

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella sp*

Pada penelitian ini, digunakan mikroalga *Chlorella Sp* sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji sifat fisik dan kimia biodiesel yang diperoleh dari mikroalga *Chlorella Sp* dan membandingkannya dengan minyak solar dari minyak bumi dengan standart SNI.

Sifat fisik dan kimia dari uji kualitas biodiesel *Chlorella Sp* dibandingkan dengan biodiesel standar SNI dan minyak solar dari minyak bumi disajikan pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Perbandingan Karakteristik Biodiesel Hasil Percobaan dan Literatur Standar SNI

Karakteristik	Biodiesel Chlorella	Biodiesel Standart SNI	Solar
Massa jenis (g/ml) 40 °C	0,840 – 0,848	0,840 – 0,890	0,82-0,87
Viskositas pd 40 °C (cSt)	2,50 – 3,91	2,3 – 6,0	1,6 - 5,8
Angka Setana	51,17 – 53,72	Min 51	Min 45
Bil. Penyabunan mg KOH/gram	270,2-392,7	<500	N A
Angka Asam mg KOH /g	0,7-0.8	Max 0,8	N A

Sumber solar : [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com)

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa karakteristik fisik densitas, viskositas dan angka setana biodiesel pada hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan standart mutu biodiesel SNI dan minyak solar hasil minyak bumi. Untuk karakteristik kimia bilangan penyabunan dan angka asam juga telah memenuhi standart.

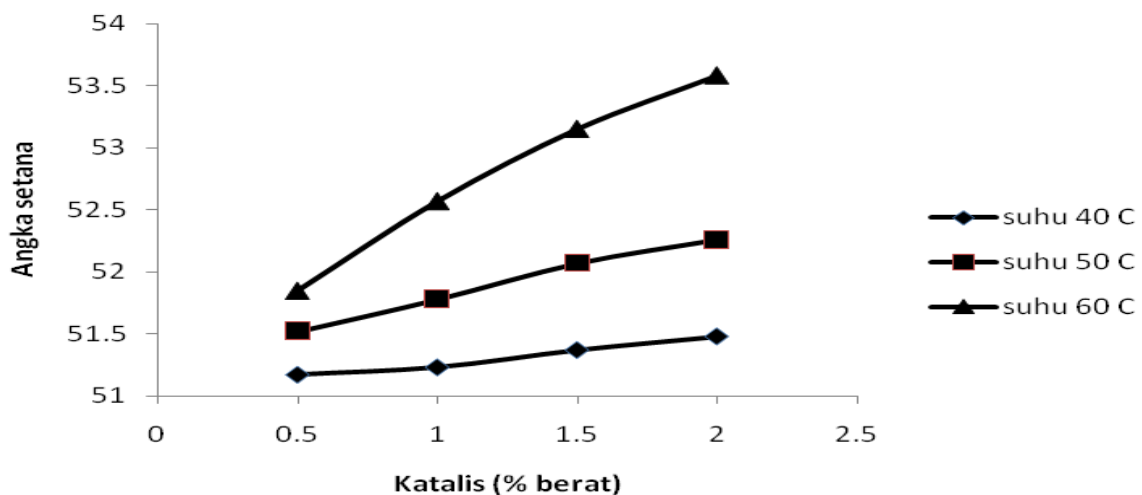


## 4.2 Analisa Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella sp*

### 4.2.1 Analisa Angka Setana

Angka setana (*cetane number*) adalah prosentase volume cetane dalam campurannya dengan alphasethyl naphthalen ( $C_{10}H_7CH_3$ ) yakni suatu senyawa hidrokarbon aromatis yang memiliki kelambatan penyalaan yang besar, yang mempunyai kualitas yang sama dengan bahan bakar diesel (Hardjono, 1987:74). Angka setana menunjukkan kemampuan bahan bakar menyala dengan sendirinya dalam ruang bakar motor diesel.

Semakin tinggi angka setana, semakin cepat pembakaran semakin baik efisiensi termodinamisnya. Untuk mengetahui nilai dari *cetane number* digunakan pendekatan dengan CCI (*Calculate Cetane Index*) dimana nilainya bergantung pada besarnya API gravity atau density. Parameter angka setana biodiesel dari *chlorella sp* dapat dilihat pada gambar 4.1



**Gambar 4.1.** Angka setana Biodiesel *Chlorella sp* dengan Variasi Konsentrasi Katalis KOH dan suhu proses

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa karakteristik angka setana biodiesel hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan standart mutu biodiesel SNI dan minyak solar hasil minyak bumi. Angka setana biodiesel *Chlorella sp* adalah 51,17 – 53,58 lebih tinggi dari persyaratan SNI Biodiesel



yaitu minimal 51. Angka setana berkaitan dengan kandungan kalor dalam bahan yang diperlukan untuk menggerakkan mesin diesel agar dapat bekerja dengan baik (Soerawidjaja dkk. 2005). Angka setana yang tinggi berpengaruh signifikan terhadap waktu singkat yang diperlukan antara bahan bakar diinjeksikan dengan inisiasi sehingga menyebabkan *start* yang baik dan suara yang halus pada mesin (Mittelbach dan Remschmidt, 2004). Angka setana yang lebih tinggi akan memastikan *start* yang baik dan meminimalkan pembentukan asap putih (Zuhdi, 2002).

Angka setana biodiesel berkaitan dengan komposisi asam lemak yang terkandung dalam biodiesel tersebut. Biodiesel yang mengandung asam lemak jenuh dengan rantai karbon panjang (asam laurat, miristat, palmitat, stearat, arakhidat dan lain-lain) yang tinggi mempunyai angka setana yang tinggi (Zuhdi, 2002).

#### 4.2.2 Analisa Angka Asam

Penentuan angka asam sampel biodiesel dilakukan dengan metode analisa standart untuk angka asam. Parameter angka asam biodiesel dari *chlorella sp* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Angka Asam Biodiesel *Chlorella sp* dengan Variasi Perbandingan reaktan pada suhu 50 °C

Perbandingan reaktan	Angka asam mg KOH /g			
	0,5%-bkatalis	1%-bkatalis	1,5%-bkatalis	2%-bkatalis
1:20	0,72	0,74	0,78	0,72
1:25	0,78	0,76	0,80	0,76
1:30	0,80	0,74	0,76	0,79
1:35	0,79	0,78	0,79	0,80
1:40	0,76	0,80	0,78	0,76

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa karakteristik angka asam biodiesel hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan literature. Nilai angka asam ini rata-rata hampir melebihi batas maksimal angka asam syarat mutu



biodiesel menurut SNI-04-7182-2006, yaitu 0,8 mg KOH/ g minyak. Angka asam yang tinggi dapat menyebabkan endapan dalam sistem bakar dan juga merupakan indikator bahwa bahan bakar tersebut dapat berfungsi sebagai pelarut yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas pada sistem bahan bakar (Soerawidjaja dkk. 2005).

Makin tinggi angka asam makin rendah kualitas biodieselnnya (Mittelbach dkk, 2004). Angka asam yang tinggi diasosiasikan terjadi korosi pada media (Mittelbach dkk, 2004) disamping itu juga dapat mengurangi umur dari rompa dan filter (Soerawidjaja dkk. 2005).

#### 4.2.3 Analisa Angka Penyabunan

Angka penyabunan adalah banyaknya milligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram contoh biodiesel (Dogra dkk. 2005). Angka penyabunan dalam penelitian ini ditentukan dengan proses titrimetri. Pengaruh konsentrasi katalis KOH terhadap angka penyabunan biodiesel dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Angka Penyabunan Biodiesel chlorella sp dengan Variasi Konsentrasi Katalis KOH

Konsentrasi Katalis (%-b)	Angka Penyabunan (mg KOH/kg)		
	Suhu 40 <sup>0</sup> C	Suhu 50 <sup>0</sup> C	Suhu 60 <sup>0</sup> C
0,5 %	392,7	301,6	267,7
1%	348,7	276,6	268,1
1,5%	354,1	275,2	268,8
2%	354,2	271,8	270,2

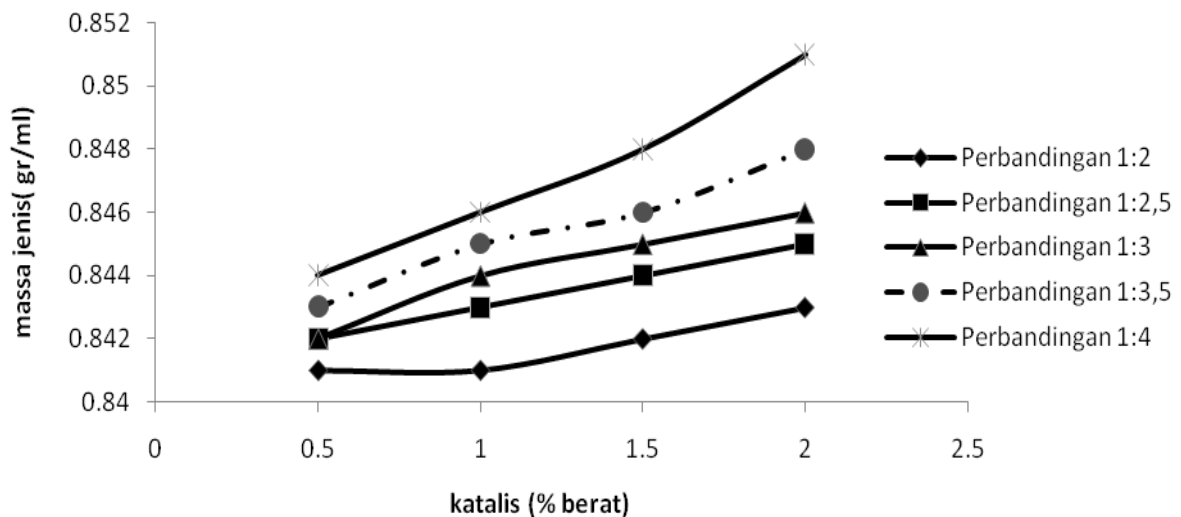
Tabel 4.3 menunjukkan bahwa karakteristik angka penyabunan biodiesel hasil percobaan telah memenuhi karakteristik yang ditetapkan literatur. Dari hasil perhitungan, angka sabun biodiesel dari masing-masing sampel telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006 sebesar < 500, yaitu antara 267,7 – 354,2 mg KOH/gram. Pada tabel 4.3 terlihat kenaikan angka penyabunan pada penggunaan katalis basa yang berlebih dan suhu tinggi. Dalam



reaksi transesterifikasi penggunaan katalis basa yang berlebih dan suhu tinggi akan menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan pada pembuatan biodiesel. Hal ini terjadi karena minyak (trigliserida) telah tersabunkan pada saat penggunaan konsentrasi katalis konsentrasi katalis dan suhu tinggi, sehingga HCl yang dibutuhkan untuk mengetahui KOH berlebih juga semakin kecil (angka penyabunan semakin kecil) (Soerawidjaja dkk. 2005).

#### 4.2.4 Analisa Massa jenis

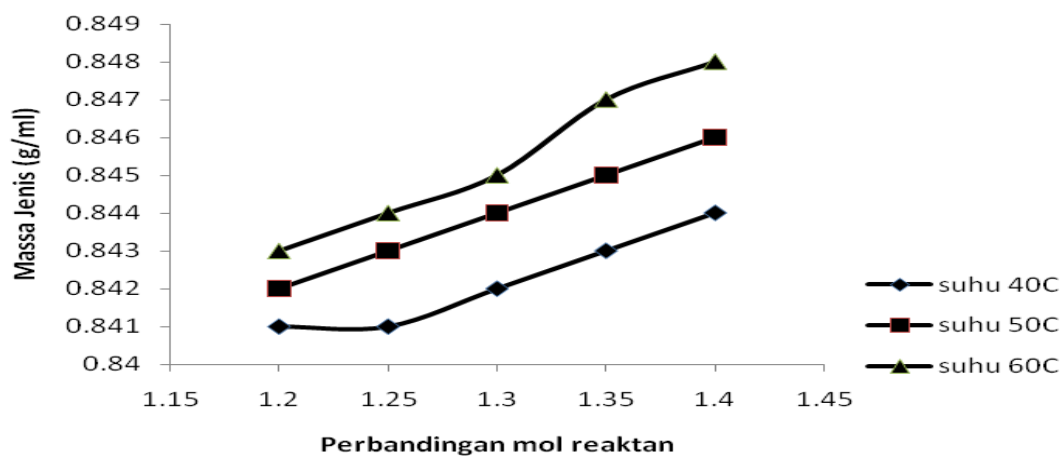
Massa jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume contoh dengan berat air pada volume dan suhu yang sama (Ketaren, 1986). Pengaruh konsentrasi katalis dan suhu proses terhadap massa jenis disajikan berturut-turut pada Gambar 4.2., Gambar 4.3., dan Gambar 4.4. Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa kenaikan konsentrasi katalis dengan metode esterifikasi *in-situ*, berdampak pada kenaikan massa jenis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa jenis biodiesel terendah pada konsentrasi katalis KOH 0,5 %-b. Sedangkan massa jenis biodiesel paling tinggi pada konsentrasi katalis KOH 2%-b.



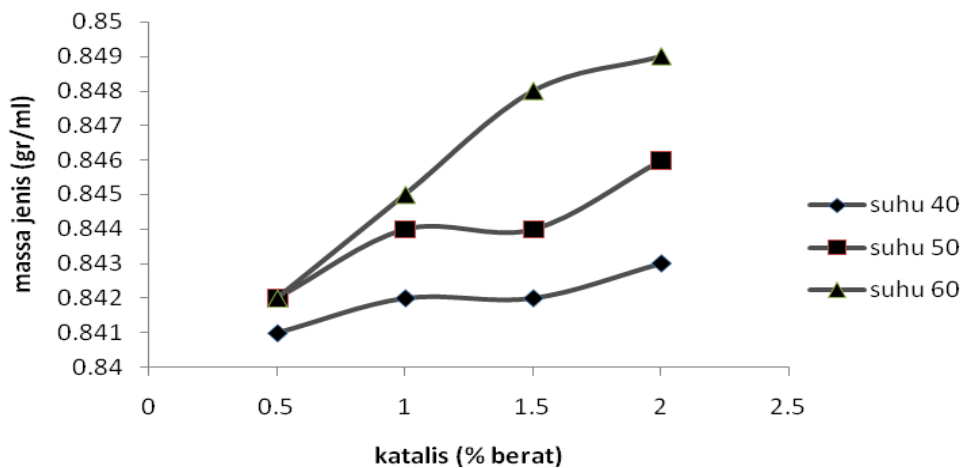
**Gambar 4.2.** Pengaruh kadar katalis pada bergai perbandingan reaktan terhadap massa jenis biodiesel



Menurut Peterson (2001), penggunaan katalis basa yang berlebih akan menyebabkan reaksi penyabunan. Hal ini memungkinkan adanya zat pengotor seperti sabun kalium dan gliserol hasil reaksi penyabunan, asam-asam lemak yang tidak terkonversi menjadi metil ester (biodiesel), air, kalium hidroksida sisa, kalium metoksida sisa ataupun sisa metanol yang menyebabkan massa jenis biodiesel menjadi lebih besar begitu sebaliknya jika penggunaan katalis basa kecil menyebabkan massa jenis biodiesel menjadi rendah.



**Gambar 4.3.** Pengaruh suhu pada berbagai perbandingan mol reaktan terhadap massa jenis biodiesel

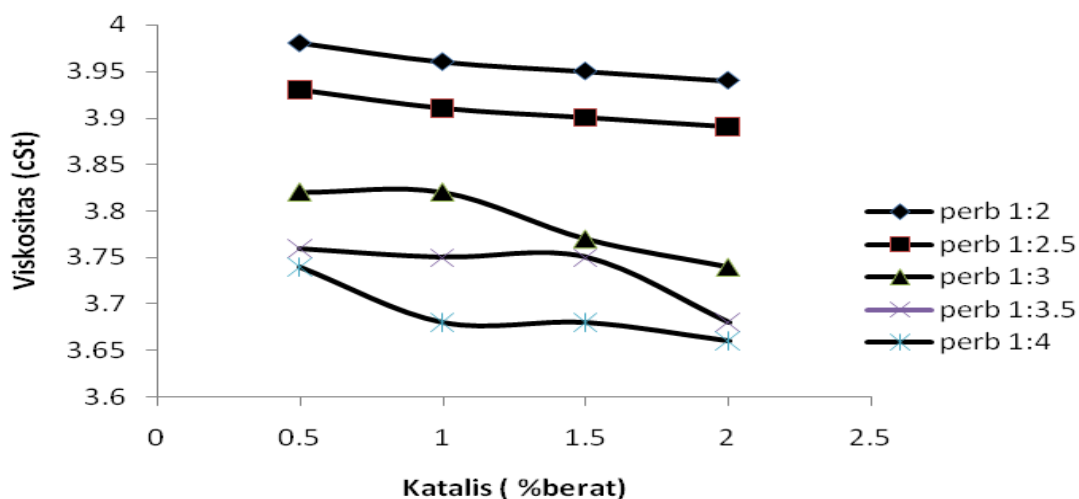


**Gambar 4.4.** Pengaruh katalis pada berbagai suhu terhadap massa jenis biodiesel

Pada Gambar 4.3. Terlihat bahwa semakin tinggi suhu proses berdampak pada kenaikan massa jenis. Massa jenis biodiesel pada suhu 60°C lebih tinggi dibandingkan pada suhu 50°C dan 40°C. Hal ini disebabkan penggunaan suhu tinggi (60°C) pada reaksi transesterifikasi akan meningkatkan reaksi penyabunan. Sehingga zat-zat pengotor yang terbentuk menyebabkan massa jenis biodiesel menjadi lebih besar (Pasang, 2007). Gambar 4.4. menunjukkan semakin tinggi suhu dan semakin besar konsentrasi katalis massa jenis yang diperoleh semakin besar. Massa jenis sampel dari keempat konsentrasi katalis dan suhu operasi telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006.

#### 4.2.5 Analisa Viskositas

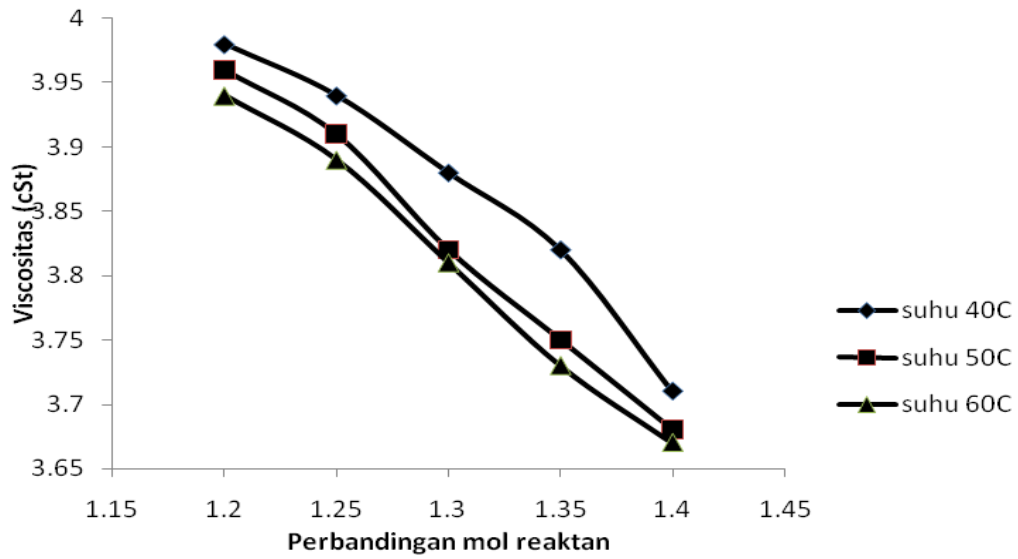
Gambar 4.5., Gambar 4.6., dan Gambar 4.7. berturut-turut menyajikan Pengaruh konsentrasi katalis dan suhu proses terhadap viskositas.



**Gambar 4.5.** Pengaruh katalis pada berbagai perbandingan mol reaktan terhadap viskositas biodiesel

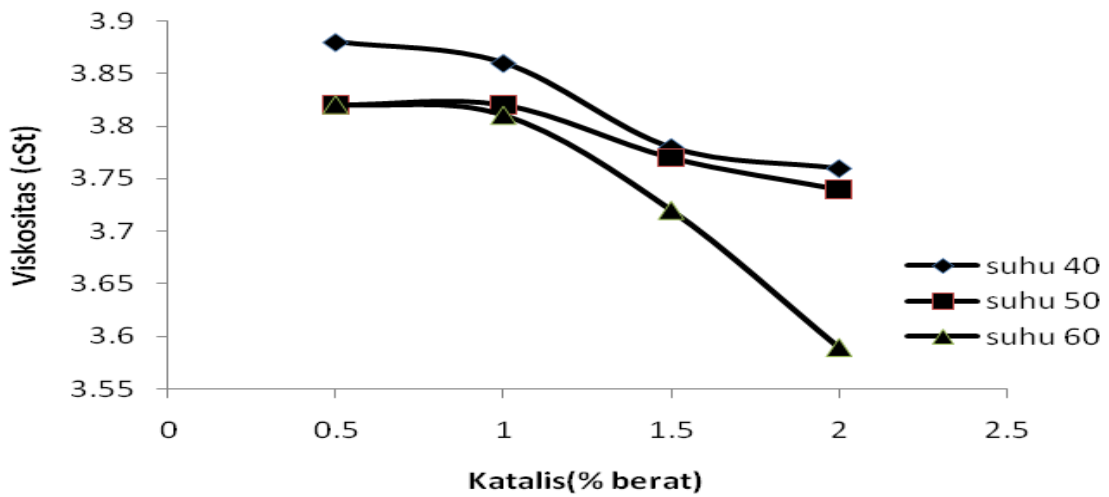
Gambar 4.5 menyajikan pengaruh kenaikan konsentrasi katalis terhadap viskositas. Semakin tinggi konsentrasi katalis, viskositasnya cenderung menurun. Karena semakin banyak persen katalis yang diberikan akan semakin cepat pula terpecahnya trigliserida menjadi tiga ester asam lemak yang akan menurunkan viskositas 5-10 persen (Prihandana, 2006:37).





**Gambar 4.6.** Pengaruh Suhu pada berbagai perbandingan mol reaktan terhadap viskositas biodiesel

Semakin tinggi suhu proses dan konsentrasi katalis berdampak pada penurunan viskositas, hal ini disajikan pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7.** Pengaruh Suhu pada berbagai konsentrasi katalis terhadap viskositas biodiesel

Fenomena yang sama terjadi pada viskositas biodiesel seperti yang tersaji pada Gambar 4.6. Sama seperti pada penurunan viskositas dengan meningkatnya suhu. Peristiwa perubahan viskositas dapat dijelaskan dengan teori termodinamika yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur suatu fluida, molekul fluida akan bergerak cepat sehingga secara makro akan meningkatkan tekanan. Jika tidak terdapat batas pada materi tersebut maka materi akan mengembang dan memperlebar jarak antar molekulnya. Jarak antar molekul yang lebar akan mengakibatkan viskositas semakin menurun (Peterson, 2001).

Dari gambar 4.7, viskositas kinematik biodiesel dari masing-masing sampel telah sesuai dengan syarat mutu biodiesel menurut SNI-04-7182-2006, yaitu antara 2,3-6,0 cst. Viskositas yang terlalu tinggi dapat memberatkan beban pompa dan menyebabkan pengkabutan yang kurang baik (Soerawidjaja,2003).

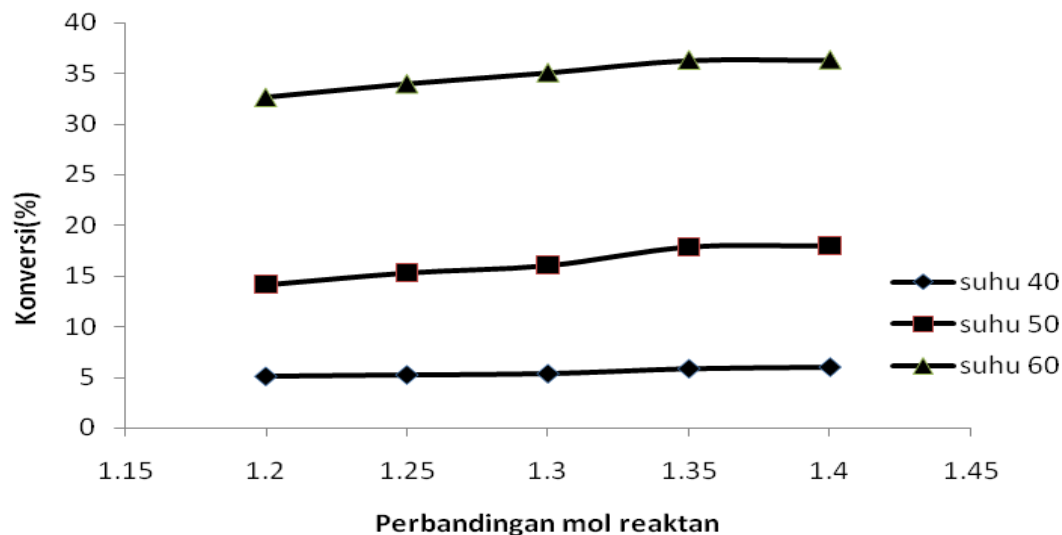
Soerawidjaja dkk. (2005) menjelaskan, viskositas kinematik adalah ukuran mengenai tekanan aliran fluida karena gravitasi, dimana tekanan sebanding dengan kerapatan fluida yang dinyatakan dengan centistoke (cSt). Viskositas yang terlalu tinggi akan membuat bahan bakar teratomisasi menjadi tetesan yang lebih besar sehingga akan mengakibatkan deposit pada mesin. Tetapi apabila viskositas terlalu rendah akan memproduksi spray yang terlalu halus sehingga terbentuk daerah *rich zone* yang menyebabkan terjadinya pembentukan jelaga (Prihandana, 2006:64).

### **4.3 Pengaruh Perbandingan Reaktan terhadap Konversi Reaksi**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan reaktan yang optimum terhadap konversi yang diperoleh.

Pengaruh Perbandingan Metanol terhadap Konversi Reaksi disajikan pada gambar 4.8. Pada gambar 4.8 terlihat bahwa kenaikan perbandingan reaktan berdampak pada kenaikan konversi pada pembuatan biodiesel.



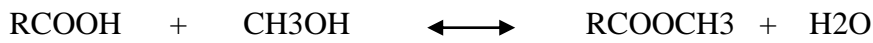


**Gambar 4.8.** Pengaruh Perbandingan mol reaktan pada berbagai suhu terhadap konversi biodiesel

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa konversi tertinggi didapatkan pada perbandingan reaktan 1:40. Pada perbandingan reaktan menunjukkan semakin tinggi perbandingan reaktan akan diperoleh konversi yang semakin besar untuk suhu yang sama. Hal ini dikarenakan pemakaian salah satu reaktan yang berlebih akan memperbesar kemungkinan tumbukan antara molekul zat yang bereaksi sehingga kecepatan reaksinya bertambah besar. Rasio molar metanol 1:40 digunakan untuk proses transesterifikasi oleh (Freedman dkk, 1984) dan Markopala (2010), Damoko dan Oleryan (2000) .

Pada perbandingan reaktan 1:35 adalah perbandingan reaktan yang optimum, untuk perbandingan reaktan 1:40 konversi yang dihasilkan cenderung tetap karena trigliserida kemungkinan telah habis bereaksi (Freedman dkk, 1984), selain itu metanol yang digunakan adalah metanol teknis. Metanol tersebut masih mengandung air, di mana keberadaan air ini akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah kiri. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi reversible yang menghasilkan produk samping berupa air.

Reaksi Esterifikasi :

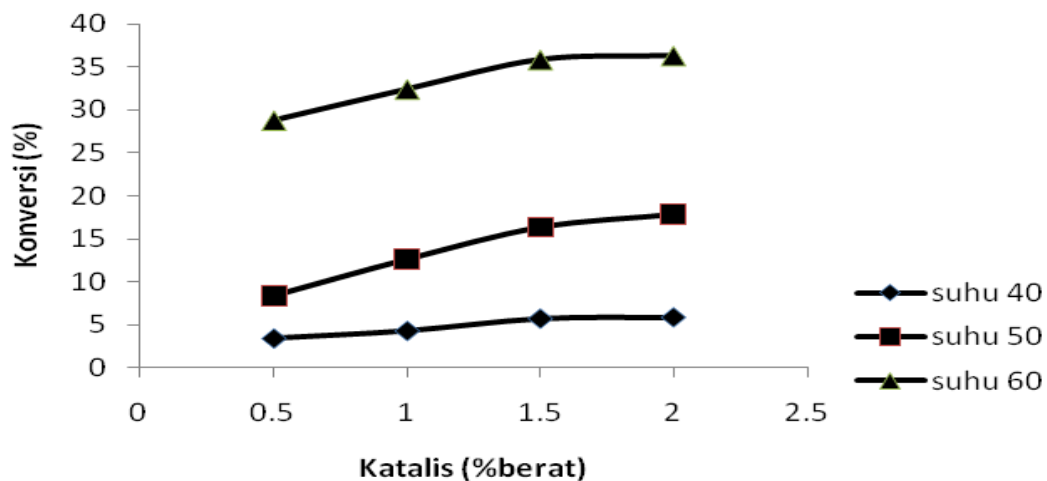


Asam lemak      metanol                                      Metil ester      Air

Selain air yang terkandung di dalam metanol, keberadaan air dari hasil reaksi juga akan menghambat reaksi, karena air yang berada di dalam reaktor akan menghidrolisis metil ester yang dihasilkan (Prihandana, 2006:64).

#### 4.4 Pengaruh Katalis terhadap Konversi Reaksi

Jumlah katalis adalah faktor lain yang mempengaruhi konversi produk (Freedman *et al*, 1984). Mengingat tingginya kandungan asam lemak dalam minyak *chlorella sp*, digunakan variasi jumlah katalis asam: 0.5%, 1%, 1.5%, dan 2% (% berat). Hasil analisa untuk mengetahui jumlah katalis optimum ditampilkan Gambar 4.9.



**Gambar 4.9.** Pengaruh konsentrasi katalis pada berbagai suhu terhadap konversi biodiesel



Pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada konsentrasi katalis 0,5 % sampai konsentrasi 1,5%, semakin besar konsentrasi katalis KOH, maka konversi yang terbentuk juga semakin besar. Sedangkan pada konsentrasi KOH 2% konversi yang diperoleh cenderung konstan. Masih adanya asam lemak bebas sisa yang tidak bereaksi cenderung membentuk reaksi penyabunan dengan katalis KOH dalam jumlah besar yaitu di atas 1,5%. Adanya sabun pada reaksi transesterifikasi akan menghambat pembentukan produk (metil ester) sehingga hasil yang didapat tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan (Prihandana, 2006:64). Sabun pada hasil transesterifikasi akan meningkatkan viskositas dari biodiesel dan mengganggu pemisahan gliserol.

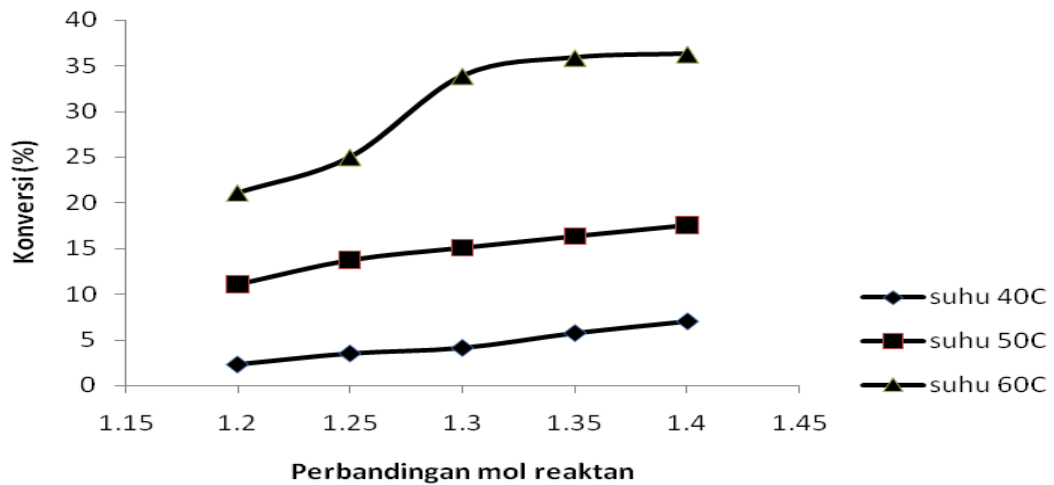
Berdasarkan Gambar 4.9 dengan pemakaian katalis 1,5%, memberikan peningkatan konversi yang lebih besar dibanding penggunaan katalis 0,5% dan katalis 1%. Dengan demikian pemakaian katalis 1,5% adalah paling sesuai. Konsentrasi katalis KOH 1,5% juga digunakan oleh Fredman *et al* 1984; Markopala (2010); dan Riski (2009) untuk proses transesterifikasi biodiesel dari minyak dedak.

#### 4.5 Pengaruh Suhu terhadap Konversi Reaksi

Suhu reaksi yang digunakan untuk proses transesterifikasi sebaiknya tepat karena suhu yang berlebih menyebabkan pemborosan sebaiknya jika suhu yang digunakan kurang mengakibatkan reaksi transesterifikasi tidak sempurna. Percobaan untuk mempelajari pengaruh suhu reaksi esterifikasi dilakukan dengan mengubah-ubah suhu reaksi untuk setiap percobaan (40, 50, 60 °C). sedangkan untuk waktu esterifikasi dan jumlah katalis dibuat tetap yaitu 50 menit dan 1,5% v/v.

Pengaruh suhu terhadap Konversi Reaksi disajikan pada gambar 4.10. Pada gambar 4.10 terlihat bahwa kenaikan suhu berdampak pada kenaikan konversi pada pembuatan biodiesel.





**Gambar 4.10.** Pengaruh suhu pada berbagai perbandingan mol reaktan terhadap konversi biodiesel

Pada gambar 4.10 menunjukkan fenomena bahwa semakin tinggi suhu reaksi yang dioperasikan sampai dengan 60 °C, maka konversi metil ester semakin besar. Hal ini terjadi karena dengan naiknya suhu, maka tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat dan konstanta reaksi semakin besar. Reaksi esterifikasi biodiesel dengan metanol menjadi Fatty Acid Methyl Ester (FAME). Reaksi pembentukan biodiesel dengan metanol merupakan reaksi endotermis (Vieville et al, 1993), sehingga apabila suhu reaksi dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan/ke produk (Dogra, 1990). Peningkatan laju reaksi ini disebabkan oleh meningkatnya konstanta laju reaksi yang merupakan fungsi dari temperatur. Semakin tinggi temperaturnya, maka semakin besar konstanta laju reaksinya. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius :

$$k = A \exp(-E_a/RT)$$

k = konstanta laju reaksi

A = frekuensi tumbukan

R = konstanta gas

T = temperatur

E<sub>a</sub> = energi aktivasi

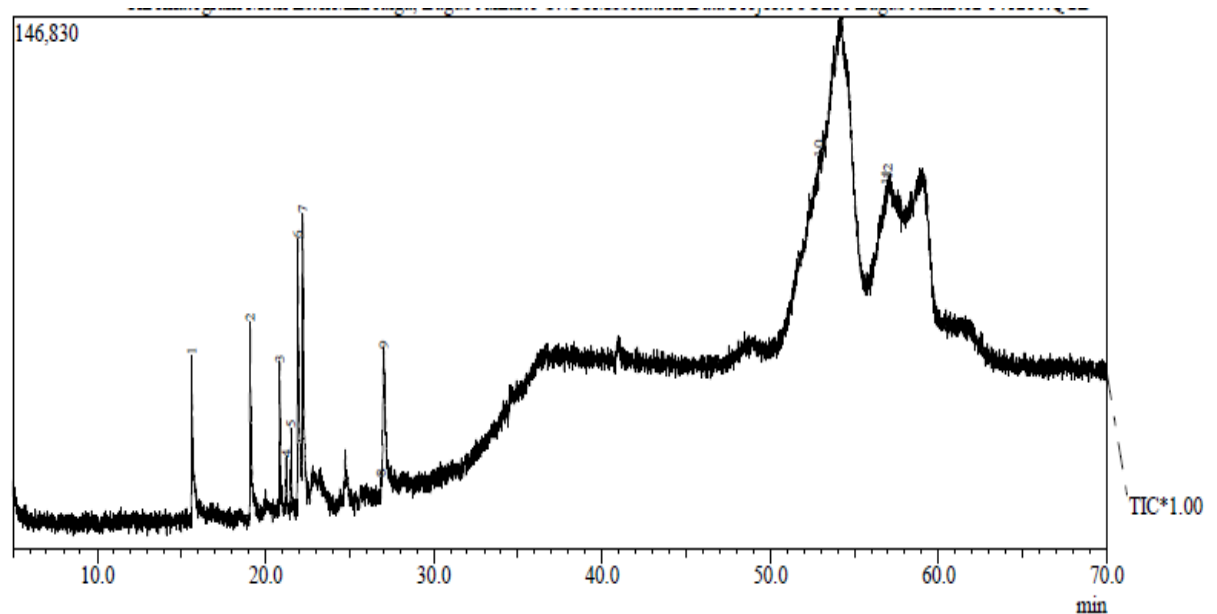
( Levenspiel, 1985 )



Pada gambar 4.10 terlihat kenaikan suhu dari 50°C ke suhu 60°C pada perbandingan reaktan 1:40 berimpit dengan perbandingan reaktan 1:35. Suhu 60°C juga digunakan untuk transesterifikasi minyak jarak oleh Damoko dan Oleryan (2000), Riski. (2009) dan Sudradjat, dkk (2005).

#### 4.6 Analisa Hasil Biodiesel Menggunakan GC-MS

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui terbentuknya metil ester. Analisa dengan GC-MS dipakai untuk mengetahui jenis senyawa yang terkandung di dalam metil ester dari *chlorella sp.* Analisis ini menghasilkan puncak-puncak spektra yang masing-masing menunjukkan jenis metil ester yang spesifik. Hasil analisa GC-MS ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Kromatografi Gas Metil Ester dari Biodiesel pada perbandingan mol reaktan 1:35, suhu 60 °C dan katalis 1,5 % -b

Berdasarkan data GC, maka berbagai jenis metil ester yang ada pada biodiesel dapat ditentukan. Analisis senyawa biodiesel dilakukan terhadap puncak-puncak fragmentasi yang dapat diidentifikasi sebagai senyawa biodiesel berdasarkan pada kemiripan dengan senyawa standar. Suatu senyawa dikatakan mirip dengan senyawa standar jika memiliki berat molekul yang sama, pola fragmen yang mirip, dan harga SI (indeks kemiripan) yang tinggi. Kandungan metil ester pada biodiesel ditunjukkan pada Tabel 5.

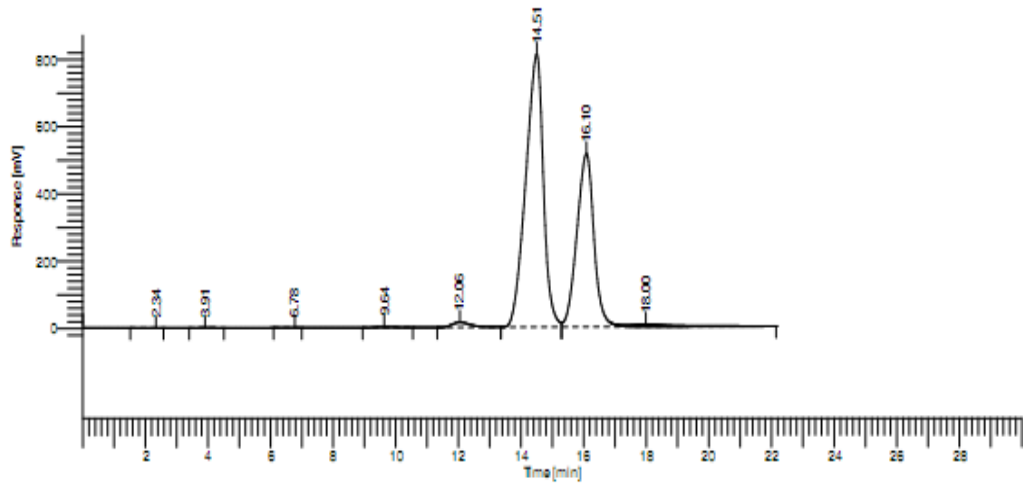
Tabel 5. Jenis Senyawa Metil Ester dalam Biodiesel

Nama senyawa	% senyawa	SI
metil ester Metil palmitate	30,24	96
metil ester Metil nonadecanoate	14,51	91
metil linoleat	11,50	92
metil Palmitoleat	19,63	96
metil Acachidonate	11,29	94

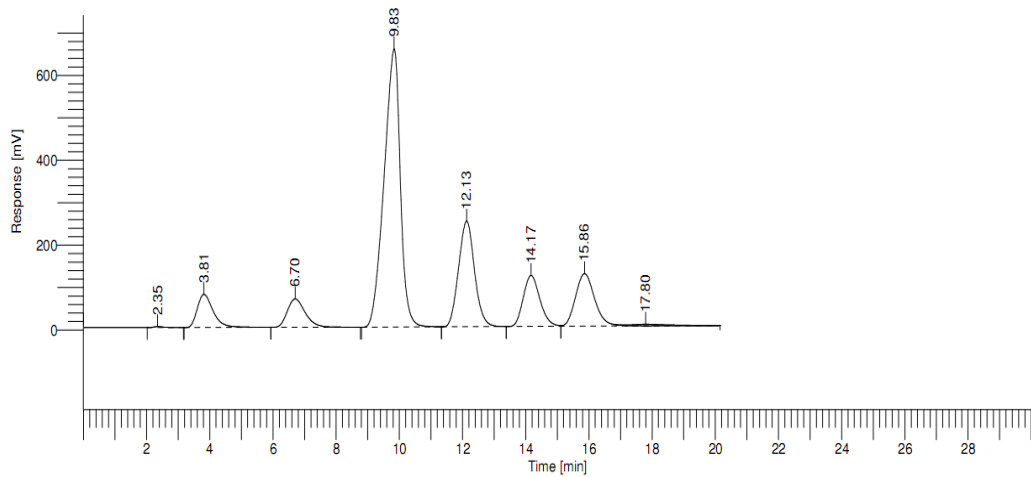
Dari tabel 5. diperoleh beberapa senyawa penyusun dari biodiesel *Chlorella Sp*, dengan komponen penyusun biodiesel metil ester Metil palmitate dan Metil Palmitoleat. Senyawa utama yang merupakan komponen-komponen utama dari senyawa yang terkandung dalam biodiesel tersebut dilihat dari besarnya prosentase senyawa. Senyawa lain yang dihasilkan dari analisa dengan Kromatografi Gas, kemungkinan merupakan alkil ester turunan dari masing-masing asam lemaknya. Di dalam biodiesel kandungan metil ester paling besar adalah metil ester palmitate yang ditunjukkan oleh puncak nomor 10 dengan kandungan senyawa sebesar 30,24%.

Selain itu analisa GC dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan FAME yang sama dari *Chlorella*-biodiesel dengan minyak diesel dari Pertamina.





Gambar 4.12 Hasil Analisa GC minyak diesel Pertamina



Gambar 4.13 Gambar Analisa GC pada perbandingan mol reaktan 1:35, suhu 60 °C dan katalis 1,5 %

Dari hasil analisa GC di atas dapat dilihat bahwa kandungan FAME diesel Pertamina mempunyai waktu retensi pada 14,51 dan 16,10. Waktu retensi tersebut juga terdapat pada FAME *Chlorella*-biodiesel yaitu pada rentang waktu 14,17 dan 15,86. Hal ini berarti terdapat kandungan FAME yang sama pada minyak diesel dari Pertamina dan *Chlorella*-biodiesel dengan luasan yang didapatkan kandungan FAME minyak diesel Pertamina adalah 110,42 dan pada *Chlorella*-biodiesel sebesar 50,05.