

PENGARUH TEMPERATUR REAKSI TERHADAP KUALITAS KARAKTERISTIK MINYAK BJI BINTARO METODE NON-KATALIS

Bagus Bayu Megantoro

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : bagusmegantoro16050754032@mhs.unesa.ac.id.

I Wayan Susila

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: wayansusila@unesa.ac.id

ABSTRAK

Indonesia menjadi salah satu diantara lima negara di dunia dengan jumlah penduduk terbesar di dunia yang akan berdampak kepada penggunaan kendaraan bermotor yang meningkat setiap tahunnya. Energi alternatif seakan menjadi jawaban atas konsumsi minyak bumi yang semakin merajalela yang akan habis karena termasuk energi tidak terbarukan atau *irrenewable*. Dengan pemanfaatan tanaman bintaro yang selama ini hanya dijadikan penghijauan kota, banyak buah yang ketika sudah jatuh malah mengganggu keadaan jalan karena terlambat dibersihkan. Maka peneliti tertarik memanfaatkan potensi biji bintaro yang ternyata dapat dijadikan produk baru bahan bakar alternatif. Metode non-katalis *superheated* metanol dipilih dengan harapan akan menjawab kelemahan proses produksi dengan metode katalis. Proses transesterifikasi berlangsung di dalam sebuah *Bubble Column Reactor* (BCR) pada temperatur reaksi 80°C, 90°C, dan 100°C serta pada tekanan atmosfer. Rasio molar antara metanol dan minyak biji bintaro adalah 160. Spesifikasi minyak biji bintaro adalah sebagai berikut: FFA 8,815% dan titik didih 110°C. Dalam pengembangannya menggunakan metode non-katalis ternyata bahwa minyak biji bintaro yang memiliki angka kadar FFA yang tinggi dapat langsung diproses ke dalam BCR tanpa harus melalui proses *degumming*, esterifikasi, maupun pencucian. Temperatur reaksi 100°C menjadi hasil yang terbaik karena pada parameter yang diujikan seperti viskositas, titik nyala, angka setana, dan kadar residu karbon memiliki hasil paling baik jika dibandingkan dengan temperatur reaksi 80°C dan 90°C. Parameter viskositas dan titik nyala sudah memenuhi standar menurut keputusan Dirjen EBTKE tahun 2019, sementara untuk parameter angka setana dan residu karbon masih di atas standar yang diijinkan. Kadar metil ester optimum yang diperoleh terjadi pada temperatur reaksi 90°C karena menghasilkan jumlah metil ester dan gliserol terbanyak.

Kata Kunci: biji bintaro, biodiesel, proses transesterifikasi non-katalis, *bubble column reactor*

ABSTRACT

Indonesia had become one of the five countries in the world with the largest population in the world which has an impact on the use of motorized vehicles which increases every year. Alternative energy seems to be the answer to rampant consumption of petroleum which will run out because it is irrenewable. The researcher's use of Bintaro plants which have only been used as urban greening, whose fruits and leaves fall and become such disturbance on the street conditions for they usually are getting cleaned unevenly, hopefully is discovering the potential of Bintaro seeds which is turning out to be a new alternative fuel product. The superheated metanol non-catalyst method was chosen with the hope that it would answer the weaknesses of the production process using the catalyst method. The transesterification process takes place in a Bubble Column Reactor (BCR) at reaction temperatures of 80°C, 90°C and 100°C and at atmospheric pressure. The molar ratio between metanol and Bintaro seed oil is 160. Bintaro seed oil specifications are as follows: FFA 8.815% and 110°C boiling point. In its development using a non-catalyst method it turns out that Bintaro seed oil which has a high FFA level can be directly processed into in BCR without having to go through the process of degumming, esterification, or washing. The reaction temperature of 100 °C is the best result because the parameters tested such as viscosity, flash point, cetane number, and carbon residue have the best results when compared to the reaction temperatures of 80 °C and 90 °C. The viscosity and flash point parameters have fulfill the standards according to the Decree of the Director General of EBTKE in 2019, while the parameters for cetane numbers and carbon residues are still above the permitted standards. The optimum methyl ester content obtained occurs at a reaction temperature of 90 °C because it produces the most amount of methyl ester and glycerol.

Keywords: *bintaro seed, biodiesel, non-catalyst transesterification process, bubble column reactor*

PENDAHULUAN

Indonesia menjadi salah satu diantara lima negara di dunia yang memiliki jumlah penduduk terbesar di dunia. Kebutuhan akan sandang, pangan, dan papan menjadi hal yang harus terpenuhi setiap manusia. Data badan pusat statistik pada tahun 2016, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai lebih dari 120 juta unit. Hal ini akan berpengaruh langsung terhadap konsumsi bahan bakar yang setiap tahunnya akan mengalami peningkatan sehingga jumlah cadangan minyak bumi yang tersedia lama-kelamaan akan mengalami penurunan.

Data pusat kesehatan dunia atau *World Health Organization* (WHO) menunjukkan kualitas udara di Kota Jakarta menempati lima besar kota di dunia yang memiliki kualitas udara terburuk dengan konsentrasi zat pencemaran udara mencapai $42,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nilai ini sangat jauh dari standar nasional yang ditetapkan oleh PP No. 41 tahun 1999 tentang pencemaran udara dimana nilai maksimal zat pencemaran udara adalah sebesar $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini membuat pemerintah Indonesia mengeluarkan Instruksi Presiden No. 6 tahun 2019 tentang penyempurnaan B20 menjadi B100 dengan harapan ketersediaan energi alternatif dapat menggantikan energi minyak bumi yang tidak bisa digunakan kembali atau *irrenewable*.

Biodiesel menjadi bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang sedang marak digunakan. Penggunaan biodiesel sudah banyak digunakan dan diteliti kandungannya, salah satunya dengan memanfaatkan potensi tanaman bintaro. Ratna Dian Armalita, Dkk (2015) memulai penelitian dengan memanfaatkan potensi tanaman bintaro berupa biji buahnya menggunakan metode katalis lempung. Dihasilkan kadar FFA biji bintaro senilai lebih dari 1%. Sementara itu, Djani Hendra, dkk (2015) melakukan penelitian biodiesel selanjutnya dengan pemanfaatan biji buah bintaro menggunakan proses modifikasi dimana diperoleh berat molekul biji bintaro sebesar 860,9 g/gmol. Dimana berat molekul ini yang nantinya akan dijadikan dasar perhitungan kebutuhan metanol.

Dari dua penelitian sebelumnya didapat informasi bahwa secara umum pembuatan biodiesel dilakukan dengan metode katalis. Penelitian biodiesel Susila, (2009) dengan memanfaatkan potensi biji karet menunjukkan bahwa metode non-katalis tidak kalah baik kualitasnya dengan metode katalis. Dengan kadar FFA di atas 2.5%, minyak biji karet yang didapat langsung dapat diproses dengan transesterifikasi tanpa melewati tahapan *degumming* dan esterifikasi. Terbukti dengan beberapa parameter yang memenuhi standar biodiesel menurut standar Forum Biodiesel Indonesia Tahun 2005.

Variasi temperatur juga berpengaruh terhadap hasil reaksi yang didapat. Titik didih menjadi dasar dari pengambilan variasi temperatur karena menjaga minyak tetap dalam keadaan fase cair. Indra Setiawan (2017) juga melakukan penelitian tentang biodiesel metode non-katalis dengan memanfaatkan potensi biji nyamplung dan didapat beberapa karakteristik dari biodiesel yang diperoleh hanya menggunakan reaksi Transesterifikasi di sebuah *bubble column reactor* dapat memenuhi standar kualitas sebagai sebuah bahan bakar.

Dengan pemanfaatan tanaman bintaro yang selama ini hanya dijadikan penghijauan kota, banyak buah yang ketika sudah jatuh malah mengganggu keadaan jalan karena terlambat dibersihkan. Maka peneliti tertarik memanfaatkan potensi biji bintaro yang ternyata dapat dijadikan produk baru bahan bakar alternatif dan dengan pemilihan metode non-katalis ini diharapkan terjadi perbandingan kualitas biodiesel yang dihasilkan dengan menggunakan metode katalis. Karena penggunaan katalis asam yang tinggi juga terdapat kekurangan seperti tidak ekonomis karena biayanya yang mahal dan perlu proses pencucian hasil minyak yang relatif mahal. Dan diharapkan pula mendapatkan sumber Energi Alternatif yang dapat diperbaharui dari Sumber Daya Alam (SDA) Indonesia yang belum banyak diketahui oleh masyarakat luas yaitu pemanfaatan minyak biji buah bintaro (*Cerbera manghas L.*).

Dengan harapan untuk memanfaatkan bahan yang terbuang dan berpotensi untuk dimanfaatkan potensinya, maka penulis tertarik melakukan penelitian pembuatan biodiesel dari bahan baku minyak biji bintaro dengan metode non katalis dengan judul “**Pengaruh Temperatur Reaksi Terhadap Kualitas Karakteristik Biodiesel Dari Bahan Baku Biji Buah Bintaro Metode Non-Katalis**”.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh variasi temperatur reaksi terhadap kualitas karakteristik produk biodiesel dari minyak biji bintaro yang dihasilkan?
- Bagaimana hasil karakteristik biodiesel dari minyak biji bintaro jika dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh Dirjen EBTKE No. 189K/10/DJE/2019?
- Berapa *yield* biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak biji bintaro metode non-katalis?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur reaksi terhadap kualitas karakteristik produk biodiesel dari minyak biji bintaro yang dihasilkan.
- Untuk mengetahui hasil karakteristik biodiesel dari minyak biji bintaro jika dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh Dirjen EBTKE No. 189K/10/DJE/2019.
- Untuk mengetahui *yield* biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak biji bintaro metode non-katalis.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen. Dimana penelitian ini dimaksudkan mencari pengaruh variable tertentu terhadap variable lain dengan kontrol yang ketat (Sedarmayanti dan Syarifudin, 2022:33).

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian
 - a. Pengambilan buah bintaro dilakukan di Surabaya Raya.
 - b. Pemecahan kulit/cangkang biji bintaro dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
 - c. Pengepresan dan penyimpanan biji bintaro dilakukan di Bengkel Bayu Teknik Surabaya.
 - d. Proses Transesterifikasi non-katalis di dalam reaktor BCR (*Bubble Column Reactor*) dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.
 - e. Pengujian titik didih minyak mentah dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Industri (BARISTAND) Surabaya.
 - f. Pengujian karakteristik minyak biji bintaro dilaksanakan Balai Penelitian Dan Konsultasi Industri Jawa Timur.
- Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai setelah peneliti melaksanakan seminar ujian proposal skripsi hingga proses pengambilan data dan analisa data selesai.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
 - a. Temperatur reaksi di dalam *bubble column reactor* (BCR) yang digunakan saat proses pembuatan biodiesel metode non-katalis adalah senilai 80°C, 90°C, dan 100°C. Penentuan variasi temperatur reaksi didasari oleh titik didih yang menjadi acuan untuk menjaga keadaan minyak dalam keadaan cair, maka penentuan variasi temperatur reaksi harus di bawah titik didih (Susila, 2009).
 - b. Rasio Molar yang digunakan adalah senilai 160
- Variabel Terikat

- a. Parameter yang akan diujikan karakteristiknya adalah Viskositas pada temperatur 40°C, Angka Setana, Titik Nyala, dan Residu Karbon.
 - b. Biodiesel yang dihasilkan dan telah diujikan akan dibandingkan dengan standar yang ditetapkan oleh Dirjen EBTKE No. 189K/10/DJE/2019.
- Variabel Kontrol
 - a. Penyaringan minyak mentah biji bintaro dilakukan dengan menggunakan kertas saring 400 mesh.
 - b. Volume minyak biji bintaro pada saat proses transesterifikasi di dalam BCR sejumlah 200 mL.
 - c. Aliran metanol pada saat pembuatan biodiesel adalah 3.6 mL / Menit atau setara dengan rasio molar 160.

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Tahapan pembuatan biodiesel metode non-katalis.

Prosedur Penelitian

- Tahap Menghasilkan Minyak Mentah
 - a. Pengumpulan buah bintaro dilakukan di Surabaya Raya meliputi Surabaya, Sidoarjo, dan Gresik.
 - b. Melakukan pemisahan atau pengupasan sehingga hanya didapat biji buah bintaro saja yang kemudian akan dilakukan penjemuran.

- c. Pengepresan biji yang sudah kering dilakukan dengan alat ragum hidrolik sehingga menghasilkan minyak mentah yang kemudian akan disaring terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian titik didih dan kadar FFA.
- Tahap proses transesterifikasi di dalam *Bubble Column Reactor* (BCR)
 - a. Memasukkan minyak mentah sebanyak 200 mL ke dalam tungku BCR
 - b. Selama proses memasukan minyak, gas nitrogen (N_2) dialirkan mengisi pipa minyak yang ditujukan untuk mencegah aliran balik ke area metanol
 - c. Minyak mentah CBSO yang ada di dalam BCR ditambahkan metanol cair yang dipompakan pada laju aliran volume tertentu menuju *vaporizer* dan *superheater* untuk penguapan (aliran gas N_2 dimatikan)
 - d. Setelah terjadi penguapan, pipa BCR yang berisi gas campuran biodiesel dan metanol dialiri dengan menghembuskan gelembung uap *superheated* metanol secara kontinu ke dalam reaktor. Karena sistem *semibatch*, reaksi terjadi hanya untuk menghabiskan minyak mula-mula sebesar 200 mL
 - e. Hasil yang didapat adalah campuran biodiesel dan metanol yang masih harus dilakukan pemurnian lagi dengan cara distilasi. Distilasi dilakukan dengan cara penguapan dengan $T =$ sedikit diatas titik didih metanol sehingga setelah proses penguapan metanol yang diuapkan habis dan hanya tersisa biodiesel murni
 - f. Hasil biodiesel murni tersebut akan dipisahkan antara kandungan *methyl ester* nya dan gliserol menggunakan buret pemisah. Produk dari *methyl ester* setelah pemisahan ini yang akan diuji karakteristiknya
 - g. Metanol *recovery*, *methyl ester*, dan gliserol akan diukur volumenya, dan massanya ditimbang untuk dianalisis
- Tahap Pengujian Karakteristik Biodiesel
 - a. Parameter yang akan diujikan karakteristiknya yakni diantaranya, Viskositas pada temperatur 40°C, Angka Setana, Titik Nyala, dan Residu Karbon.
 - b. Hasil biodiesel yang didapat dari variasi temperatur 80°C, 90°C, 100°C akan diujikan untuk mengetahui pengaruh antar temperatur reaksi tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

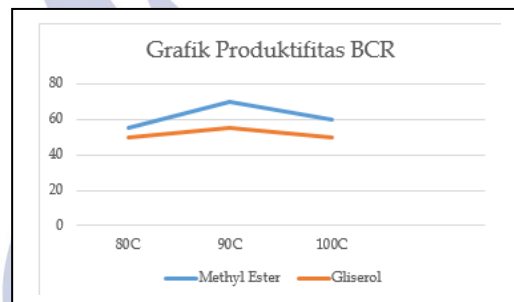
Dilakukan penelitian di dalam BCR dengan temperatur reaksi 80°C, 90°C, dan 100°C dan didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Produktifitas BCR

No.	Metanol			Minyak Biji Birtaro/CBSO	Temp. reaksi °C	Metanol +ME	Metanol recovery	ME	GL	Sisa dari BCR
	V	FM	Laju Aliran			+GL	MI	MI	MI	MI
1	1321 ml	160	3.6ml/menit	200 ml	80°C	900	795	55	50	290
					90°C	975	850	70	55	210
					100°C	915	805	60	50	275

Keterangan: Hasil yang diblok kuning adalah hasil optimum

Dari data produktifitas tersebut dapat dibuat secara grafik, menjadi sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Produktifitas BCR

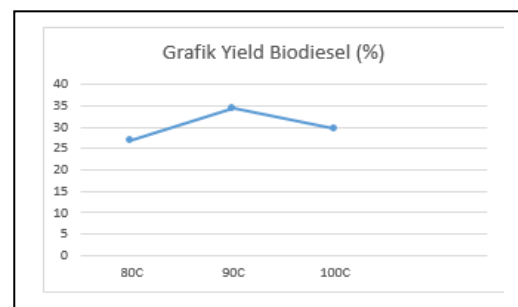
Dengan data produktifitas BCR di atas, dapat diketahui *yield* biodiesel pada setiap variasi temperatur reaksi yakni:

Tabel 2. Perhitungan *Yield* Biodiesel

No.	Variasi Temperatur	Hasil <i>Yield</i> Biodiesel
1.	80°C	26,96 %
2.	90°C	34,4 %
3.	100°C	29,55 %

Keterangan: Hasil yang diblok kuning adalah hasil optimum

Dengan tabel tersebut akan diubah menjadi grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik *Yield* Biodiesel

Methyl ester atau biodiesel yang sudah selesai diproduksi akan diujikan karakteristiknya, meliputi Viskositas, Angka Setana, Titik Nyala, dan Kadar Residu Karbon. Hasil pengujian karakteristik pada setiap temperatur reaksi dapat dilihat dari beberapa tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Pada Temperatur Reaksi 80°C.

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji SNI	Hasil uji biodiesel non-katalis
			Min.	Maks.		
1.	Viskositas Kinematik pada suhu 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3	6,0	7182:2015	3
2.	Angka Setana	-	51	-	7182:2015	43,9
3.	Titik Nyala	°C	130	-	7182:2015	158,60
4.	Residu Karbon dalam 10% ampas distilasi	%-massa	-	0,3	7182:2015	3,55

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Pada Temperatur Reaksi 90°C.

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji SNI	Hasil uji biodiesel non-katalis
			Min.	Maks.		
1.	Viskositas Kinematik pada suhu 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3	6,0	7182:2015	3,2
2.	Angka Setana	-	51	-	7182:2015	46,8
3.	Titik Nyala	°C	130	-	7182:2015	162,50
4.	Residu Karbon dalam 10% ampas distilasi	%-massa	-	0,3	7182:2015	2,68

Tabel 5. Hasil Pengujian Karakteristik Pada Temperatur 100°C.

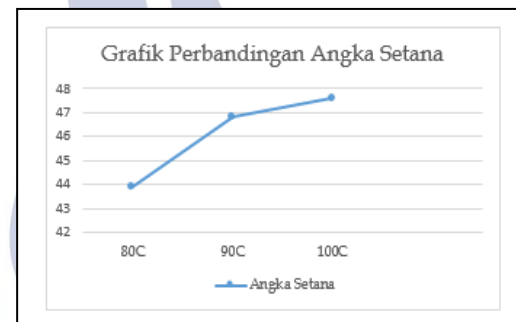
No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji SNI	Hasil uji biodiesel non-katalis
			Min.	Maks.		
1.	Viskositas Kinematik pada suhu 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3	6,0	7182:2015	3,65
2.	Angka Setana	-	51	-	7182:2015	47,60
3.	Titik Nyala	°C	130	-	7182:2015	163,50
4.	Residu Karbon dalam 10% ampas distilasi	%-massa	-	0,3	7182:2015	2,26

Keterangan: Hasil yang diblok kuning adalah hasil yang belum memenuhi standar EBTKE tahun 2019.

Dari beberapa parameter di atas, dapat dijadikan grafik dengan perbandingan pada setiap temperatur reaksi sebagai berikut:



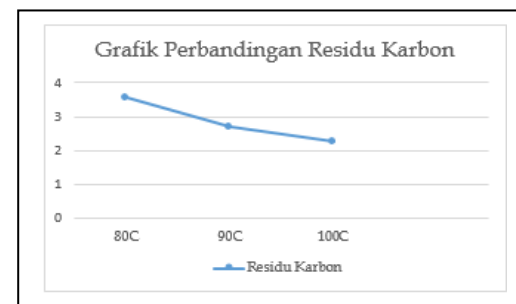
Gambar 4. Grafik Perbandingan Hasil Uji Viskositas



Gambar 5. Grafik Perbandingan Hasil Uji Angka Setana



Gambar 6. Grafik Perbandingan Hasil Uji Titik Nyala



Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Uji Residu Karbon

Pembahasan

- **Viskositas**
Pada parameter uji viskositas, terlihat pada grafik yang dibahas sebelumnya bahwa terjadi kenaikan pada setiap temperatur reaksi yang artinya semakin tinggi temperatur reaksi yang digunakan maka semakin bagus pula kualitas viskositas biodiesel dari minyak biji bintaro ini.
- **Angka Setana**
Pada parameter uji angka setana meski hasil dari semua temperatur reaksi belum memenuhi standar EBTKE 2019 namun terlihat bahwa semakin tinggi temperatur reaksi semakin mendekati pula angka hasilnya dengan angka standar ketetapan EBTKE 2019.
- **Titik Nyala**
Pada parameter uji titik nyala juga terlihat pada grafik yang telah dibahas sebelumnya jika ada kenaikan pada setiap temperatur reaksi yang membuktikan semakin tinggi temperatur reaksi yang digunakan maka semakin bagus pula kualitas penyalaan bahan bakar tersebut.
- **Kadar Residu Karbon**
Sama dengan parameter uji angka setana, parameter uji kadar residu karbon juga belum memenuhi standar EBTKE 2019. Namun terlihat jelas bahwa ada penurunan kadar residu karbon pada setiap temperatur reaksi yang memperlihatkan semakin tinggi temperatur reaksi yang digunakan semakin baik pula kualitas kadar residu karbonnya.

PENUTUP

Simpulan

- Pengaruh temperatur reaksi terlihat pada empat parameter yang diujikan dimana semakin tinggi temperatur reaksi maka semakin baik hasilnya. Pada parameter Viskositas, semakin tinggi temperatur reaksi maka semakin tinggi pula nilai viskositasnya. Sementara pada parameter Titik Nyala, terlihat pula semakin tinggi temperatur reaksinya maka semakin tinggi pula nilai titik nyala yang didapat. Pada parameter Angka Setana, semakin tinggi temperatur reaksi yang diujikan maka semakin tinggi pula angka setana tersebut. Sementara pada parameter Kadar Residu Karbon terlihat semakin tinggi temperatur reaksi semakin sedikit kadar reaksi karbon yang dihasilkan maka akan semakin baik kualitasnya.
- Parameter viskositas dan titik nyala memenuhi standar yang ditetapkan Dirjen EBTKE tahun 2019 pada semua temperatur reaksi, sementara parameter angka setana dan kadar residu karbon belum memenuhi standar EBTKE tahun 2019 pada semua temperatur reaksi.
- Pada temperatur reaksi 80°C menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 26,96%. Pada temperatur reaksi 90°C

menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 34,4%. Serta pada temperatur reaksi 100°C menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 29,55%. Hasil ini memperlihatkan bahwa pada temperatur reaksi 90°C menghasilkan *yield* biodiesel terbanyak.

Saran

- Proses pengeringan biji bintaro yang hanya sekitar 3-4 hari dirasa tidak optimal karena minyak yang dihasilkan dan kandungan air yang terdapat pada biji masih tinggi.
- Pengepresan sebaiknya dilakukan dengan mesin press otomatis sehingga minyak yang dihasilkan dapat optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Armalita, Ratna Dian. Dkk. 2015. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Bintaro Dengan Reaksi Transesterifikasi Dan Katalis Lempung. *JOM FTEKNIK*. 2(2): 1-6
- Choirunnisa, Nera Candra. 2008. *Rasio Mol Dan Rasio Energi Proses Produksi Biodiesel Minyak Jelantah Secara Non-Katalitik Dengan Reaktor Kolom Gelembung*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Joelianingsih, Armansyah H.Tambunan. Dkk. *Perkembangan Proses Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Nabati*. 2006.
- Setiawan, Indra. Dkk. 2017. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Dengan Proses Transesterifikasi Non-Katalis. *JTM*. 05(01):35-45.
- Soerawidjaja, Tatang, H, dkk. 2003. *Standar dan Metode Uji Biodiesel di Indonesia*. Bandung: Departemen Teknik Kimia, ITB.
- Susila, I Wayan. 2009. Pengembangan Proses Produksi Biodiesel Biji Karet Metode Non-Katalis "Superheated Metanol" pada Tekanan Atmosfer. *Jurnal Teknik Mesin*. 11(2): 115-124
- Hendra, Djani. Dkk. 2016. Karakteristik Biodiesel Biji Bintaro (*Cerbera manghas L.*) Dengan Proses Modifikasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 34(1): 11-21.
- Yusuf, M. Maulana. Dkk. 2016. *Transesterifikasi Minyak Biji Bintaro Dengan Katalis Kalsium Oksida Dari Cangkang Telur*. Jambi: Universitas Jambi