

# PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG DENGAN PROSES ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI DENGAN KATALIS ASAM BASA

Rudi Hartono<sup>1</sup>, Jayanudin<sup>2</sup>, Endrian Harzufi, Devi Nuraini .M

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik  
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: <sup>1</sup> rudiplcclg@yahoo.com, <sup>2</sup> jaya\_hisyam@yahoo.com

## ABSTRAK

Krisis energi dunia yang terjadi pada dekade terakhir ini mendorong pengembangan energi alternatif dengan pemanfaatan sumber daya energi terbarukan (*renewable resources*). Bentuk energi alternatif yang mulai dikembangkan adalah biofuel yang mempunyai tingkat kelayakan teknologi cukup tinggi dimana dapat berupa bioethanol untuk menggantikan bensin, biodiesel menggantikan solar atau minyak bakar. Indonesia merupakan Negara agraris yang kaya akan bahan baku biodiesel dan bioethanol sebagai energi terbarukan. Tujuan penelitian ini adalah mencari kondisi operasi optimum dalam pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung dengan menggunakan katalis asam-basa. Dalam proses pembuatan biodiesel dari Minyak nyamplung melewati tahapan proses, yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi. Variasi katalis yang di gunakan sebanyak 1.5%, 2% dan 2.5% dengan lama waktu reaksi 30 menit, 60 menit, dan 75 menit, temperature reaksi 60 °C. Kondisi maksimum penelitian ini berdasarkan kualitas biodiesel yang memenuhi standar SNI adalah menggunakan katalis NaOH 2,5% waktu reaksi 75 menit dengan Cetane number 53.32 ,bilangan asam 0.72mg NaOH/g sampel ,viskositas 5.78 cSt ,densitas 0.88g/ml, dan rendemen 66.5% .

**Kata Kunci** : Biodiesel, Minyak nyamplung, Esterifikasi , Transesterifikasi.

## ABSTRACT

*Crisis of energy in the world at the last decade encourage to expansion of alternative energy with using renewable resources. Alternative energy form which developed is biofuel such is bioethanol for replaced gasoline and biodiesel for replaced disel fuel. Indonesia is the country that the rich of raw material biodiesel and bioetanol as renewable resources. The aim of the research is to obtain of optimum operation in making biodiesel from nyamplung oil with use asam-basa catalyst. In the pross of making biodiesel from nyamplung oil by process stage, that is esterifikasi and transesterifikasi process. The variation of catalyst used 1.5%, 2%, and 2.5% with time reaction 30 minutes, 60 minutes and 75 minutes, temperature of reaction is 60° C. Maksimum condition to choice in this research cause of quality biodiesel as standard of SNI is use NaOH catalyst 2.5% time reaction 75 minutes with cetane number 53.32, acid number 0.72mg NaOH/g sampel, viscosity 5.78 cSt, density 0.88 g/ml and yield 66.5%*

**Keywords** : Biodiesel, nyamplung oil, Esterifikasi , Transesterifikasi.

## 1. PENDAHULUAN

Harga minyak bumi di dunia yang fluktuatif dan impor bahan bakar minyak (BBM) Indonesia yang terus meningkat mempengaruhi kestabilan perekonomian pemerintah. Meskipun sebagai penghasil minyak, Indonesia juga sebagai negara pengimpor minyak. Harga BBM di dalam negeri yang masih di subsidi menyebabkan beban pemerintah terhadap BBM semakin berat. Eksplorasi minyak bumi yang terus menerus menyebabkan cadangan minyak bumi akan habis, termasuk di Indonesia diperkirakan cadangan minyak bumi akan habis dalam 30 tahun mendatang. Minyak bumi yang semakin habis mendorong pengembangan energi alternatif dengan pemanfaatan sumber daya energi terbarukan (*renewable resources*). Energi alternatif yang saat ini dikembangkan adalah biofuel yang mempunyai tingkat kelayakan teknologi cukup tinggi dimana dapat berupa bioethanol untuk menggantikan bensin, biodiesel menggantikan solar atau minyak bakar. Indonesia merupakan Negara agraris yang kaya akan bahan baku biodiesel maupun bioethanol sebagai energi terbarukan [Hadi, Wahyudi Anggoro,,2009].

Biodiesel, merupakan bahan bakar untuk mesin diesel yang dihasilkan dari sumber daya hayati atau secara khusus merupakan bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas *ester alkyl* dari asam-asam lemak banyak terdapat di daerah tropis seperti di Indonesia. Biodiesel dapat dibuat dari minyak hewani, minyak nabati. Minyak atau lemak merupakan trigliserida dengan viskositas tinggi, untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar harus diturunkan viskositasnya dengan proses pengolahan berupa esterifikasi dan transesterifikasi. Bahan baku biodiesel terus mengalami perkembangan melalui percobaan di seluruh dunia. Dari mulai biji jarak, kelapa sawit, minyak jelantah, sampai yang terbaru adalah biji nyamplung.

Tanaman biji nyamplung tumbuh di sekitar pesisir pantai di Madagaskar, Afrika selatan, Kepulauan pasifik, hingga Amerika selatan. Di Indonesia, biji nyamplung terdapat di bagian barat sampai timur Indonesia, dari Sumatera barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, hingga Nusa Tenggara Timur dan Papua. Biji nyamplung ini juga banyak ditemukan di pesisir pantai anyer, dan masih belum dimanfaatkan oleh penduduk sekitar pantai. Bagi masyarakat sekitar terutama para nelayan ,pengembangan *biofuel* dapat mengurangi ketergantungan terhadap BBM dalam melaut. Diperlukan pemanfaatan sebagai bahan bakar pengganti dikemudian hari [Rahman F dan A. Praba swara, 2008].

Keunggulan biodiesel yang dihasilkan dari nyamplung adalah rendemen minyak nyamplung tergolong tinggi dibandingkan jenis tanaman lain seperti tanaman jarak dan sawit, dalam pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan. Selain itu, nyamplung memiliki keunggulan ditinjau dari prospek pengembangan dan pemanfaatan lain, diantaranya tanaman nyamplung tumbuh dan tersebar merata secara alami di Indonesia, regenerasi mudah dan berbuah sepanjang tahun menunjukkan daya survival yang tinggi terhadap lingkungan. Biji nyamplung relatif mudah dibudidayakan baik tanaman sejenis (*mono culture*) atau hutan campuran (*mixed forest*). Pemanfaatan *biofuel* nyamplung dapat menekan laju penebangan pohon hutan sebagai kayu bakar, berdasarkan hal di atas maka terbuka kesempatan untuk membuat biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar dengan memanfaatkan biji nyamplung sebagai sumber minyak yang dapat menghasilkan biodiesel.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Minyak Nabati

Pengertian ilmiah paling umum dari istilah 'biodiesel' mencakup sembarang (dan semua) bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber daya hayati atau biomassa, dimana biodiesel adalah bahan bakar mesin atau motor diesel yang terdiri atas ester alkyl dari asam-asam lemak [Destiana 2008].

Biodiesel dapat di buat dari minyak nabati maupun hewani, namun yang paling umum digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak nabati. Minyak nabati dan biodiesel tergolong dalam kelas besar senyawa-senyawa organik yang sama, yaitu kelas ester asam-asam lemak. Minyak nabati adalah trimer asam-asam lemak dengan gliserol, atau trigliserida sedangkan biodiesel adalah monoester asam-asam lemak dengan methanol. Perbedaan wujud molekuler ini memiliki beberapa konsekuensi penting dalam penilaian keduanya sebagai kandidat bahan bakar mesin diesel :

1. Minyak nabati (yaitu *trigliserida*) berberat molekul besar, jauh lebih besar dari biodiesel (yaitu *ester metil*), akibatnya trigliserida relative mudah mengalami perengkahan (*cracking*) menjadi aneka molekul kecil, jika terpanaskan tanpa kontak dengan udara ( oksigen ).

2. Minyak nabati mempunyai kekentalan (*viskositas*) yang jauh lebih besar dari minyak diesel atau solar ataupun biodiesel, sehingga pompa penginjeksi bahan bakar di dalam mesin diesel tak mampu menghasilkan pengkabutan (*atomization*) yang baik ketika minyak nabati di semprotkan ke dalam kamar pembakaran.
3. Molekul minyak nabati relative lebih bercabang dibanding ester-metil asam-asam lemak, akibatnya angka setana minyak nabati lebih rendah dari angka setana ester metil.
4. Angka setana adalah tolak ukur kemudahan menyala atau terbakar dari suatu bahan bakar di dalam suatu mesin diesel.

## 2.2 Trigliserida

Trigliserida adalah trimer dari gliserol dengan asam-asam lemak, yaitu karboksilat berat karbon 6 s/d 30. Trigliserida banyak dikandung dalam minyak dan lemak, merupakan komponen terbesar penyusun minyak nabati. Selain trigliserida, terdapat juga monogliserida dan digliserida.

Asam lemak bersama-sama dengan gliserol merupakan penyusun utama minyak nabati atau lemak dan merupakan bahan baku untuk semua lipida pada makhluk hidup. Asam lemak bisa berbentuk bebas (karena lemak yang terhidrolisis) maupun terikat dengan gliserida. Asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom penyusunnya, sementara asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda di antara penyusunnya.

## 2.3 Asam Lemak Bebas

Komponen lain yang terdapat dalam minyak nabati adalah asam lemak bebas (FFA). Asam lemak bebas adalah asam lemak yang terdapat didalam minyak nabati dan gugus karboksilatnya bebas, dalam pengertian tak terikat dalam bentuk ester, garam, dan lain-lain. Kandungan FFA yang berlebihan pada lemak nabati dapat menghambat reaksi pembentukan ester alkil karena FFA dapat bereaksi dengan katalis di dalam reaksi tersebut [Hadi, Wahyudi Anggoro, 2009].

## 2.4 Biodiesel

Secara umum, biodiesel merupakan bahan bakar mesin diesel yang terbuat dari sumber hayati dan biomassa. Berdasarkan pengertian industri saat ini, biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri atas ester alkil asam-asam lemak [Anggoro, W, 2009]. Ester adalah istilah ilmu kimia yang berarti senyawa yang terbentuk dari kondensasi alkohol dengan asam (dalam penelitian ini adalah asam lemak). Proses pembuatan biodiesel dengan mereaksikan alkohol dengan asam lemak dapat dilakukan dengan dua cara yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

### 2.4.1 Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif

Biodiesel memiliki beberapa kelebihan dibanding bahan bakar diesel petroleum. Kelebihan tersebut antara lain :

1. Merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat dibiodegradasi
2. Mempunyai bilangan setana yang tinggi.
3. Mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx.
4. Terdapat dalam fase cair.

### 2.4.2 Reaksi-Reaksi Pendukung Produksi Biodiesel

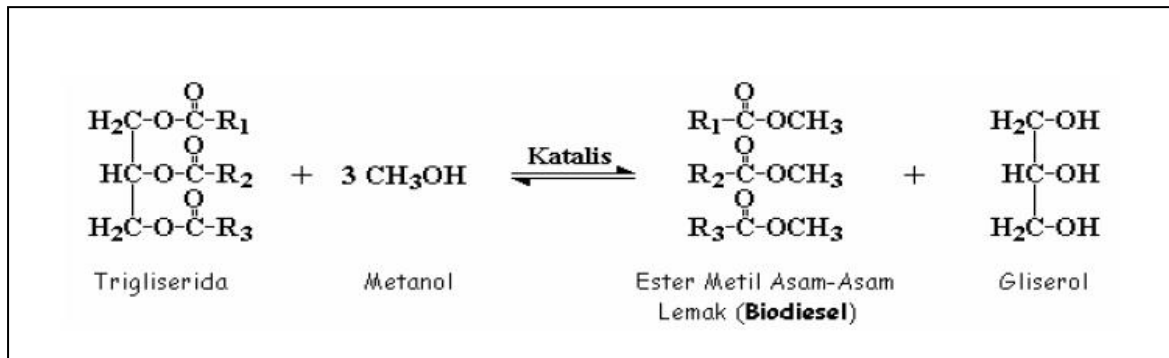
#### Esterifikasi

Esterifikasi merupakan salah satu cara mensintesis ester alkil asam lemak. Definisi esterifikasi secara ilmiah adalah reaksi pembentukan ester dari asam karboksilat dengan alkohol [Purwanti, E, 2010]. Dalam pembuatan biodiesel, asam karboksilat terkandung dalam minyak lemak.

Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan endoterm, sehingga diperlukan pemanasan untuk mempercepat reaksi. Pada kondisi normal, reaksi ini berjalan lambat karena itu diperlukan katalis. Katalis yang cocok digunakan adalah katalis yang bersifat asam kuat seperti asam sulfat, asam sulfonat organik dan resin penukar kation asam kuat, hal ini disebabkan reaksi berjalan dalam kondisi asam.

#### Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan reaksi trigliserida dengan alkohol untuk menghasilkan alkil ester asam lemak dan gliserol sebagai produk samping.

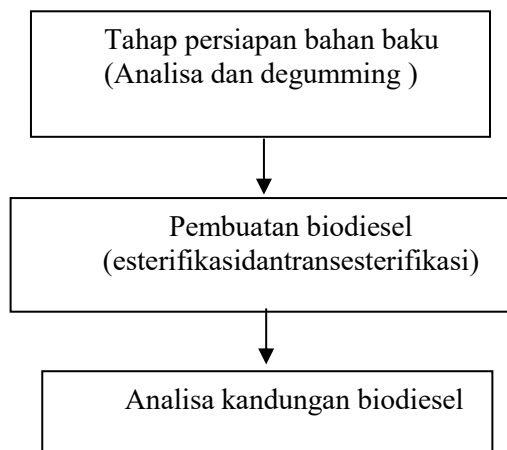


**Gambar 3.1. Reaksi transesterifikasi trigliserida dengan methanol**

Reaksi di atas merupakan reaksi transesterifikasi trigliserida dengan methanol, atau disebut reaksi metanolisis. Mempercepat reaksi, dengan menggunakan katalis dan umumnya katalis yang digunakan adalah katalis basa, seperti NaOH dan KOH.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung menggunakan tahap esterifikasi dan transesterifikasi, diikuti dengan proses pemurnian, pembilasan dan pemanasan guna menghilangkan kadar air dalam minyak pada biodiesel. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten. Pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung dapat dilihat pada diagram Alir Proses secara umum di bawah ini.



**Gambar 3.2 Diagram alir proses produksi biodiesel dari biji nyamplung**

#### 3.1 Alat dan Bahan

##### 3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengepres biji, oven, beker glass, thermometer, pemanas listrik, pengaduk magnetic, erlemeyer, gelas ukur, kondensor, decanter, buret, piknometer, viscometer.

##### 3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak biji nyamplung, methanol teknis 95%, HCL 37% p.a, padatan NaOH, indikator phenolftalein, asam fosfat.

#### 3.2 Prosedur kerja

##### 3.2.1 Proses Pretreatment Minyak Nyamplung

Menyiapkan minyak nyamplung dengan basis volume 500 ml dan tambahkan asam fosfat sebesar 0.5 % (b/b) minyak dan panaskan hingga temperatur 80°C, setelah itu melakukan pengadukan selama 15 menit lalu endapkan, pisahkan endapan yang terbentuk. Melakukan pembilasan dengan

memasukkan air dengan temperatur 60°C, lakukan pengadukan lalu endapkan. Pisahkan endapan yang terbentuk. Panaskan minyak nyamplung hingga ±120°C agar tidak terjadi reaksi oksidasi yang bisa merubah warna minyak menjadi gelap kembali. Diperoleh minyak nyamplung berwarna jernih kemerah-merahan yang siap diolah menjadi Biodiesel.

### 3.3.2 Pengolahan Minyak Nyamplung menjadi Biodiesel

#### a. Proses analisa asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*).

Membuat larutan NaOH 0.1 N 500 ml (sebanyak 2.8 gr NaOH dilarutkan dengan 500 ml aquadest), kemudian masukan alkohol 95 % sebanyak 25 ml methanol dalam Erlenmeyer, tetesi dengan 5-7 tetes indicator PP (*phenolphthalein*). menimbang 5 gr contoh biodiesel, tambahkan larutan methanol yang telah disiapkan kemudian titrasi dengan NaOH 0.1 N sampai warna merah muda. Mencatat volume NaOH yang digunakan untuk titrasi. Kemudian dihitung dengan rumus sebagai berikut [Perwanti,Endang, 2010] :

$$FFA = \frac{M \times V \times N}{10m}$$

Dimana :  $m$  = berat sample (gr)  
 $N$  = normalitas NaOH  
 $M$  = berat molekul asam lemak  
 $V$  = volume NaOH yang diperlukan untuk titrasi (ml)

BM untuk minyak kelapa 205, minyak kelapa sawit 263 dan 282 untuk asam oleat. Biasanya untuk minyak selain dari minyak kelapa atau kelapa sawit, dihitung sebagai asam oleat [Perwanti,Endang, 2010].

#### b. Reaksi Esterifikasi

(Reaksi akan dilakukan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas)

Menentukan volume minyak nyamplung yang sebelumnya telah dilakukan penghilangan getah dan air kemudian dituangkan kedalam labu reaksi (reactor). Menyiapkan methanol berlebih dengan perbandingan total methanol dengan FFA adalah 1: 20 yang telah ditambahkan katalis katalis asam HCl 37 %, sebanyak 1% berat minyak. Kemudian memasukan minyak Biji Nyamplung sesuai volume yang dikehendaki kedalam labu leher dua bersamaan dengan pengaduk magnetis. Menyalakan pemanas hingga temperatur operasi minyak Biji Nyamplung yang diinginkan dan menyalakan pengaduk magnetis. Setelah temperature operasi tercapai, masukkan campuran methanol dan katalis kedalam labu leher tiga secara perlahan, amati dan jaga temperature operasi agar tetap pada kondisi konstan, perhitungkan waktu reaksi. Biarkan campuran antara minyak Biji Nyamplung, methanol dan HCl diaduk secara perlahan selama waktu dan temperatur operasi yang dikehendaki. Setelah proses selesai, diamkan hingga temperatur turun (dibawah temperatur operasi). Masukkan kedalam decanter, diamkan 3-5 jam hingga terbentuk antara dua lapisan. Pre-Biodiesel dengan warna cokelat kemerahan di bagian bawah, gliserol dan air dibagian atasnya. Biodiesel yang dipisahkan, kemudian dicuci/bilas dengan air T – 60°. Melakukan pemanasan terhadap pre-biodiesel yang telah dicuci, pada T = ±120°C selama 15 menit. Lakukan analisa data (kadar FFA).

#### c. Reaksi Transesterifikasi

(Reaksi dilakukan untuk penyimpulan dari proses esterifikasi dan bertujuan untuk menurunkan viskositas).

Menentukan volume minyak nyamplung yang sebelumnya telah dilakukan penghilangan getah dan air kemudian dituangkan kedalam labu reaksi (reactor).Menyiapkan methanol dengan perbandingan total methanol dengan minyak nyamplung adalah 5:1 yang telah ditambahkan katalis basa. Kemudian memasukan minyak Biji Nyamplung sesuai volume yang dikehendaki kedalam labu leher dua bersamaan dengan pengaduk magnetis. Menyalakan pemanas hingga temperatur operasi minyak Biji Nyamplung yang diinginkan, kemudian menyalakan pengaduk magnetis. Setelah temperature operasi tercapai, masukkan campuran methanol dan katalis kedalam labu leher dua secara perlahan. Amati dan jaga temperature operasi agar tetap pada kondisi konstan, perhitungkan waktu reaksi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama adalah *pretreatment*, tahap kedua proses utama, tahap ketiga pemurnian. Sampel biodiesel yang diperoleh akan dianalisa (Bilangan asam, Densitas, FFA, Cetan number, viskositas, dan pour point).

##### 4.1 Minyak Nyamplung

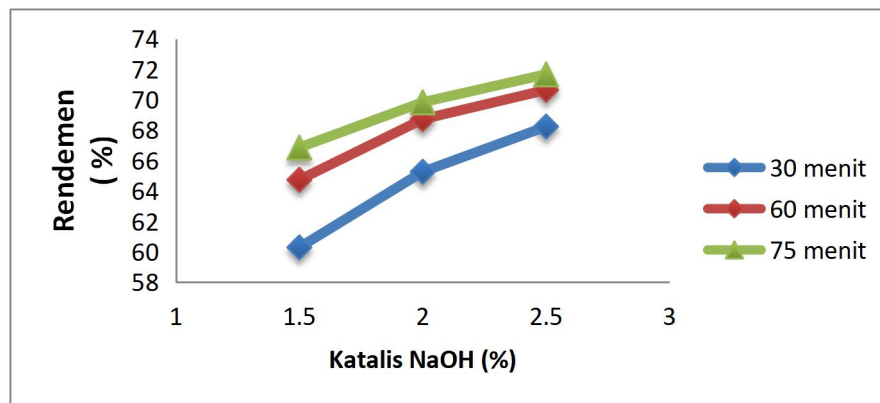
Pada penelitian pendahuluan akan dilakukan analisa terhadap sifat fisik dan kimia minyak nyamplung kasar. Analisa tersebut meliputi warna minyak, kadar FFA, densitas, viskositas. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui sifat awal minyak nyamplung yang akan diproses menjadi biodiesel. Hasil analisa terhadap karakteristik minyak nyamplung dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini :

*Tabel 4.1 Karakteristik minyak nyamplung hasil analisis*

Karakteristik	Komposisi	
	Awal	Degumming
Warna	Hijau Kehitaman	Kemerahan
Kondisi Cairan	Kental	Kental
Densitas pada suhu 40 <sup>0</sup> C(g/ml)	0.984	0.813
Kadar FFA (%)	38.1	28.45
Viskositas Kinematik 40 <sup>0</sup> C (Cst)	26.93	23.75

Hasil analisis sifat fisik kimia minyak nyamplung diperoleh kadar FFA awal sebelum degumming adalah 38.1%, sedangkan kadar FFA setelah degumming adalah 28.45%.

##### 4.2 Pengaruh katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap rendemen



*Gambar 4.1 Pengaruh katalis NaOH dan waktu reaksi terhadap rendemen*

Pada Gambar 4.1 di atas menunjukkan kondisi operasi pada variasi temperatur dan katalis yang digunakan menunjukkan perolehan rendemen yang terus meningkat. Hasil maksimum yang diperoleh adalah pada kondisi waktu 75 menit dan katalis 2,5% dengan perolehan reedmen 71,67%, hal ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa semakin banyak katalis yang digunakan dan waktu reaksi diperlama, maka perolehan rendemen yang dihasilkan semakin banyak.

##### 4.3 Karakteristik biodiesel Biji Nyamplung

Dari analisa Karakteristik terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini, pada beberapa parameter yang diuji seperti pour point, viskositas, densitas, cetan number, bilangan asam dan

rendemen yang di bandingkan dengan standar biodiesel yang ada dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

**Tabel 4.2 Sifat fisik kimia biodiesel nyamplung dari hasil analisa dibandingkan dengan standar SNI 04-7182-2006**

No	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai	Biodiesel Nyamplung
1	Masa jenis pada 40 <sup>0</sup> C	kg/m <sup>3</sup>	ASTM D1298	850-890	890
2	Viskositas kinematik pada 40 <sup>0</sup> C	mm <sup>2</sup> /(cSt)	ASTM D445	2.3-6.0	5.78
3	Bilangan Setana	-	ASTM D613	Min 51	53.32
4	Bilangan Asam	Mg NaOH/g	AOCS	Maks 0.8	0.72
5	Titik Kabut	<sup>0</sup> C	ASTM D2500	Maks 18	2.4

Dari perbandingan di atas, dapat dilihat bahwa biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian ini telah memenuhi beberapa parameter yang ada untuk standar biodiesel, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai bahan bakar alternative pengganti solar.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Biodiesel dapat dibuat dari minyak biji nyamplung melalui reaksi esterifikasi dengan bantuan katalis HCl dan reaksi transesterifikasi dengan bantuan NaOH.
2. Sifat fisika dan kimia dari biodiesel minyak biji nyamplung yang dihasilkan yaitu kuning kemerahan dengan bau yang khas dan memiliki densitas 0.88 g/ml, viskositas 5.78 cst, bilangan asam 0.72 mg NaOH/g, cetane number 53.32, titik kabut 2.8. Karakteristik biodiesel minyak biji nyamplung yang dihasilkan sesuai dengan standard mutu biodiesel SNI-04-7182-2006.
3. Jumlah katalis yang paling maksimum untuk reaksi transesterifikasi yaitu 2.5% dengan waktu 75 menit.

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini ada beberapa variasi yang tidak dilakukan, maka disarankan pada penelitian selanjutnya untuk :

1. Melakukan variasi waktu pemanasan pada reaksi transesterifikasi
2. Sebaiknya volume bahan baku yang digunakan diperbesar jumlahnya sehingga ketersediaan sampel memungkinkan untuk dilakukan uji spesifikasi biodiesel yang lainnya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Destiana, Mescha. 2007. *"Intensifikasi Proses Pembuatan Biodiesel"*. Bandung : Institut Teknologi Bandung dan PT. Rekayasa Industri.
- Endang,P.2010. *"Kalor Biodiesel Minyak Biji Nyamplung"*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Haryanto, Bode. 2008. *"Bahan Bakar Alternatif Biodiesel"*. Medan : Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Hadi, Wahyudi Hanggoro. 2009. *Pemanfaatan Minyak Biji Nyamplung Sebagai Bahan Bakar Biodiesel Pengganti Solar*. Jurnal Riset Daerah.
- Purwanti,Endang.2010. *"Kalor Biodiesel Minyak Biji Nyamplung"*. Institut Teknologi Sepuluh November.

- Rahman F dan A. Prabaswara. 2008. "*Biji Nyamplung sebagai Sumber Energi Alternatif*". Pemenang karya tulis SMA wisata iptek 2007, Kementrian Negara Riset dan Teknologi.
- Sopamena, Abbas. 2007. "*Hitaullo (Calophyllum inophyllum L) Sumber Bahan Bakar Nabati dan Tanaman Konservasi*". Bandung : BAPINDO.
- Santoso, Harry,.Dr.,Ir. 2008. "*Nyamplung Calophyllum inophyllum L sumber energi biofuel yang potensial*". Jakarta : Badan LitBang Kehutanan.
- Suirta, I W. 2009. "*Preparasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit*". Bali:FMIPA Universitas Udayana.
- Sudradjat, Prof. 2008. "*Calophyllum inophyllum a Potential Plant for Biodiesel*". Bogor : LitBang Departemen Kehutanan Republik Indonesia.