

**PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KAPUK (*Ceiba pentandra*) MELALUI REAKSI TRANSESTERIFIKASI ENZIMATIS**

oleh:

**Dina Asnawati, Erin Ryantin Gunawan, Amalia Sukma Ridhani**  
Dosen Program Studi Kimia, FMIPA, Universitas Mataram

**Abstrak:** Penggunaan bahan bakar minyak khususnya solar berbahan dasar fosil terus meningkat seiring dengan meningkatnya mesin industri dan kendaraan bermesin diesel. Eksplorasi minyak bumi yang terus menerus menyebabkan cadangan minyak akan habis dan menyebabkan kerusakan lingkungan akibat emisi hasil pembakarannya. Oleh karena itu diperlukan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar diesel. Biodiesel merupakan bahan bakar motor diesel yang berupa ester alkil/alkil asam-asam lemak yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi enzimatis dengan metanol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra*) dapat dibuat menjadi biodiesel dengan metode transesterifikasi enzimatis, untuk mengetahui kondisi optimum reaksi transesterifikasi dengan enzim lipase dan untuk mengetahui besar persentase biodiesel yang diperoleh. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan adalah berasal dari biji kapuk (*Ceiba pentandra*), dimana kadar minyak biji kapuk sebesar 30,275%. Biodiesel yang dihasilkan memiliki persen rendemen sebesar 96% dengan komposisi metil ester berupa metil palmitat 28,07%, metil linoleat 35,36%, dan metil stearat 4,45%. Hasil optimasi yang diperoleh yaitu pada saat rasio metanol:minyak sebesar 3:1, dengan enzim 0,1 gr, pada suhu 40° dan waktu 10 jam. Biodiesel yang didapatkan telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006 dimana bilangan iod berkisar 41,88-53,3 g iod/100 g. Namun untuk bilangan asam (2,24-3,36 mg KOH/g) belum memenuhi standar SNI 04-7182-2006 yaitu maksimal 0,08 mg KOH/g.

**Kata kunci :** Biodiesel, Transesterifikasi enzimatis, Minyak biji kapuk, Lipase

**PENDAHULUAN**

Eksplorasi minyak bumi yang terus menerus menyebabkan cadangan minyak akan habis, termasuk di Indonesia diperkirakan cadangan minyak bumi akan habis 30 tahun mendatang sebagai akibat ketersediaan bahan bakar yang terbatas dan sifatnya yang tidak dapat diperbaharui.

Konsumsi terhadap bahan bakar yang semakin banyak tersebut juga berdampak pada sektor lingkungan, salah satunya adalah pemanasan global. Untuk itu, perlu dicari sumber energi alternatif yang dapat menggantikan bahan bakar diesel. Salah satu sumber energi alternatif yang kini banyak dikembangkan adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar motor diesel yang berupa ester alkil/alkil asam-asam lemak yang dibuat dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi atau esterifikasi dengan

metanol. Biodiesel mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan minyak diesel yakni dapat diperbaharui (*renewable*), nontoksik dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*) (Pratama *et al*, 2009). Dalam sektor lingkungan, biodiesel memiliki kelebihan karena dapat mengurangi emisi SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub> yang merupakan gas-gas penyumbang pemanasan global.

Bahan dasar utama pembuatan biodiesel adalah minyak nabati yang bisa diambil dari berbagai jenis tanaman, contohnya yaitu tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) dan kedelai. Namun kedua jenis tanaman tersebut termasuk dalam tanaman pangan, sehingga dapat mengakibatkan persaingan dalam konsumsi sebagai pangan dan sebagai bahan biodiesel. Oleh karena itu, pencarian bahan alternatif lain yang bersifat non edible (non pangan) terus gencar

dilakukan, salah satunya yaitu bahan biodiesel dari minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra*).

Tanaman kapuk ketersediannya melimpah, khususnya di daerah NTB dengan jumlah areal pengembangan kapuk hingga tahun 2008 seluas 3.314,21 Ha dengan jumlah produksi per tahun 752,62 ton yang jarak tanam 8m x 8m (Dinas Perkebunan Provinsi NTB, 2008).

Minyak biji kapuk dapat dijadikan biodiesel karena memiliki asam lemak dengan rantai karbon 14-22 C dan untuk mendapatkan biodiesel dari biji kapuk tersebut dilakukan proses transesterifikasi enzimatis atau kimiawi. Beberapa alasan mengapa penelitian ini menggunakan metode transesterifikasi enzimatis yaitu dalam hal peningkatan kualitas dan kuantitas rendemen minyak nabati ke biodiesel yang meliputi suhu reaksi yang rendah (30°C-40°C), tanpa busa, hasil rendemen (metil ester) lebih tinggi, bersifat murni (mudah/tanpa pemurnian), mudah memisahkan gliserol dan kandungan air rendah (Fukuda *et al.*, 2001 dalam Dewajani, 2007). Oleh karena beberapa alasan tersebutlah, maka penelitian ini mengambil metode secara enzimatis.

## METODE PENELITIAN

Biji kapuk diblender dan dikeringkan pada suhu kamar dan ditimbang. Ekstraksi minyak biji kapuk diambil dengan metode maserasi dan sokletasi. Maserasi, inti biji kapuk dimaserasi dengan n-heksan (1:4) selama 48 jam sambil digojog dengan alat *shaker* kecepatan 150 rpm. Minyak yang diperoleh kemudian ditampung ke dalam erlenmeyer 1000 mL, kemudian ditimbang. Maserat dipisahkan dengan residu dengan cara filtrasi kemudian diupkan untuk menghilangkan n-heksan dengan *rotary evaporator* pada suhu 40°C dengan kecepatan 90 rpm. Sokletasi, sebanyak 20 gram inti biji kapuk yang sudah halus dimasukkan ke dalam kertas saring. Kertas saring dilipat sedemikian rupa, sehingga inti biji kapuk tidak keluar, kemudian diikat dengan tali dan ditimbang. Kertas saring yang berisi inti biji Kapuk dimasukkan ke dalam alat soklet dan ditambahkan n-heksan sebagai pelarut, kemudian disokletasi selama 6 jam dengan suhu 40°C. Kadar minyak dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Minyak} = \frac{\text{Berat Minyak}}{\text{Berat Inti Biji Kapuk}} \times 100\%$$

### a. Uji Pendahuluan Minyak Biji Kapuk

#### 1. Penentuan Bilangan penyabunan

Minyak sebanyak 4 g di refluks selama 60 menit dengan 50 mL KOH dalam etanol 0,5 N dan batu didih. Setelah campuran dingin, ditambahkan lima tetes indikator phenolphthalein. Campuran kemudian dititrasi menggunakan larutan HCl 0,5 N hingga warna jingga dari indikator hilang. Perlakuan dibuat sama untuk larutan blanko. Bilangan penyabunan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(B - A) \times 56,1 \times N}{G}$$

- A : Jumlah ml HCl untuk titrasi minyak  
 B : Jumlah ml HCl untuk titrasi blanko.  
 G : massa minyak (gram).  
 56,1 : Bobot molekul KOH.

#### 2. Bilangan asam

Ditimbang sebanyak 10 g minyak, dilarutkan dalam labu yang berisi 50 mL campuran etanol-eter (1:1). Bila contoh tidak larut dalam pelarut dingin, maka dipanaskan secara perlahan-lahan, sambil dikocok sampai larut. Kemudian ditambahkan 1 mL fenolftalein, dan dititrasi dengan KOH 0,1 N sampai larutan tetap berwarna merah muda lemah setelah dikocok selama 30 detik. Bilangan asam dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{A \times N \times 56,1}{G}$$

- A : Jumlah ml larutan KOH untuk titrasi.  
 N : Normalitas larutan KOH  
 G : Bobot contoh (gram)

#### 3. Bilangan iodium

Penentuan bilangan iodium menggunakan metode yang dikembangkan oleh Sudarmadji, *et al.* (2003) yang dimodifikasi. Minyak sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam labu alas bulat yang dihubungkan dengan pendingin. Ditambahkan 10 mL kloroform untuk melarutkan minyak dan 30 mL larutan Hanus (10 g iodin monobromide dalam 500 mL asam asetat), aduk hingga bercampur

semua. Campuran dibiarkan di tempat gelap selama 30 menit dengan sekali-kali dikocok. Setelah itu ditambahkan 10 mL larutan KI 15% dan 10 mL aquadest, dan iod yang dibebaskan segera dititrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N dengan indikator amilum. Titrasi dilakukan sampai warna biru tepat hilang setelah diaduk.

Larutan blanko dibuat dari 30 mL larutan Hanus (10 g iodine monobromide dalam 500 mL asam asetat), aduk hingga bercampur semua. Campuran dibiarkan di tempat gelap selama 30 menit dengan sekali-kali dikocok. Setelah itu ditambahkan 10 mL larutan KI 15% dan 10 mL aquadest, dan iod yang dibebaskan segera dititrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N dengan indikator amilum. Titrasi dilakukan sampai warna biru tepat hilang setelah diaduk.

Banyaknya  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  untuk titrasi blanko dikurangi titrasi yang sesungguhnya adalah ekuivalen dengan banyaknya iodine yang diikat oleh lemak atau minyak. Berikut persamaannya.

$$\text{Bil iod} = \frac{\text{ml titrasi (blanko - sampel)}}{\text{gram Minyak} \times \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 12,691}$$

#### b. Transesterifikasi Minyak Inti Biji Kapuk

Reaksi transesterifikasi enzimatis menggunakan metode yang dikembangkan oleh Suhendra dan Gunawan (2008). Cara kerja secara umum adalah sebagai berikut : Ke dalam 25 mL erlenmeyer bertutup dimasukkan campuran reaksi yang terdiri dari minyak inti biji kapuk yang sudah dimurnikan dan metanol 95% dengan perbandingan (1:4) , 0,15 g enzim lipase dan 5 mL *n*-heksan. Campuran kemudian digojog di dalam sheker bath dengan suhu 40°C dan kecepatan 120 rpm serta dalam rentang waktu selama 5 jam.

#### c. Optimasi Reaksi Transesterifikasi Enzimatis

##### 1. Pengaruh Jumlah Enzim

Pada studi ini, banyaknya enzim lipase divariasikan, yaitu 0,05; 0,10; 0,15; 0,2; 0,25 gram. Lama reaksi ditetapkan 5 jam dengan perbandingan minyak dan metanol 1:3 g/g pada

suhu 40°C dan digojog dengan kecepatan 150 rpm. Persen rendemen dihasilkan melalui persamaan (Suhendra dan Gunawan, 2008) :

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{mmol ester}}{\text{mmol minyak biji kapuk}} \times 100\%$$

##### 2. Pengaruh Molar Rasio Substrat

Salah satu substrat ditetapkan, yaitu perbandingan minyak biji kapuk dan metanol mulai dari 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5 g/g. Lama reaksi ditetapkan 5 jam dengan jumlah enzim 0.10 gram pada suhu 40°C dan digojog dengan kecepatan 150 rpm. Persen rendemen dihasilkan melalui persamaan (Suhendra dan Gunawan, 2008) :

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{mmol ester}}{\text{mmol minyak biji kapuk}} \times 100\%$$

##### 3. Pengaruh Waktu Reaksi

Campuran 1 : 3 g/g minyak inti biji kapuk dan metanol, 0.15 gram enzim lipase dan 5 mL *n*-heksan digojog dengan kecepatan 150 rpm selama 5, 10, 15, dan 20 jam pada suhu 45°C. Persen rendemen dihasilkan melalui persamaan (Suhendra dan Gunawan, 2008) :

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{mmol ester}}{\text{mmol minyak biji kapuk}} \times 100\%$$

##### 4. Pengaruh Suhu Reaksi

Suhu reaksi divariasikan dari 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C. Perbandingan yang digunakan adalah 1:3 minyak inti biji kapuk dan metanol, dengan 0.15 gram enzim selama 5 jam dan digojog dengan kecepatan 150 rpm. Persen rendemen dihasilkan melalui persamaan (Suhendra dan Gunawan, 2008) :

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{mmol ester}}{\text{mmol minyak biji kapuk}} \times 100\%$$

#### d. Karakterisasi Biodiesel

##### 1. Identifikasi Awal Hasil Reaksi

Hasil reaksi adalah campuran ester-ester dari asam-asam lemak. Untuk mengidentifikasi awal ester-ester yang terbentuk digunakan kromatografi lapis tipis (TLC). Biodiesel yang terbentuk

ditotolkan pada lembaran TLC. Lembaran TLC kemudian selanjutnya dikembangkan ke dalam sistem pelarut *n*-heksan - eter (8,5 : 1,5, v/v). Keberadaan ester dideteksi menggunakan iodium yang akan membentuk spot berwarna coklat.

## 2. Analisis Biodiesel

Hasil reaksi dianalisis dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Suhendra dan Gunawan (2008), yaitu dengan menggunakan gas kromatografi spektroskopi massa (GCMS). GCMS dikondisikan dengan suhu injector 290°C. Kolom yang digunakan adalah RTx – 65TG capillary column (30 m x 0.25 mm, Supelco, USA). Suhu kolom mula-mula adalah 40°C dan suhu akhirnya adalah 280°C, dengan kenaikan suhu 80C/menit. Detektor yang digunakan adalah FID (*Flame Ionization Detector*) dengan suhu detector 300°C. Gas pembawa yang digunakan adalah helium dengan kecepatan alir 30 mL/menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini digunakan biji kapuk yang berasal dari Lombok. Dari hasil ekstraksi melalui metode maserasi, diperoleh kadar minyak dengan kisaran 20,33-22,62%, sedangkan dengan sokletasi diperoleh sebesar 29,87-30,27%.

### a. Uji Pendahuluan Minyak Biji Kapuk

Tujuan dari uji pendahuluan ini adalah untuk mengetahui sifat awal minyak biji kapuk yang akan diproses menjadi biodiesel, yang meliputi uji bilangan penyabunan, bilangan asam, dan bilangan iod yang dilakukan dengan tiga kali pengulangan.

#### 1. Bilangan Penyabunan

Bilangan penyabunan adalah jumlah alkali yang dibutuhkan untuk menyabunkan sejumlah contoh minyak. Bilangan penyabunan dinyatakan dengan jumlah milligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram minyak atau lemak (Laili, 2011). Bilangan penyabunan minyak biji kapuk (Tabel 1) diperoleh dengan kisaran nilai 190,77 sampai 196,38 mg KOH/g minyak. Besar kecilnya bilangan penyabunan ditentukan oleh berat molekul asam lemak penyusunnya (Selfiawati, 2003). Minyak yang disusun oleh asam lemak berantai pendek berarti mempunyai nilai bilangan penyabunan yang besar dan begitu juga sebaliknya.

Tabel 1. Hasil Penentuan Bilangan Penyabunan

No.	Jumlah Minyak Sampel (gr)	Volume HCl 0,5 N (mL)	Bilangan Penyabunan (mg KOH/g Minyak)
1.	Blanko	22,6	-
2.	2,00	8,8	193,53
3.	2,00	9	190,77
4.	2,00	8,6	196,38
	Rata-rata		193,58

#### 2. Bilangan Asam

Penentuan bilangan asam bertujuan untuk mengetahui jumlah asam lemak bebas yang terkandung di dalam 1 gram minyak. Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah milligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak atau lemak (Depkes RI, 1995).

Tabel 2. Hasil Penentuan Bilangan Asam

No.	Jumlah Sampel (gr)	Volume KOH 0,1 N (mL)	Nilai Bilangan Asam (mg KOH/g Minyak)
1.	5.00	3,6	4,04
2.	5.00	3,6	4,04
3.	5.2	4	4,47
	Rata-rata		4,183

Bilangan asam (Tabel 2) diperoleh sebesar 4,04 hingga 4,47 mg KOH/g minyak. Bilangan asam menunjukkan jumlah asam lemak yang terdapat dalam minyak. Semakin tinggi kandungan asam lemak tak jenuh dalam minyak kapuk memungkinkan terjadinya oksidasi pada ikatan rangkap tersebut sehingga bilangan asam meningkat. Bilangan asam minyak biji kapuk berada dibawah 5 mg KOH/g, sehingga tidak perlu dilakukan proses esterifikasi, karena Esterifikasi biasa dilakukan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar asam lemak bebas tinggi (berangka-asam  $\geq$  5 mg-KOH/g) (Destiana *et al.*, 2007).

#### 3. Bilangan Iod

Bilangan iodium mencerminkan ketidakjenuhan asam lemak penyusun minyak atau

lemak. Asam lemak tidak jenuh mampu mengikat sejumlah iod dan membentuk senyawa yang jenuh. Banyak iod yang dapat diikat menunjukkan banyaknya ikatan rangkap. Bilangan iod dinyatakan sebagai jumlah gram iod yang diikat oleh 100 gram minyak atau lemak (Sudarmadji, 2003).

Tabel 3. Hasil Penentuan Bilangan Iod

No.	Jumlah Sampel (gr)	Volume Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> (mL)	Nilai Bilangan Iod (g Iod/100 g Minyak)
1.	Blangko	12	-
2.	0,12	3,4	90,95
3.	0,11	4	92,30
4.	0,12	3,4	90,95
	Rata-rata		91,4

Bilangan iod yang didapatkan (Tabel 3) berkisar antara 90,95-92,30 g iod/100 g minyak, menunjukkan bahwa minyak biji kapuk layak untuk dijadikan biodiesel karena bilangan iod standar nasional yaitu maksimal 115 mgKOH/gminyak.

#### b. Analisis dengan kromatografi lapis Tipis (KLT)

Untuk mengetahui kemurnian biodiesel, maka dilakukan analisis awal dengan menggunakan KLT dengan dielusi menggunakan n-heksan : dietil eter ( 8,5 ml:1,5 ml). Dari hasil analisis menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), diperoleh bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki nilai R<sub>f</sub> yang mendekati nilai R<sub>f</sub> dari metil standar (Tabel 4). Hal ini dikarenakan komposisi dari biodiesel tidak sama dengan komposisi dari metil standar dimana metil standar memiliki komponen terbesar yaitu metil oleat.

Kemungkinan lain adalah masih adanya trigliserida yang terkandung di dalam biodiesel akibat reaksi transesterifikasi enzimatis yang bersifat reversible. Ketidakmurnian dari biodiesel ini dikarenakan terjadinya deaktivasi enzim lipase oleh metanol (Al-Zuhair, 2007). Shimada *et al.*, 1999 dalam Corneliasari dan Komalasari (2009) menyebutkan bahwa kelarutan alkohol rantai pendek, seperti metanol, dengan minyak adalah kecil dan keberadaannya mendorong terjadinya

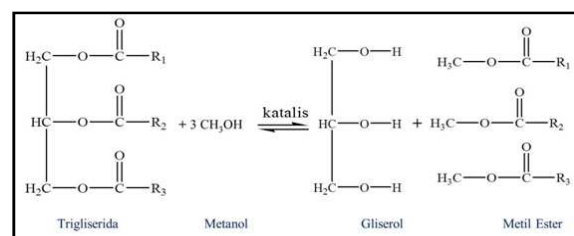
deaktivasi enzim dan kelarutan gliserol yang kecil pada metanol menyebabkan gliserol yang terbentuk dapat melapisi enzim sehingga menurunkan aktivitas enzim (Dossat *et al.*, 1999 dalam Corneliasari dan Komalasari, 2009).

Tabel 4. Tabel Data Mengenai Nilai R<sub>f</sub> Masing-masing Spot

No.	Komponen	Nilai R <sub>f</sub> (cm)
1.	Minyak	0,42
2.	Standar Metil Ester	0,63
3.	Pengaruh Enzim	
	a. 0,1 gr	0,57
	b. 0,15 gr	0,57
	c. 0,2 gr	0,42
	d. 0,05 gr	0,54
	e. 0,25 gr	0,5
4.	Pengaruh Metanol	
	f. 1:1	0,48
	g. 1:2	0,5
	h. 1:3	0,5
	i. 1:4	0,5
	j. 1:5	0,48
5.	Pengaruh Waktu	
	k. 5 jam	0,45
	l. 10 jam	0,6
	m. 15 jam	0,63
	n. 20 jam	0,59
6.	Pengaruh suhu	
	o. 30°C	0,47
	p. 35°C	0,47
	q. 40°C	0,5
	r. 45°C	0,47
	s. 50°C	0,46

#### c. Reaksi Transesterifikasi Enzimatis

Transesterifikasi enzimatis merupakan reaksi alkoholisis yang menggunakan enzim lipase sebagai katalisnya (Gunawan dan Basri, 2005).



Gambar 1. Reaksi Transesterifikasi Enzimatis

Transesterifikasi (biasa disebut dengan alkoholisis) adalah tahap rendemen dari trigliserida (minyak nabati) menjadi alkil ester, melalui reaksi dengan alkohol, dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol (Nurul dan Zuliyana, 2010).

Biodiesel merupakan metil ester yang diproduksi dari minyak biji kapuk yang telah direndemen menjadi metil ester dengan proses transesterifikasi menggunakan metanol dan katalis enzim lipase yang digunakan sebagai bahan bakar di dalam mesin diesel.

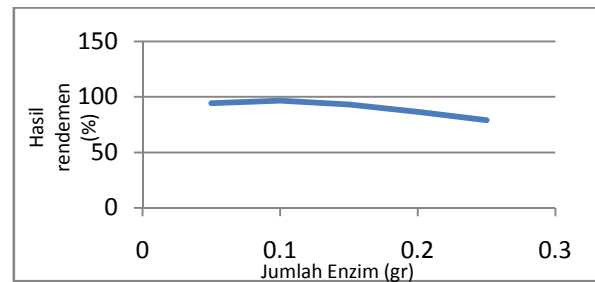
Penggunaan katalis enzim merupakan metode alternative untuk reaksi transesterifikasi, karena enzim dapat memperbesar kecepatan reaksi  $10^6$ - $10^8$  kali lebih cepat daripada reaksi biasa (Hala, *et al.*, 2010) dan reaksi bekerja pada temperatur lebih rendah ( $30^\circ\text{C}$  –  $40^\circ\text{C}$ ), tanpa busa, hasil rendemen (*methyl ester*) tinggi, bersifat murni, gliserol mudah dipulihkan (*recovery*) dan tidak terpengaruh kandungan air, bersifat ramah terhadap lingkungan karena mengurangi pembuangan bahan kimia serta pemisahan dari produk setelah reaksi dapat dilakukan dengan mudah dikarenakan biokatalis ini merupakan katalis heterogen (Fukuda *et al.*, 2001; Hasan, 2006 dalam Darmanto, 2010). Adapun katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lipozyme TL IM.

Hasil dari tahapan transesterifikasi dapat dilihat dari hasil ekstraksi menggunakan corong pisah, dimana fasa organik yang merupakan biodiesel berada di bagian bawah berwarna kuning bening dikarenakan adanya campuran n-heksan dan biodiesel. n-heksan ditambahkan terhadap kedua fasa tersebut, karena n-heksan merupakan pelarut yang sangat selektif untuk lipida non polar seperti minyak biji kapuk (Hala *et al.*, 2010). Selanjutnya n-heksan diuapkan dengan rotary evaporator pada suhu  $40^\circ\text{C}$  sehingga didapatkan biodiesel murni.

#### d. Optimasi Reaksi Transesterifikasi Enzimatis

Dalam penelitian ini dilakukan optimasi suhu, jumlah enzim lipase, substrat, metanol, dan waktu untuk mengetahui reaksi optimum pembentukan biodiesel melalui jumlah kadar yang didapatkan.

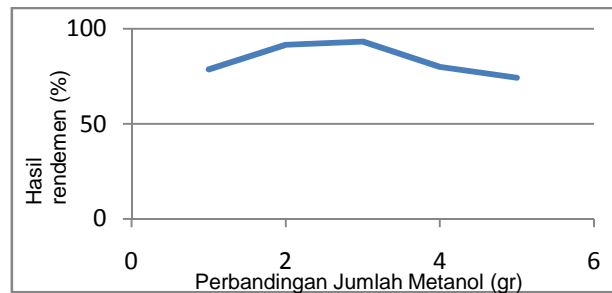
#### 1. Pengaruh Jumlah Enzim



Gambar 2. Kurva Hubungan Antara Jumlah Enzim dengan Hasil Rendemen Pada Reaksi Transesterifikasi

Dari Gambar 2 terlihat bahwa reaksi transesterifikasi terjadi optimum pada jumlah enzim 0,1 gr. Setelah lewat titik kesetimbangan, hasil rendemen mulai menurun dikarenakan jumlah substrat telah habis bereaksi.

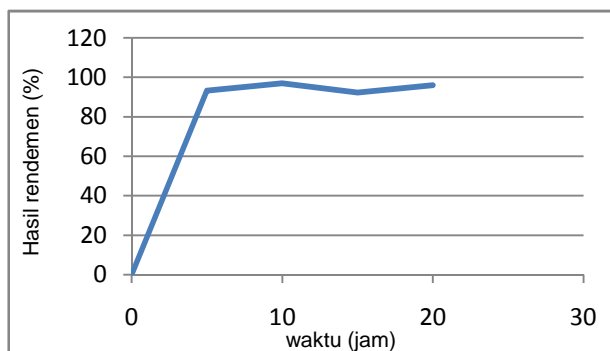
#### 2. Pengaruh Molar Rasio Substrat



Gambar 3. Kurva Hubungan antara Jumlah Metanol dengan Hasil Rendemen pada Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh jumlah metanol yang optimum yaitu dengan perbandingan minyak:metanol yaitu 1:3 sebesar 93,33% (Gambar 3). Mulai dari perbandingan 1:1 pembentukan metil ester terus bertambah, namun setelah melewati reaksi kesetimbangan yaitu pada perbandingan 1:3 maka penambahan methanol sudah tidak memberi keuntungan karena reaksi menjadi bolak-balik dan membentuk asam lemak kembali (Suhendra *et al.*, 2005).

### 3. Pengaruh Waktu Reaksi



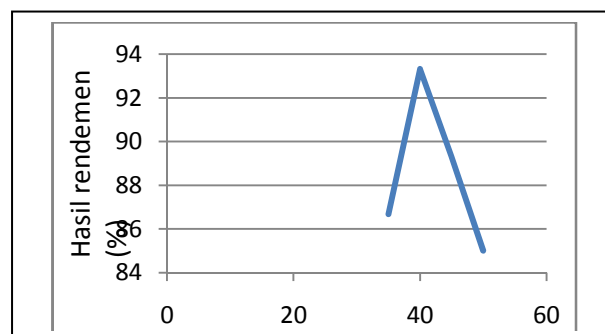
Gambar 4. Kurva Hubungan antara Waktu dengan Hasil Rendemen pada Reaksi Transesterifikasi

Pada Gambar 4 terlihat kurva hubungan antara waktu reaksi (jam) dengan hasil rendemen (%) yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi. Semakin lama waktu reaksi, maka akan menghasilkan persen rendemen yang besar dikarenakan adanya kemungkinan kontak antar zat yang semakin besar. Namun, jika reaksi kesetimbangan telah tercapai, maka dengan bertambahnya waktu, tidak akan memperbesar hasil. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pada  $t$  reaksi = 10 jam merupakan hasil rendemen optimum yaitu sebesar 97%. Namun selanjutnya yaitu pada 15 jam mengalami penurunan hasil rendemen. Hal ini dikarenakan pada  $t = 10$  jam, reaksi sudah mencapai kesetimbangan. Reaksi dapat bersifat reversibel (bolak-balik) sehingga apabila sudah mencapai titik kesetimbangan, maka reaksi akan bergeser ke kiri dan memperkecil hasil rendemen (Suhendra *et al.*, 2005). Pada  $t = 20$  jam mengalami kenaikan hasil rendemen sebesar 97%, dikarenakan pelarut n-heksan masih belum menguap seluruhnya sehingga menambah jumlah berat hasil.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa suhu optimum reaksi transesterifikasi adalah pada  $40^{\circ}\text{C}$  dengan hasil rendemen sebesar 93,333 %. Suhu reaksi dapat mempengaruhi aktivitas dan stabilitas enzim serta kecepatan suatu reaksi. Suhu reaksi juga mempengaruhi kelarutan substrat (Suhendra dan Gunawan, 2008). Dengan semakin meningkatnya suhu, maka jumlah molekul antar

zat yang bereaksi juga semakin besar sehingga dapat meningkatkan hasil produk yaitu metil ester. Namun di atas suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , hasil rendemen yang didapatkan semakin rendah. Hal ini dikarenakan pada suhu di atas  $40^{\circ}\text{C}$ , aktivitas kerja enzim lipase semakin berkurang dan mengalami denaturasi sehingga efektivitasnya menurun.

### 4. Pengaruh Suhu Reaksi



Gambar 5. Kurva Hubungan antara Suhu Reaksi dengan Hasil Rendemen pada Reaksi Transesterifikasi

#### e. Sifat Kimia Biodiesel

Sifat kimia Biodiesel meliputi bilangan asam, bilangan penyabunan, dan bilangan iod. Pada Tabel 5 menunjukkan karakteristik kimia menurut Standar SNI 04-7182-2006 (Kep. Dirjend Migas No. 004/P/DM/1979) dan berdasarkan hasil penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bilangan asam dari biodiesel yaitu berkisar 2,24-3,36 mg KOH/g, nilai tersebut mengalami penurunan dari bilangan asam sebelumnya yaitu sebesar 4,04 hingga 4,47 mg KOH/g. Penurunan bilangan asam ini mengindikasikan bahwa jumlah asam lemak bebas yang terkandung di biodiesel mengalami penurunan. Namun, bilangan asam biodiesel ini tentunya tidak sesuai dengan batas standar menurut SNI. Hal ini dikarenakan masih banyaknya asam lemak bebas yang terkandung di dalam biodiesel akibat deaktivasi enzim oleh methanol, sehingga hanya sedikit dari trigliserida yang dapat direndemen menjadi metil ester.

Tabel 5. Karakteristik Kimia Biodiesel menurut Standar SNI 04-7182-2006 dan Hasil Penelitian

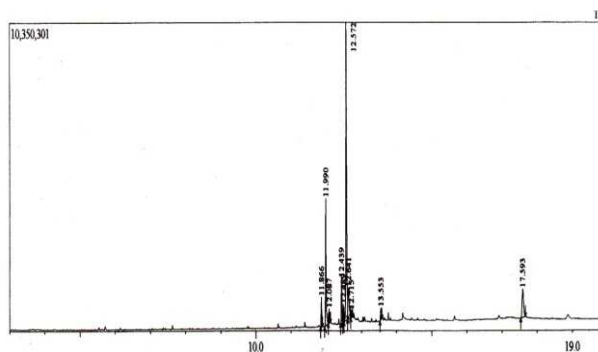
No	Para-meter	Satuan	Metode Uji	Nilai	Hasil Penelitian
1	Bilangan asam	mg-KOH/g	AOSC Cd 3d-63 atau ASTM D 664	Maks 0,8	2,24-3,36
2	Bilangan iodium	%-massa (g I <sub>2</sub> /100 g)	AOCS Cd 1-25	maks 115	41,88-53,3
3	Bilangan Penyabunan	Mg KOH/g minyak	-	-	140,25-162,69

Berdasarkan teori, semakin lama waktu reaksi, maka bilangan asam akan semakin meningkat. Hal ini terbukti dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa biodiesel yang melalui proses transesterifikasi selama 10 jam memiliki bilangan asam 2,24 mg KOH/g, sedangkan biodiesel pada t = 20 jam memiliki bilangan asam sebesar 3,36 mg KOH/g. Hal ini dapat terjadi karena bila dipanaskan terus menerus dalam jangka waktu yang lama maka metil ester yang telah terbentuk akan terpecah kembali membentuk gliseril dan asam-asam lemak bebas (Rama *et al.*, 2007 dalam Dewajani, 2007).

Bilangan iod yang diperoleh sebesar 41,88-53,3 g iod/100 gr. Terjadi penurunan bilangan iod dari yang sebelumnya yaitu 90,95-92,30 g iod/100 g minyak menjadi 41,88-53,30. Hal ini menunjukkan bahwa sedikitnya jumlah metil ester yang memiliki ikatan rangkap. Hal ini terlihat dari hasil GC-MS. Metil ester yang memiliki jumlah ikatan rangkap lebih banyak akan memiliki bilangan iod yang lebih tinggi dibandingkan dengan metil ester yang memiliki jumlah ikatan rangkap yang lebih sedikit.

Bilangan penyabunan biodiesel yang didapatkan yaitu sebesar 140,25-162,69 mg KOH/g minyak. Bilangan penyabunan mengalami penurunan dari yang sebelumnya yaitu 190,77 sampai 196,38 mg KOH/g minyak. Bilangan penyabunan berkaitan dengan berat molekul biodiesel. Biodiesel dengan ester rantai pendek berarti memiliki berat molekul yang kecil sehingga bilangan penyabunan relatif besar. Begitu juga sebaliknya.

## f. Analisis GC-MS



Gambar 6. Spektrum GC Biodiesel Hasil Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Kapuk

Tabel 6. Tabel Data Waktu Retensi dan Luas Puncak Berdasarkan Hasil GC-MS

Puncak	Waktu retensi, tR (menit)	Luas puncak (%)	Hasil kelimpahan dari spektroskopi massa (m/z)	Senyawa yang diduga	Jumlah atom C
1.	11,866	28,07%	41; 57; 74; 87; 101; 115; 129; 143; 157; 171; 185; 199; 213; 227; 239; 270	Metil Heksadecanoat atau metil palmitat	16
2.	12,441	35,36 %	27; 41; 55; 67; 81; 95; 109; 123; 136; 150; 164; 263; 294	9,12-Octadecadienoic acid, metil linoleat	18
3.	12,518	4,45%	18;41;57;74;87;101;115;129;143;157;171;185;199; 213;241;255;267;298	Metil stearat	18

Berdasarkan hasil GCMS dapat dinyatakan bahwa hasil sintesis dari penelitian ini terbukti mengandung senyawa biodiesel yaitu metil ester. Senyawa metil ester yang diperoleh adalah metil palmitat, metil linoleat dan metil stearat, masing-masing pada waktu retensi 11,866, 12,441 dan 12,518 menit.

## PENUTUP

### a. Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan, didapatkan kesimpulan :

1. Minyak biji kapuk (*Ceiba pentandra*) dapat dibuat menjadi biodiesel dengan metode transesterifikasi enzimatis berdasarkan hasil analisis dengan GC-MS dimana biodiesel yang didapatkan memiliki kandungan metil ester dengan panjang rantai karbon C14-C22 yaitu metil palmitat (C16) sebesar 28,07%,



- metil linoleat (C18) 35,36%, dan metil stearat (C18) sebesar 4,45%.
2. Biodiesel yang diperoleh telah memenuhi standar SNI 04-7182-2006 dengan bilangan iod berkisar 41,88-53,3 g iod/100 g. Namun untuk bilangan asam (2,24-3,36 mg KOH/g) belum memenuhi standar SNI 04-7182-2006 yaitu maksimal 0,08 mg KOH/g.
  3. Kondisi optimum yang diperoleh yaitu dengan penggunaan enzim 0,1 gr (96,66%), waktu reaksi 10 jam (97%), perbandingan methanol:minyak yaitu 3:1 (93,33%) dan suhu reaksi 40°C (93,33%)

#### b. Saran

Perlu dilakukan pemisahan trigliserida dari asam lemak bebas minyak biji kapuk dengan metode pemisahan menggunakan kromatografi kolom sebelum dibuat menjadi biodiesel agar bilangan asam minyak ataupun biodiesel tidak terlalu tinggi dan memenuhi standar SNI 04-7182-2006, serta perlu dilakukan uji sifat fisik biodiesel yang diperoleh berdasarkan SNI 04-7182-2006 agar dapat diaplikasikan ke mesin diesel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Zuhair S., 2007, *Production of Biodiesel: Possibilities and Challenge*, UAE University 1:57-66.
- Corneliasari, K. dan Komalasari, I., 2009, *Biodiesel Sebagai bahan Baku Alternatif*, Pusat Penelitian Kimia LIPI Kawasan PUSPIPTEK Serpong: Tangerang.
- Darmanto S., 2010, *Analisis Karakteristik Biodiesel Kapuk Randu Sebagai Bahan Bakar Minyak Diesel*. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Semarang.
- Depkes RI., 1995, *Farmakope Indonesia*, edisi keempat, Jakarta, 948-951.
- Destiana, M., Zandy, A., Nazef, Puspasari, S., 2007, *Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel*, PT. Rekayasa Industri ITB, Bandung.
- Dewajani, H., 2007, *Potensi Minyak Biji Randu (Ceiba petandra) Sebagai Alternatif Bahan Baku Diese*, Kimia Politeknik Negeri Malang.
- Dinas Perkebunan Provinsi NTB, 2008, *Angka tetap tahun 2008*.
- Gunawan, E.R., and Basri, M., 2005, *Study on Response Surface Methodology (RSM) of Lipase-Catalyzed synthesis of palm-based wax ester*, Enzym and Microbial Technology Journal, 37, 739-744.
- Hala Y., Astri, Jufri Z. M., Tambung A., 2010, *Proses Transeseterifikasi Biji Minyak Jarak dengan bantuan Enzim Lipase Sebagai penghasil Biodiesel*, Jurusan Kimia FMIPA UNHAS, Makassar.
- Laili, N.A., 2011, *Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nabati*, STTN Batam: Yogyakarta.
- Nurul M, H dan Zuliyana, 2010, *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi*, Jurusan teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro: Semarang.
- Pratama, L., Yoeswono., Triyono., and Tahir, I., 2009, *Effect of temperature and speed of stirrer to biodiesel conversion from coconut oil with the use of palm empty fruit bunches as a heterogeneous catalyst*, Indonesian Journal of Chemistry, 9 (1): 54-61.
- Selfiawati E., 2003, *Kajian Proses Degumming Netralisasi Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas*, Fakultas teknologi Pertanian IPB: Bogor.
- Sudarmadji, S., Haryono, B dan Suhardi., 2003, *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Edisi Kedua, Cetakan Kedua, Liberty, Yogyakarta, 93-104
- Suhendra, D., dan Gunawan, E.R., 2008, *Synthesis of wax esters from Palm kernel oil catalyzed by Lipase*, Mataram : Mataram University.