

## KEGIATAN 2

### 1. JUDUL

Rekayasa Proses Produksi Biodiesel

### 2. LATAR BELAKANG

Cadangan dan produksi minyak nasional cenderung menurun sejak lima tahun terakhir [Shintawaty, 2006] sedangkan jumlah konsumsinya meningkat setiap tahunnya. Hal ini mendorong berbagai pihak untuk melakukan penghematan dan mencari bahan bakar alternatif untuk menutupi kekurangan pasokan pada masa mendatang. Salah satu alternatif pengganti BBM (khususnya diesel/solar) adalah biodiesel.

Biodiesel merupakan sumber energi alternatif pengganti solar yang terbuat dari minyak tumbuhan atau lemak hewan. Banyak tumbuh-tumbuhan yang dapat menghasilkan minyak, tetapi tidak semuanya dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif biodiesel, karena beberapa spesies digunakan juga sebagai bahan makanan.

Untuk menghindari tumpang tindih dalam penggunaan sumber daya nabati, maka pengembangan biodiesel ini difokuskan pada bahan baku alternatif nonpangan seperti minyak biji bintaro. Biji bintaro didapat dari tanaman bintaro (*Cerbera odollam*), yang tersebar hampir di seluruh Indonesia [Dewanto, 2009].

Satu pohon bintaro secara optimal menghasilkan 300 kg buah bintaro setiap tahunnya. Untuk mendapatkan 1 kg minyak bintaro murni dibutuhkan 2,9 kg biji bintaro kering yang dapat diperoleh dari 36,4 kg buah bintaro tua. Minyak biji bintaro memiliki daya bakar selama 11,8 menit, sedangkan minyak tanah 5,6 menit dengan takaran 1 ml minyak biji bintaro dan minyak tanah. Hal ini menunjukkan bahwa minyak biji bintaro memiliki daya bakar dua kali lebih lama dibandingkan minyak tanah [Dewanto, 2009].

### 3. TUJUAN

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menguji kinerja katalis ZnO komersial dalam mengkonversi minyak biji bintaro menjadi biodiesel. Khususnya, penelitian ini ditujukan untuk mengkonversi minyak biji bintaro menjadi biodiesel dengan katalis ZnO, Menentukan hubungan kondisi reaksi pada rentang waktu 4-6

jam dan temperatur 100-200 °C terhadap yield biodiesel dan mengetahui karakteristik sifat fisika dari biodiesel dengan cara penentuan densitas, viskositas dan titik nyala dari biodiesel.

#### 4. LUARAN

Hasil yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah didapatkannya data-data proses yang berkaitan dengan konversi minyak biji bintaro menjadi biodiesel dengan katalis ZnO yaitu dengan melakukan penelitian berskala laboratorium. Hasil penelitian ini juga diharapkan menjadi artikel tentang pembuatan biodiesel dengan katalis ZnO yang dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang mengkaji pembahasan yang sama.

#### 5. METODE

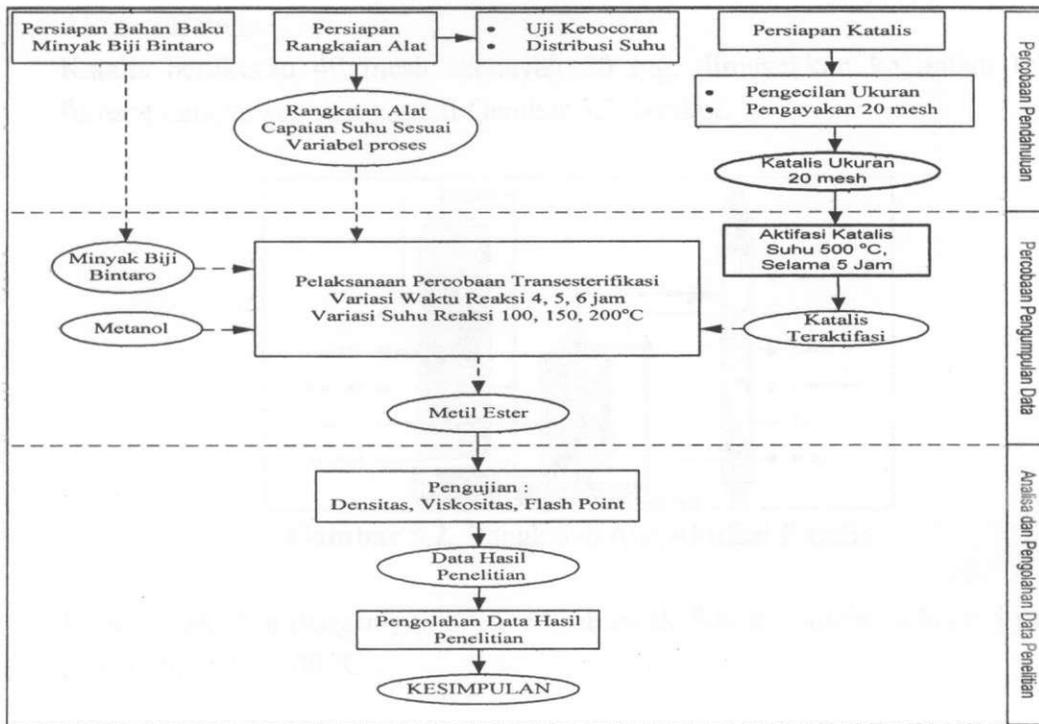
##### 5.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah bahan baku minyak biji bintaro yang diperoleh dengan cara ekstraksi biji bintaro, heksan sebagai pelarut organik, asam posfat ( $H_3PO_4$ ) 20 % untuk proses *deguming*, metanol ( $CH_3OH$ ), katalis zink oksida (ZnO) untuk proses transesterifikasi, etanol ( $C_2H_5OH$ ) 96 %, indikator pp, indikator pH universal produksi merk, kalium hidroksida (KOH) 0,1 N, asam oksalat ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) 0,1 N, dan aquades ( $H_2O$ ) 1 kali pemurnian.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari *soxlet extractor* bervolume 250 ml, *water bath*, reaktor stainless steel 1 L, mantel pemanas, *Magnetic Stirrer*, pemisah vakum, corong pemisah, statip, klem, buret, piknometer, viskosimeter otswald dan alat- alat gelas lainnya.

##### 5.2. Prosedur Penelitian

Pelaksanaan dilangsungkan dengan mengerjakan percobaan pendahuluan, percobaan pengumpulan data, serta tahap analisis dan pengolahan data penelitian, seperti terlihat dalam Gambar 5.1



**Gambar 5.1.** Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 5.1 tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Percobaan Pendahuluan

a. Persiapan Bahan Baku Minyak Biji Bintaro [Putro, 2010]

- ✓ Biji bintaro dipisahkan dari kulitnya kemudian dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu 105°C hingga kadar airnya kecil
- ✓ Biji bintaro yang telah dikeringkan dicacah kemudian dilumat untuk kemudian diekstrak
- ✓ Proses degumming dilakukan dengan penambahan asam fosfat 20% sebesar 0,5% (b/b) terhadap minyak pada suhu 80°C selama 15 menit sampai terjadi endapan
- ✓ Minyak biji bintaro dicuci dengan menambahkan air hangat 30% (b/b) minyak, dengan suhu 60°C. Proses pencucian dilakukan berulang kali hingga air pencucian jernih
- ✓ Minyak biji bintaro dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 105°C
- ✓ Minyak biji bintaro disimpan dalam wadah yang kedap udara untuk mencegah oksidasi untuk menghindari terjadinya peningkatan kadar FFA
- ✓ Analisis minyak biji bintaro: Kadar air, FFA (titrasi)

b. Persiapan Rangkaian Alat

Pada tahap ini dirangkai alat penelitian transesterifikasi. Setelah dirangkai, dilakukan pengujian kebocoran dan distribusi suhu.

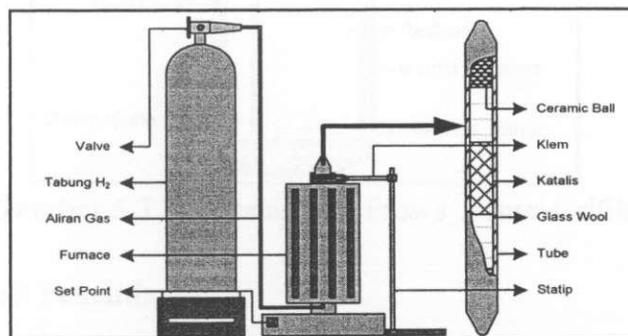
2. Percobaan Pengumpulan Data

a. Persiapan Katalis

Katalis digerus, lalu diayak untuk mendapatkan partikel berukuran 20 mesh.

b. Aktifasi Katalis

Katalis berukuran 40 mesh sebanyak 30 mg, dimasukkan ke dalam tube furnace dengan susunan seperti Gambar 5.2 berikut.

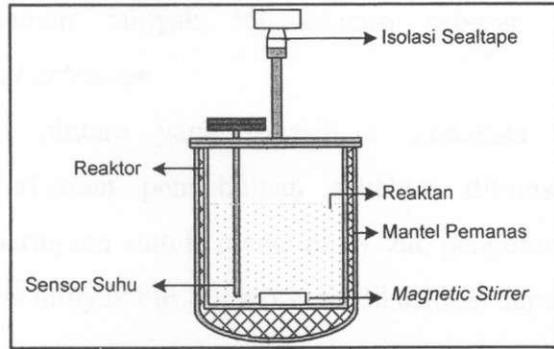


Gambar 5.2. Rangkaian Alat Aktifasi Katalis

Katalis diaktifasi dengan gas nitrogen sebanyak 500 ml/ menit, selama 5 jam, pada temperatur 500 °C.

c. Transesterifikasi

- ✓ Minyak biji bintaro sebanyak 30 gram dimasukkan ke dalam reaktor batch *stainless steel* 1 L
  - ✓ Metanol dan zink oksida ditambahkan ke dalam minyak biji bintaro, direaksikan selama 4 jam pada 100°C.
  - ✓ Rasio metanol/lemak = 1/12 (mol/mol)
  - ✓ Rasio zink oksida/minyak biji bintaro = 0,05 (w/w) (0,05x 30 gr = 1,5 gr)
  - ✓ Setelah reaksi selesai, campuran reaksi disaring dengan menggunakan pemisah vakum untuk memisahkan katalis
  - ✓ Filtrat ditampung di dalam corong pemisah dan didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan *crude* biodiesel dari air
  - ✓ Lapisan atas dicuci hingga pH netral. Setelah pencucian dan netralisasi, lapisan atas dikeringkan
  - ✓ Analisis: densitas, viskositas, dan *flash point*.
  - ✓ Diulangi langkah 1-8 dengan variasi waktu 5, dan 6 jam. Suhu 150 dan 200°C
- Rangkaian alat proses transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 5.3



**Gambar 5.3** Rangkaian Alat Proses Transesterifikasi

### 5.3. Analisa Hasil Penelitian

Analisa yang akan dilakukan terhadap metil ester yang diperoleh adalah analisa yield, densitas [Apriyantono *et al*, 1989], Viskositas [Bourne, 2002], Titik Nyala (*Flash Point*) dan analisa kandungan biodiesel dengan *GC-MS*.

## 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 6.1. Ekstraksi Minyak Biji Bintaro

Karakteristik buah dan biji bintaro pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.1.

**Tabel 6.1** Karakteristik buah dan biji bintaro

Pengamatan	Buah Bintaro	Biji Bintaro
Bentuk	Bulat	Oval
Warna	Merah	Putih
Diameter Rata- rata	5- 6 cm	2-3 cm
Berat Rata- rata	100 gram	10-15 gram

Minyak biji bintaro diekstraksi dengan *soxhlet extractor*. Mula-mula kulit biji bintaro dilepaskan dari kulitnya lalu daging buah tersebut dioven selama 3 jam pada suhu 105 °C untuk mengurangi kadar air sampai -99,82% dan melunakkan daging buah biji bintaro. Terakhir, daging biji bintaro yang telah dioven dilumatkan sampai halus.

Selanjutnya, daging biji bintaro yang telah dilumat dengan menggunakan *soxhlet extractor*. Perolehan minyak biji bintaro hasil ekstraksi ini adalah sebesar 52,05 % yang berimbang dengan hasil penelitian terdahulu. Mulyani [2007]

mendapatkan rendemen minyak biji bintaro sebesar 54,33 % dengan menggunakan *soxhlet extractor*.

Minyak biji bintaro yang dihasilkan dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya. Perlakuan pendahuluan sebelum ditransesterifikasi adalah *degumming* yang bertujuan untuk mengurangi zat pengotor pada minyak biji bintaro. Hasil analisis minyak biji bintaro yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 6.2.

**Tabel 6.2** Karakteristik Minyak Biji Bintaro sebagai Bahan Baku dalam Pembuatan Biodiesel

No.	Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Kadar asam lemak bebas (ALB)	%	0,026
2	Kadar air	%	0,18

Berdasarkan hasil penentuan karakteristik yang tercantum pada Tabel 6.2, minyak biji bintaro hasil ekstraksi merupakan bahan baku biodiesel karena memiliki kadar ALB yang rendah. Kadar air yang terdapat pada minyak biji bintaro yang diperoleh sebesar 0,18 % berada dibawah kadar maksimum yang dianjurkan (0,5%). Dengan demikian, perlakuan pendahuluan pengurangan kadar air tidak dilakukan sehingga minyak biji bintaro dapat langsung dipakai sebagai bahan baku transesterifikasi.

Transesterifikasi minyak biji bintaro diselenggarakan dengan kondisi operasi yang bervariasi. Kondisi operasi yang divariasikan adalah waktu operasi yaitu 4 jam, 5 jam, 6 jam dan temperatur operasi yaitu 100 °C dan 150 °C.

## 6.2. Transesterifikasi Minyak Biji Bintaro

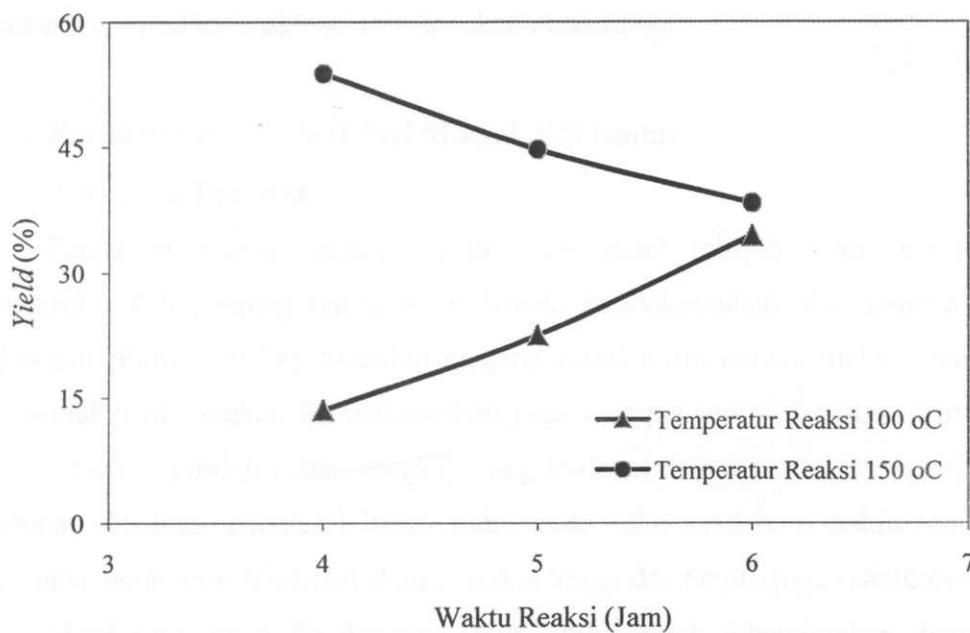
### A. Pengaruh Waktu terhadap *Yield* Transesterifikasi Minyak Biji Bintaro

Pengaruh waktu yaitu 4, 5, dan 6 jam pada *yield* transesterifikasi dipelajari dengan menyelenggarakan percobaan pada 2 temperatur, yaitu 100 dan 150 °C. Hasil percobaan yang diperoleh ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 6.3 Produk yang dihasilkan

Waktu (Jam)	Minyak Biji Bintaro (g)	Yield (%)	
		T <sub>Reaksi</sub> = 100 °C	T <sub>Reaksi</sub> = 150 °C
4	30	13,57	53,80
5		22,56	44,77
6		34,52	38,35

Jika data tersebut disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh grafik yang ditunjukkan seperti Gambar 6.1 dibawah ini.



Gambar 6.1. Grafik Hubungan Yield Biodiesel terhadap Perlakuan Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai Densitas dari berbagai variasi yang telah dilakukan. Data-data densitas tersebut diukur dengan piknometer pada kondisi suhu 40 °C.

Berdasarkan kinetiknya, reaksi transesterifikasi ini berlangsung *reversibel* (bolak – balik) sehingga reaksi akan bergeser ke kiri dan akan memperkecil produk yang diperoleh. Penelitian ini telah menganalisa bahwa pada rentang temperatur 100-150 °C, minyak biji bintaro akan terkonversi menjadi biodiesel (metil ester) sampai tingkat konversi 53,8 %. Selama pembentukan biodiesel, juga terjadi reaksi bolak- balik (pembentukan kembali reaktan) akibatnya sampai

tingkat konversi tertentu reaksi akan bergeser ke arah pembentukan kembali reaktan.

Pada temperatur 100 °C, bertambahnya waktu reaksi dari 2 jam menjadi 4 jam menaikkan yield dari 13,57 % menjadi 22,56 %. Kenaikan sebesar 8,99 % menunjukkan laju reaksi ke arah pembentukan biodiesel jauh lebih cepat dibandingkan pembentukan reaktan sehingga terjadi peningkatan yield. Sebaliknya, pada 150 °C, bertambahnya waktu reaksi mengakibatkan yield turun dari 53,8 % menjadi 44,77 % yang artinya temperatur 150 °C menyebabkan laju reaksi ke arah pembentukan reaktan berlangsung lebih cepat daripada ke arah pembentukan biodiesel, akibatnya *yield* akan berkurang.

### **6.3. Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Bintaro**

#### **A. Pengujian Densitas**

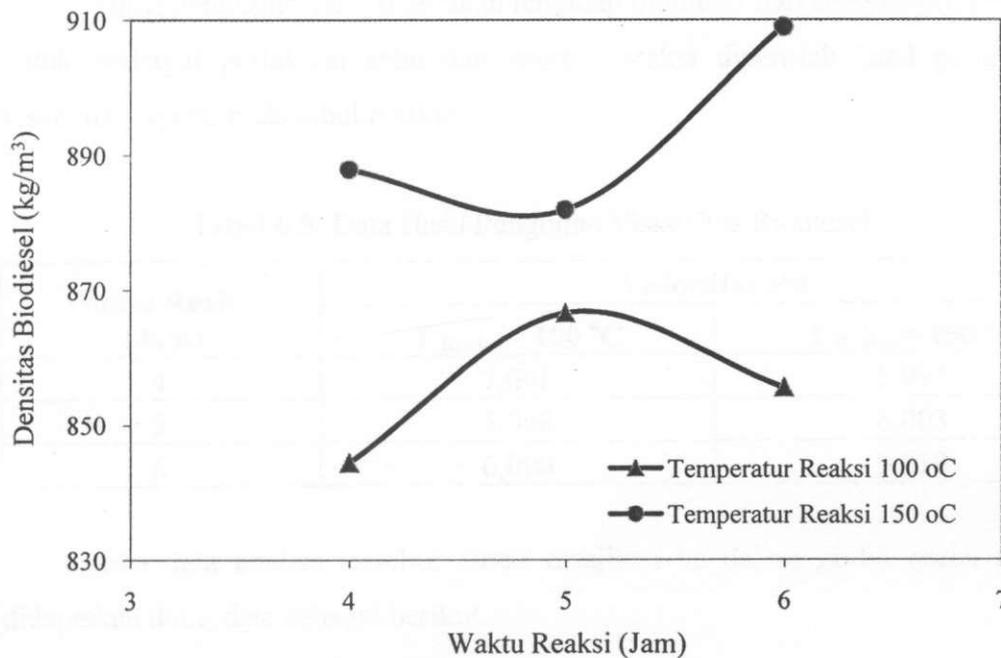
Parameter seperti densitas atau berat jenis minyak atau biodiesel dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak, ketidakjenuhan, dan temperatur lingkungan [Formo, 1979]. Semakin panjang rantai asam lemak, maka densitas akan semakin meningkat. Ketidakjenuhan juga mempengaruhi densitas, dimana semakin banyak jumlah ikatan rangkap yang terdapat dalam produk akan terjadi penurunan densitas. Biodiesel harus stabil pada suhu rendah, semakin rendah suhu, maka berat jenis biodiesel akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya.

Metil ester memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan dengan trigliserida (minyak nabati). Sehingga untuk melihat berapa banyak metil ester yang terbentuk densitas dapat dijadikan sebagai parameter. Namun parameter ini memiliki kelemahan dimana bila didalam produk yang terbentuk terdapat zat-zat pengotor seperti metanol yang tidak bereaksi, trigliserida, monogliserida dan zat lainnya yang memiliki densitas yang bervariasi dapat mempengaruhi densitas metil ester yang terbentuk. Sehingga tahap pemurnian menjadi hal yang penting. Tahap pemurnian yang benar akan menghasilkan biodiesel yang berkualitas. Hasil uji densitas biodiesel dari minyak biji bintaro untuk berbagai perlakuan suhu dan waktu reaksi dapat dilihat pada Tabel 6.4.

**Tabel 6.4** Data Hasil Pengujian Densitas Biodiesel

Waktu (Jam)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	
	T Reaksi = 100 °C	T Reaksi = 150 °C
4	844,44	888
5	866,67	882
6	855,56	909

Jika data tersebut disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh grafik yang ditunjukkan seperti Gambar 6.2.



**Gambar 6.2.** Grafik Hubungan Densitas Biodiesel terhadap Perlakuan Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai densitas dari berbagai variasi yang telah dilakukan. Data-data densitas tersebut diukur dengan piknometer pada kondisi suhu 40 °C.

Gambar 6.2 menunjukkan pengaruh waktu reaksi terhadap densitas biodiesel. Untuk temperatur reaksi yang tetap, waktu reaksi hanya sedikit mempengaruhi densitas biodiesel. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 04-

7182-2006), densitas biodiesel pada suhu 40°C adalah 850 – 890 kg/m<sup>3</sup>. Dari hasil penelitian untuk berbagai variasi yang dilakukan diperoleh densitas yang memenuhi standar biodiesel kecuali pada kondisi reaksi 100 °C (4 jam) dan 150 °C (6 jam). Pada temperatur reaksi 100 °C, densitas yang diperoleh adalah 844,44 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan karena waktu reaksi sangat singkat sehingga belum memenuhi kondisi terbentuknya metil ester . Sementara pada temperatur reaksi 150 °C, densitas yang diperoleh justru semakin besar yaitu 909 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini disebabkan karena pada temperatur reaksi yang tinggi dan waktu reaksi yang lama mengakibatkan reaksi bergeser ke arah pembentukan reaktan.

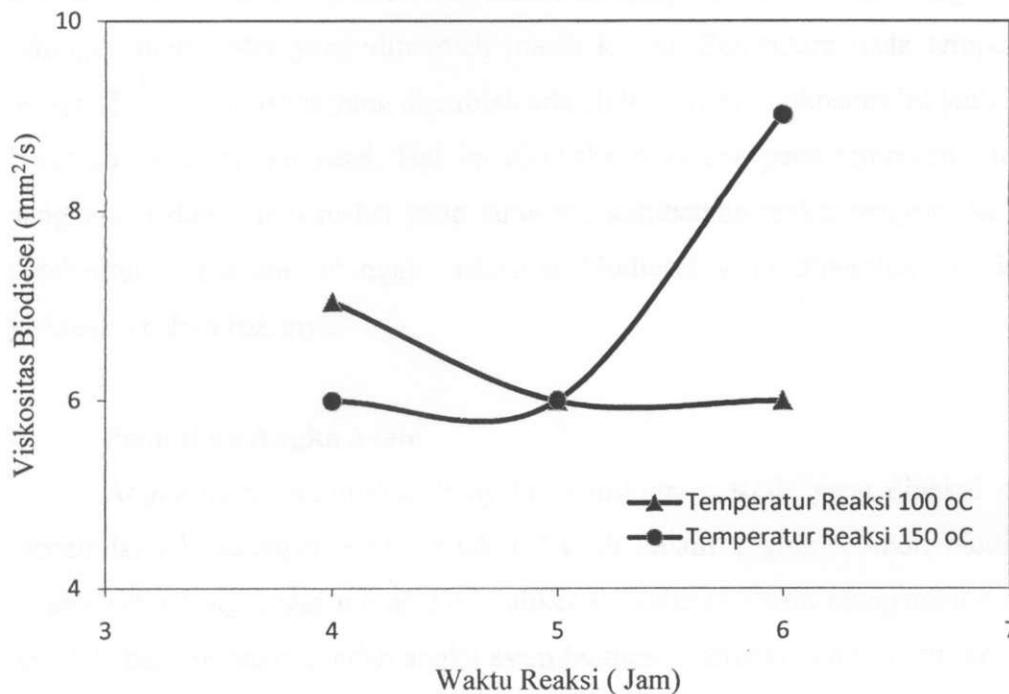
### B. Pengujian Viskositas

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap biodiesel dari minyak biji bintaro untuk berbagai perlakuan suhu dan waktu reaksi diperoleh hasil pengujian viskositas seperti pada tabel berikut.

**Tabel 6.5.** Data Hasil Pengujian Viskositas Biodiesel

Waktu Reaksi (Jam)	Viskositas cSt	
	T <sub>Reaksi</sub> = 100 °C	T <sub>Reaksi</sub> = 150 °C
4	7,041	5,993
5	5,998	6,003
6	6,000	9,010

Jika data analisa tersebut diatas disajikan ke dalam grafik garis, maka didapatkan data- data sebagai berikut.



**Gambar 6.3.** Grafik Viskositas Kinematik Biodiesel terhadap Perlakuan Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai viskositas kinematika dari berbagai variasi yang telah dilakukan. Data-data viskositas tersebut diukur dengan viskosimeter otswald pada suhu 40 °C.

Visikositasi yang tinggi cenderung menjadi masalah dari bahan bakar, dan ini menjadi salah satu faktor yang menentukan dalam produksi dan pemakaian biodiesel. Salah satu tujuan transesterifikasi trigliserida menjadi Metil ester adalah untuk menurunkan viskositas trigliserida. Sehingga dengan memenuhi persyaratan tertentu, Metil ester dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin diesel. Oleh karena itu viskositas dapat dijadikan salah satu parameter yang digunakan untuk melihat keoptimalan penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar biodiesel.

Gambar 6.3 menunjukkan pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas dari biodiesel. Menurut standar biodiesel (SNI-04-7182-2006), viskositas kinematik biodiesel adalah 2,3 – 6,0 cSt. Dari hasil penelitian untuk berbagai variasi yang dilakukan diperoleh viskositas yang memenuhi standar biodiesel kecuali pada kondisi reaksi 100 °C (4 jam) dan 150 °C (6 jam). Pada temperatur reaksi 100 °C, viskositas yang diperoleh adalah 7,041 cSt. Hal ini disebabkan karena pada

kondisi reaksi tersebut pemutusan ikatan rangkap karbon berlangsung lambat sehingga metil ester yang diperoleh masih kental. Sementara pada temperatur reaksi 150 °C, viskositas yang diperoleh adalah 9,010 cSt. Viskositas ini jauh lebih besar dari standar biodiesel. Hal ini disebabkan karena pada temperatur reaksi yang tinggi dan waktu reaksi yang lama mengakibatkan reaksi bergeser ke arah pembentukan reaktan sehingga viskositas biodiesel yang diperoleh mendekati viskositas bahan bakunya.

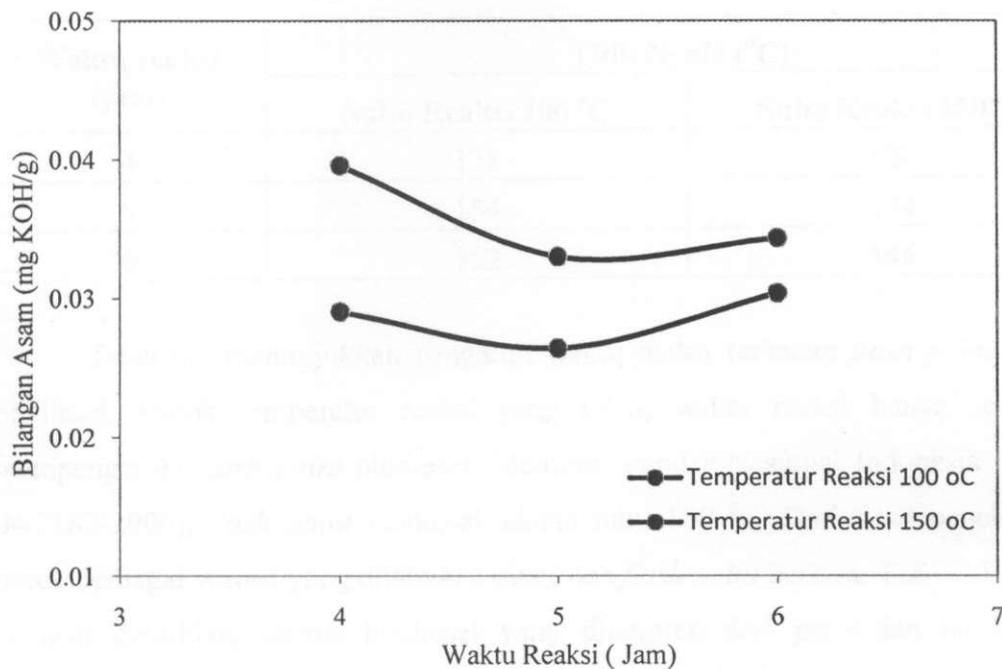
### C. Pengujian Angka Asam

Angka asam merupakan banyaknya milligram KOH yang dipakai untuk menetralkan kandungan asam lemak bebas di dalam 1 gram contoh biodiesel. Angka asam yang tinggi merupakan indikator biodiesel masih mengandung asam lemak bebas. Semakin rendah angka asam biodiesel, semakin baik mutu biodiesel karena keasaman biodiesel dapat menyebabkan korosi dan kerusakan pada mesin diesel. Hasil uji angka asam biodiesel dari minyak biji bintaro untuk berbagai perlakuan suhu dan waktu reaksi dapat dilihat pada Tabel 6.6.

**Tabel 6.6** Data Hasil Pengujian Angka Asam dalam Biodiesel

(Jam)	Angka Asam (mg KOH/g)	
	T Reaksi = 100 °C	T Reaksi = 150 °C
4	0,039	0,029
5	0,033	0,026
6	0,034	0,030

Jika data tersebut disajikan dalam bentuk grafik, diperoleh grafik yang ditunjukkan seperti Gambar 6.4.



**Gambar 6.4.** Grafik Angka Asam Biodiesel terhadap Perlakuan Waktu Reaksi Pembuatan Biodiesel

Gambar 6.4 menunjukkan pengaruh waktu reaksi terhadap angka asam dari biodiesel. Untuk konsentrasi temperatur reaksi yang tetap, waktu reaksi hanya sedikit mempengaruhi angka asam dari biodiesel. Menurut SNI-04-7182-2006 bahan bakar biodiesel, bilangan asam yang diperkenankan adalah kurang dari 0,8 mg KOH/g biodiesel. Berdasarkan percobaan, semua sampel memiliki nilai bilangan asam kurang dari 0,8 mg KOH/ g (0,029-0,039 mg KOH/ g). Dengan demikian, semua biodiesel yang diperoleh dari penelitian ini telah memenuhi standar angka asam biodiesel.

#### **D. Pengujian *Flash Point***

Hasil pengujian *flash point* biodiesel dari minyak biji bintaro untuk berbagai perlakuan suhu dan waktu reaksi pada proses pembuatan biodiesel dari minyak biji bintaro dapat diperlihatkan pada tabel berikut.

**Tabel 6.7** Hasil Pengujian Titik Nyala Biodiesel dari Minyak Biji Bintaro

Waktu reaksi (jam)	Titik Nyala (°C)	
	Suhu Reaksi 100 °C	Suhu Reaksi 150 °C
4	138	128
5	154	134
6	152	146

Tabel 6.7 menunjukkan pengaruh waktu reaksi terhadap *flash point* dari biodiesel. Untuk temperatur reaksi yang tetap, waktu reaksi hanya sedikit mempengaruhi *flash point* biodiesel. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 04-7182-2006), *flash point* biodiesel adalah min. 100 °C. Dari hasil penelitian untuk berbagai variasi yang dilakukan diperoleh *flash point* berkisar 128 – 154 °C. Dengan demikian, semua biodiesel yang diperoleh dari penelitian ini telah memenuhi standar *flash point* biodiesel.

*Flash point* tidak memiliki efek pada unjuk kerja motor diesel. Titik nyala (*flash point*) lebih diperlukan untuk pertimbangan keamanan dalam penyimpanan dari bahan bakar tersebut

Tabel berikut merupakan perbandingan karakteristik biodiesel hasil penelitian dengan biodiesel standar dalam SNI.

**Tabel 6.8** Perbandingan Karakteristik Biodiesel Hasil Penelitian dengan Standar dalam SNI- 04- 7182- 2006

Sifat pengujian	Hasil Laboratorium		SNI-04-7182-2006
	T Reaksi = 100 °C	T Reaksi = 150 °C	
Densitas pada 40 °C (kg/m <sup>3</sup> )	844,44 – 866,67	882 - 909	850 - 890
Viskositas pada 40 °C (cSt)	5,998 - 7,041	5,993 - 9,010	2,3 – 6,0
Angka Asam (mg KOH/g)	0,033 – 0,039	0,026 – 0,030	Maks. 0.8
<i>Flash Point</i> (°C)	138 - 154	128 - 146	Min. 100

## DAFTAR PUSTAKA

- Bockisch, M., 1998, *Fats and Oils Handbook*. AOCS Press. ISBN 0-935315-82-9. Champaign Illinois. U.S.A.
- Cao F., Chen Y., Zhai F., Li J., Wang J., Wang X., Wang S., Zhu W, 2008, Biodiesel Production from High Acid Value Waste Frying Oil Catalyzed by Superacid Heteropolyacid, *Biotechnol Bioeng*, 101:93-100. PMID: 18646228.
- Cox, H.E., Pearson, D., 1962, *The Chemical Analysis of Foods*, Chemical Publishing Co Inc, New York, p 420
- Demirbas, A., 2005, Biodiesel Production from Vegetable Oils via Catalytic and Non-Catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods, *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 31, No. 5-6, p.p. 466-487, ISSN 0360-1285.
- Demirbas, A., 2007, Biodiesel from Sunflower Oil in Supercritical Methanol with Calcium Oxide, *Energy Conversion and Management*, Vol. 48, No. 3, pp. 937-41, ISSN 0196-8904.
- Di Serio, M., Tesser, R., Lu P., and Santacesaria E., 2007, Heterogeneous Catalysts for Biodiesel Production. Dipartimento di Chimica, Università di Napoli "Federico II", Via Cintia 80126 Napoli, Italy, and Guangzhou Institute of Energy Conversion, Academy of Science, China.
- Encinar, J. M., González, J. F. & Rodríguez-Reinares, A, 2005, Biodiesel from Used Frying Oil: Variables Affecting the Yields and Characteristics of the Biodiesel, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 44, No. 15, p.p. 5491- 5499, ISSN 0888-5885.
- Feofilova, E. P., Sergeeva, Y. E., Ivashechkin, A. A., 2010, Biodiesel-Fuel: Content, Production, Producers, Contemporary Biotechnology (Review), *Applied Biochemistry and Microbiology*, Vol. 46, No. 4, pp. 369-78, ISSN 0003-6838.
- Fukuda, H., Kondo, A., Noda, H., 2001, Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Vol. 92 No. 5, p.p. 405-416, ISSN 1389-1723.
- Gryglewicz, S., 1999, Rapeseed Oil Methyl Esters Preparation Using Heterogeneous Catalysts, *Bioresource Technology*, VOL. 70, NO. 3, p.p. 249-253, ISSN 0960- 8524.
- Jitputti J., Kitiyanan B., Bunyakiat K., Rangsunvigit P., Jenvanitpanjakul P., 2004, Transesterification of Palm Kernel Oil and Coconut Oil by Difference Solid Catalysts, The joint international conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE)".
- Knothe, G., 2005, Dependence of Biodiesel Fuel Properties on The Structure of Fatty Acid Alkyl Esters, *Fuel Processing Technology*, Vol. 86, No. 10, pp. 1059-70, ISSN 0378- 3820.

- Knothe, G., dan Steidley, K. R., 2005, Lubricity of Components of Biodiesel and Petrodiesel, The origin of biodiesel lubricity, *Energy & Fuels*, Vol. 19, No. 3, pp. 1192-200, ISSN 0887-0624.
- Li, B., Zongba, Z., 2007, Biodiesel Production by Direct Methanolysis of Oleaginous Microbial Biomass, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 82:775-780.
- Lotero, E., Goodwin, J. G., Bruce, D. A., Suwannakarn, K., Liu, Y., Lopez, D. E., 2006, *Catalysis*, 19, 41-84.
- MacLeod, C. S., Harvey, A. P., Lee, A. F., Wilson, K., 2008, Evaluation of The Activity and Stability of Alkali-Doped Metal Oxide Catalysts for Application to an Intensified Method of Biodiesel Production, *Chemical Engineering Journal*, Vol. 135, No. 1-2, p.p. 63-70, ISSN 1385-8947.
- Marchetti, J.M., Miguel, V.U., Errazu, A.F., 2007, Possible Methods for Biodiesel Production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, No. 6, p.p. 300-1311, ISSN: 1364-0321.
- Meher, L. C., Sagar, D. V., Naik, S. N., 2006, Technical Aspects of Biodiesel Production by Transesterification - a Review, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10, No. 3, pp. 248-68, ISSN 1364-0321
- Meneghetti, S.M.P., Meneghetti, M.R, Wolf, C.R, Silva, E.C, Lima, G.E.S, De Lira Silva, L., Serra, T.M., Cauduro, F., & De Oliveira, L.G., 2006, Biodiesel from Castor Oil: A Comparison of Ethanolysis versus Methanolysis, *Energy and Fuels*, Vol. 20, No. 5, p.p. 2262-2265, ISSN 08870624.
- Mittelbach, M. dan Remschmidt, C., 2004, *Biodiesel: The Comprehensive Handbook*, Boersedruck Ges.m.b.H, ISBN 3-200-00249-2, Vienna, Austria.
- Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R. & Nedunchezian, N., 2009, Bio-Diesel as an Alternative Fuel for Diesel Engines-A Review, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, No. 3, pp. 653-62, ISSN 1364-0321.
- Panwar, R., 2009, Preparation Of Modified ZnO Nanoparticles by Sol-Gel Process and Their Characterization, *Thesis*, Thapar university.
- Reddy, Ch., Reddy, V., Oshel, Reed., Verkade, J.G., 2006, Room-Temperature of Soybean Oil and Poultry Fat to Biodiesel Catalyzed by Nanocrystalline Calcium Oxides, *Energy and Fuels*, Vol. 20, No.3, p.p. 1310-1314, ISSN 08870624.
- Ryan, T.W., Dogne, L.G. & Callahan, T.J, 1984, The Effects of Vetable Oil Properties on Injection and Combustion in Two Different Diesel Engines, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 61, No. 10, p.p. 1610-1619, ISSN 0003-021X.
- Vicente, G., Martinez, M., Aracil, J, 2004, Integrated Biodiesel Production: a Comparison of Different Homogeneous Catalysts Systems, *Bioresource Technology*, Vol. 92, No. 3, p.p. 297-305, ISSN 0960-8524.

- Wang, L. Y., Yang, J. C., 2007, Transesterification of Soybean Oil with Nano-Mgo or Not in Supercritical and Subcritical Methanol, *Fuel*, Vol. 86, No. 3, pp. 328-33, ISSN 0016- 2361.
- Xie, W., dan Li, H., 2006, Alumni-Supported Potassium Iodide as a Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production from Soybean Oil, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, Vol. 255, No. 1-2, pp. 1-9, ISSN 1381-1169.
- Xue J., Grift T.E., Hansen A.C., 2011, Effect of Biodiesel on Engine Performances and Emissions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15 pp. 1098–1116
- Zabeti, M., Daud, W. M. A. W., Aroua, M. K., 2009, Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production: A review, *Fuel Processing Technology*, Vol. 90, No. 6, pp. 770-77, ISSN 0378-3820.