Ragam (Analysis of Variance). Dari tabel tersebut diperoleh $F_{hitung} = 339,896$ sedangkan pada $F_{tabel} = 4,84$. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa $F_{hitung} = 339,896 > F_{tabel} = 4,84$ dengan nilai probabilitas 0,000 (lebih kecil dari taraf nyata 0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara variabel waktu penyimpanan dan nilai viskositas dalam persamaan regresi $Y = 4,654 + 0,054X$ bersifat nyata..

Tabel 6 menyajikan besarnya nilai koefisien regresi dan hasil ujiannya berdasarkan statistik t. dari tabel tersebut diperoleh intersep (constant) sebesar 4,654 dan koefisien arah regresi 0,054 sehingga diperoleh persamaan $Y = 4,654 + 0,054X$. Hasil pengujian statistik t terhadap koefisien regresi, untuk intersep (constant) $t_{hitung} = 112,029$ sedangkan t_{tabel} diperoleh sebesar 1,80 berarti $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($112,029 > 1,80$) dengan $p = 0,000 < 0,005$ artinya intersep bersifat nyata. Sedangkan untuk koefisien arah regresi $t_{hitung} = 18,436$ sedangkan t_{tabel} diperoleh sebesar 1,80 berarti $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($18,436 > 1,80$) dengan $p = 0,000 < 0,005$ artinya koefisien arah regresi bersifat nyata.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan SPSS versi 20 menunjukkan bahwa perubahan nilai viskositas terhadap waktu penyimpanan membentuk pola linear dengan persamaan $Y = 4,654 + 0,054X$. Perubahan nilai viskositas tersebut disebabkan adanya reaksi oksidasi karena pengaruh cahaya dan oksigen pada saat penyimpanan biodiesel minyak biji kapuk yaitu di dalam botol gelas transparan. Cahaya merupakan akselerator terhadap timbulnya ketengikan. Kombinasi oksigen dan cahaya dapat mempercepat proses oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya degradasi pada senyawa metil ester. Terjadinya reaksi oksidasi dimulai dengan pembentukan radikal asam lemak kemudian dilanjutkan dengan pembentukan rantai panjang pada alkana dan esternya sehingga menyebabkan kenaikan nilai

viskositas yaitu pada minggu ke-24 mencapai 6 cSt yang menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji kapuk sudah tidak layak dipakai karena sudah lebih dari batasan SNI-04-7182-2006 yaitu sekitar 2,5-6,0

cSt dengan menggunakan metode ASTM D 445. Gambar hipotesis mekanisme reaksi oksidasi asam lemak linoleat dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hipotesis Mekanisme Reaksi Oksidasi Asam Lemak Linoleat Linoleat

Viskositas merupakan parameter penting dalam penentuan kualitas biodiesel karena mempengaruhi proses penyemprotan dan pembakaran bahan bakar pada mesin diesel sehingga jika nilai viskositasnya terlalu tinggi maka akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar sehingga akan mengakibatkan deposit pada mesin sedangkan jika nilai viskositasnya terlalu rendah akan memproduksi spray yang terlalu halus sehingga terbentuk daerah rich zone yang menyebabkan terjadinya pembentukan jelaga [6].

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, didapatkan simpulan sebagai berikut:

Nilai viskositas biodiesel minyak biji kapuk meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Kenaikan nilai viskositas dimulai pada minggu ke empat meskipun kenaikannya belum tajam, selanjutnya pada minggu ke-24 nilai viskositas meningkat mencapai 6 cSt yang menunjukkan bahwa biodiesel minyak biji kapuk sudah tidak layak dipakai karena sudah lebih dari batasan SNI-04-7182-2006, hal ini adanya pembentukan rantai panjang pada alkananya dan esternya sehingga nilai viskositas semakin naik dengan semakin bertambahnya waktu penyimpanan. Perubahan nilai viskositas terhadap waktu penyimpanan membentuk pola linear seperti yang ditunjukkan dari hasil analisis regresi linier dengan menggunakan SPSS versi 20 yang diperoleh persamaan $Y = 4,654 + 0,054X$. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi oksidasi ini masih berlangsung terus-menerus selama tersedia asam lemak tak jenuh dalam sistem.

Saran

Berdasarkan penelitian ini, diharapkan untuk memperpanjang waktu simpan biodiesel minyak biji kapuk, maka perlu diperhatikan cara penyimpanan karena adanya pengaruh cahaya sehingga disarankan menggunakan botol gelap dalam penyimpanannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Soerawidjaja, Tatang. H, dkk., 2005. *Pengembangan Industri Biodiesel di Indonesia*. <URL : www.km.itb.ac.id/simposium/THS-aula%20timur-05122005.ppt>.
2. Bailey, Alton E. 1954. *Industrial oil and fat products*, 6th edition. New York: Interscience Publisher
3. Soerawidjaja, Tatang. H, *Standart Tentatif Biodiesel Indonesia dan Metode-metode Pengujianya*”, Disampaikan dalam diskusi Forum biodiesel Indonesia, Bandung, 11

Desember 2003.

(<http://www.geocities.com/biodiesel/biodiesel.html>, diakses 28 November 2011).

4. Ketaren, S. 2005. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Cetakan II. Jakarta : UI-Press.
5. Tambun, Rondang. 2006. *Buku Ajar Teknologi Oleokimia*. Medan: Fakultas Teknik USU. (<http://e-course.usu.ac.id/content/teknik0/teknologi0/textbook.pdf>, diakses 9 November 2011)
6. Prihandana, Rama, Roy Hendroko, dan Makmuri Nuramin. 2006. *Menghasilkan Biodiesel Murah*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.