

## BIODIESEL DARI MINYAK JARAK PAGAR DENGAN TRANSESTERIFIKASI METANOL SUBKRITIS

Victor Purnomo\*), Ach Syarifudin Hidayatullah, Ah. Jazilul In'am,  
Okky Putri Prastuti, Eka Lutfi Septiani, Rifqi Putera Herwoto

Universitas Internasional Semen Indonesia  
Kompleks PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Jl. Veteran, Kb. Dalem, Sidomoro, Kebomas, Gresik Regency,  
East Java 61122

\* Penulis Korespondensi: E-mail: victor.purnomo@uisi.ac.id

### Abstrak

Percobaan bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur, dan waktu reaksi terhadap yield dan kandungan biodiesel yang diproduksi dari tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*). Percobaan dilakukan dalam sebuah reaktor batch dengan kondisi reaksi rasio mol minyak dan metanol adalah 1:30 dengan variabel temperatur reaksi 125°C, 175°C, dan 225°C dengan waktu reaksi 2jam, 4jam, dan 6jam. Kemudian sampel akan dianalisis dengan uji FFA (Free Fatty Acid) dan GC (Gas Chromatography). Hasil analisis dapat digunakan untuk menentukan yield biodiesel. Peningkatan temperatur, menunjukkan bahwa nilai FFA cenderung menurun sedangkan nilai yield meningkat. Semakin lama waktu reaksi maka nilai FFA cenderung menurun sedangkan nilai yield meningkat. Total jumlah % area Methyl ester pada metode metanol subkritis 68,19% dengan komponen terbesar adalah methyl oleat sebesar 38,108%. Nilai FFA terbaik pada rasio mol 1:30, temperatur 225 °C sebesar 2,12% sedangkan nilai yield terbaik pada rasio mol 1:30, temperatur 225 °C, waktu 6 jam sebesar 98,9%. Pada percobaan dapat diketahui nilai optimasi yang didapatkan pada variabel 1:30 dengan temperatur 225°C dan waktu 6jam pada pembuatan biodiesel dengan metode transesterifikasi minyak jarak (*Jatropha curcas L.*) dengan metanol pada kondisi subkritis.

**Kata kunci:** biodiesel; metanol subkritis; minyak jarak (*Jatropha curcas L.*); transesterifikasi

## BIODIESEL FROM JATROPHA OIL WITH SUBCRITICAL METHANOL TRANSESTERIFICATION

### Abstract

The experiment aims to know the impact of temperature, and time to reaction toward the yield and the content of biodiesel produced from *Jatropha curcas L.* The experiment was carried out in a batch reactor with the condition of reaction in the mole ratio of oil and methanol is 1:30, with the variable of reaction temperatures of 125°C, 175°C, and 225°C with the reaction time of 2hours, 4hours, and 6hours. Then, the samples were analyzed by FFA (Free Fatty Acid) and GC (Gas Chromatography) tests. The results of the analysis can be used to determine the yield of biodiesel. Increased temperature indicated that the FFA value tended to decrease while the yield value increases. The longer the reaction time of FFA value tended to decrease, the yield value increased. The total amount of % area of Methyl ester in the subcritical methanol method ranged from 68.19% with the largest component is methyl oleate at 38.108%. The best FFA value was at 1:30 mole ratio, the temperature was 225 °C at 2.12% while the best yield value was at 1:30 mole ratio, the temperature is 225 °C, for 6 hours is 98.9%. In the experiment it could be seen that the optimum value obtained in the variable is 1:30 with a temperature of 225°C and 6hours in the manufacture of biodiesel with the method of transesterification *Jatropha oil (Jatropha curcas L.)* with methanol under subcritical conditions.

**Key words:** biodiesel; jatropha oil (*Jatropha curcas L.*); subcritical methanol; transesterification

### PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan pengganti bahan bakar fosil sebagai sumber alternatif yang berasal dari minyak nabati, lemak hewan maupun minyak jelantah yang ramah lingkungan dengan memiliki

keunggulan tidak beracun. Secara kimia, biodiesel adalah mono alkil ester yang diproses dengan metode transesterifikasi antara trigliserida yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek terutama metanol (Krawczyk, 1996) atau kombinasi esterifikasi-

transesterifikasi (Geobitz dkk., 1999). Selama ini sintesis biodiesel menggunakan katalis homogen. Katalis ini memiliki beberapa kerugian dalam penggunaannya seperti sulitnya pemisahan produk dengan katalis yang dapat menimbulkan limbah berbahaya bagi lingkungan. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai material dalam pembuatan biodiesel adalah jarak pagar.

Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) merupakan tanaman yang tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Tanaman ini dapat bertahan di daerah kering dan memiliki kandungan minyak *non-edible* sekitar 35% (Geobitz dkk., 1999). Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) merupakan tanaman semak yang dapat tumbuh di berbagai macam daerah seperti daerah berbatu, berpasir, dan tanah yang beragam. Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) dapat tumbuh dengan cepat hingga mencapai ketinggian 3–5m. Tempat tumbuh jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) berkisar antara dataran rendah hingga dataran dengan ketinggian 300m di atas permukaan laut. Pada daerah dengan suhu terlalu tinggi (>30°C) atau terlalu rendah (<15°C) dapat menghambat pertumbuhan dan mengurangi kadar minyak dan mengubah komposisinya (Santoso, 2010).

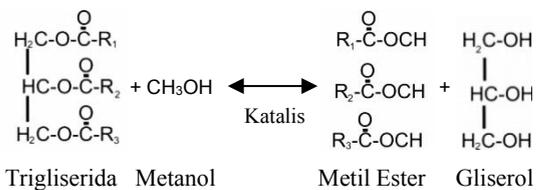
Tabel 1. Komposisi Bahan Kimia dari Biji, Kulit, dan Buah Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*)

	Biji	Kulit	Buah
Bahan kering (%)	94,2 – 96,9	89,8 – 90,4	56,4 – 63,8
Unsur (%bk)			
Protein kasar	22,2 – 27,2	4,3 – 4,5	56,4 – 63,8
Lemak	56,8 – 58,4	0,5 – 1,4	1,0 – 1,5
Abu	3,6 – 3,8	2,8 – 6,1	9,6 – 10,4
Serat deterjen netral	3,5 – 3,8	83,9 – 89,4	8,1 – 9,1
Serat deterjen asam	2,4 – 3,0	74,6 – 78,3	5,7 – 7,0
Lignin deterjen asam	0,0 – 0,2	45,1 – 47,5	0,1 – 0,4
Jumlah energi (MJ kg <sup>-1</sup> )	30,5 – 31,1	19,3 – 19,5	18,0 – 18,3

Sumber : Syah, 2006

Pada Tabel 1 menunjukkan komposisi bahan kimia yang terkandung di beberapa bagian tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*). Minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) dapat diperoleh dari biji dengan metode pengempaan panas atau dengan ekstraksi pelarut. Kandungan asam lemak esensial yang rendah sehingga tidak dapat digunakan sebagai minyak makan dan pangan. Selain itu minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) tidak dapat dikonsumsi oleh manusia karena mengandung racun yang disebabkan adanya senyawa ester forbol (Syah, 2006). Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam-asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkyl ester. Katalis yang bisa digunakan adalah katalis

asam seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan katalis basa seperti NaOH dan KOH (Said, 2010). Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal diantaranya adalah kandungan air, kandungan asam lemak bebas, dan kandungan zat terlarut maupun tidak terlarut yang mempengaruhi reaksi. Faktor eksternal diantaranya adalah suhu, waktu, kecepatan pengadukan, jenis dan konsentrasi katalis dan jumlah rasio molar methanol terhadap minyak (Sontag, 1982). Transesterifikasi metanol subkritis merupakan suatu untuk menghasilkan biodiesel tanpa menggunakan katalis dengan temperatur dan tekanan dibawah metode metanol superkritis.



Gambar 1. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi

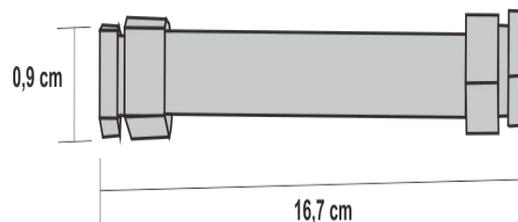
## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah metanol 99%, etanol 95%, n-heksana, aquades, biji jarak pagar, indikator PP, NaOH padatan, larutan NaOH, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Biji jarak pagar diambil dari Kampus C Universitas Internasional Semen Indonesia, Gresik, Jawa Timur, Indonesia.

### Alat

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah Furnace dan reaktor *stainless steel* 8.4 ml.



Gambar 2. Reaktor *Stainless Steel* 8,4 ml

### Prosedur

#### Tahap Ekstraksi Minyak dari Biji Jarak Pagar

Tahapan ini merupakan tahapan awal penelitian untuk mendapatkan minyak nabati dari biji jarak pagar. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan alat press secara mekanik. Minyak jarak pagar yang dihasilkan sebesar ±1200ml.

### Tahap *Degumming* Minyak Biji Jarak Pagar

Proses *degumming* menggunakan *degumming agent* yaitu  $H_3PO_4$ . Minyak jarak pagar ditimbang 250ml. Minyak dipanaskan hingga suhu  $50^\circ C$  dengan hot plate.  $H_3PO_4$  ditambahkan sebesar 0,5% dari berat minyak. Minyak kembali dipanaskan sambil diaduk selama 30menit untuk menghilangkan getah (gum) pada minyak. Kemudian minyak biji jarak pagar dimasukkan dan didinginkan pada corong pemisah selama 60menit.

### Tahap Analisa Kadar FFA (*Free Fatty Acid*)

Pada tahap ini, dilakukan pengujian awal kadar FFA (*Free Fatty Acid*) yang terkandung di dalam bahan baku minyak jarak pagar sesuai dengan SNI 01-3555-1998. Minyak jarak pagar ditimbang sebesar 2-5gr sampel ke dalam erlenmeyer 250ml. Etanol ditambahkan 50ml, kemudian ditambahkan indikator PP 3-5tetes. Sampel dilakukan titrasi dengan standar NaOH 0,1N hingga warna merah muda tetap (tidak berubah selama 15detik). Kadar FFA bahan baku minyak jarak pagar yang telah diuji sebesar 38,41%.

### Tahap Tahap Produksi Biodiesel

Pada tahapan ini, minyak jarak pagar dan metanol dimasukkan ke dalam reaktor sesuai rasio mol yaitu 1:30. Kemudian reaktor dipanaskan di dalam *furnace* pada suhu sesuai variabel yaitu  $125^\circ C$ ,  $175^\circ C$ , dan  $225^\circ C$ . Saat suhu di dalam reaktor sudah konstan perhitungan waktu reaksi dimulai hingga mencapai waktu akhir yang ditentukan yaitu 2jam, 4jam, dan 6jam, kemudian reaksi dihentikan dengan cara melakukan pendinginan pada reaktor di *waterbath* menggunakan air.

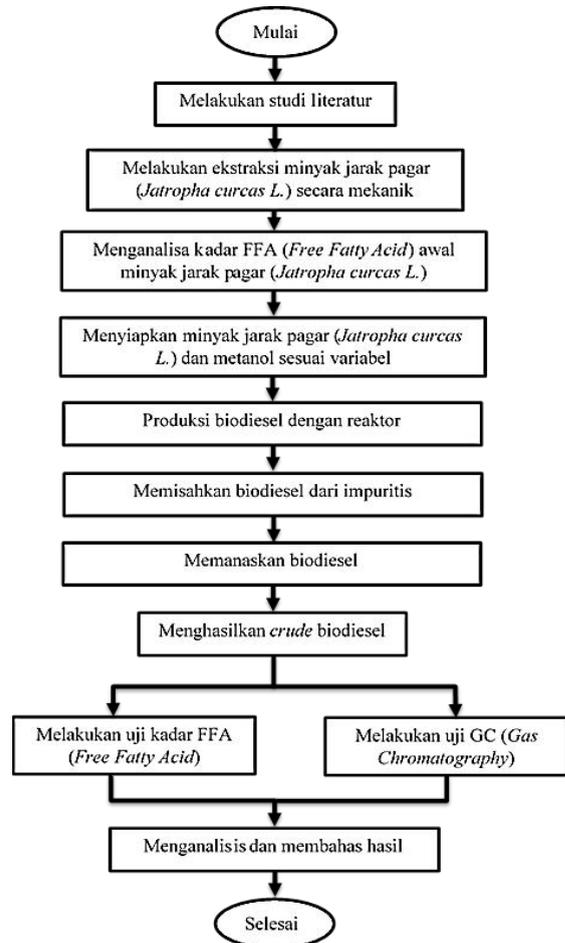
### Tahap Pemisahan

Pada tahapan ini, produk biodiesel didiamkan selama 1jam, kemudian dipisahkan dari impuritis yaitu gliserol di lapisan bawah. Produk biodiesel dipanaskan selama 1jam pada suhu  $70^\circ C$ - $100^\circ C$  untuk menguapkan metanol ataupun air yang tersisa.

### Tahap Pengujian

Pada tahap ini dilakukan uji FFA (*Free Fatty Acid*) yang terkandung di dalam produk akhir biodiesel sesuai dengan standart SNI 01-3555-1998. Biodiesel ditimbang sebesar 2-5 gr sampel ke dalam erlenmeyer 250ml. Etanol ditambahkan 50ml, kemudian ditambahkan indikator PP 3-5tetes. Sampel dilakukan titrasi dengan standar NaOH 0,1N hingga warna merah muda tetap (tidak berubah selama 15detik). Uji kedua yaitu GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) untuk

menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan untuk menganalisis struktur molekul senyawa.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar

## HASIL DAN PEMBAHASAN

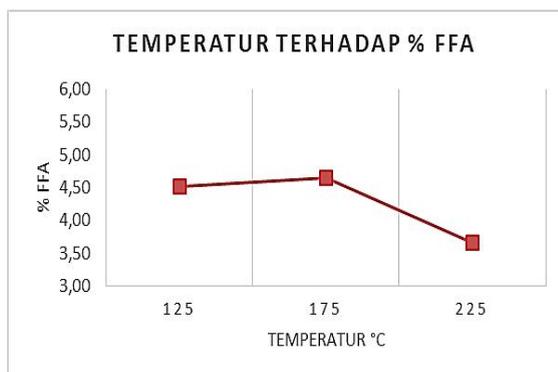
### 1. Kandungan Minyak Jarak Pagar

Minyak jarak pagar yang digunakan berasal dari kampus C Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI). Minyak jarak pagar dihasilkan dari proses ekstraksi biji jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) dengan bantuan alat press mekanik. Minyak jarak pagar dilakukan pengujian untuk mengetahui kandungan awal dari bahan. Pengujian yang dilakukan adalah uji FFA (*Free Fatty Acid*) sesuai dengan standart SNI 01-3555-1998. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kandungan asam lemak bebas. Hasil pengujian minyak jarak pagar bahwasanya nilai FFA (*Free Fatty Acid*) awal sebesar 38,41%. Nilai FFA tersebut menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas pada minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sangat tinggi. Pada metode metanol subkritis, reaksi dilakukan dengan waktu yang lama agar FFA yang tinggi dapat terkonversi menjadi metil

ester. metode subkritis dapat diterapkan pada minyak yang mengandung nilai FFA tinggi, karena metode subkritis tanpa katalis dapat menghindari terbentuknya sabun (Ju, T.H., 2013). Pada penelitian Hidayat (2011) minyak jarak pagar yang dihasilkan memiliki nilai persentase FFA dan bilangan asam yang tinggi, yakni berturut-turut sebesar 32,09% dan 63,85mg KOH/g lemak. Tingginya nilai FFA dan bilangan asam dikarenakan lamanya penyimpanan biji jarak pagar. Dalam proses penyimpanan biji jarak pagar mengalami proses hidrolisis karena adanya kandungan air dan enzim lipase sehingga dapat memecah trigliserida menjadi asam lemak bebas.

## 2. Pengaruh Temperatur Terhadap Kadungan dan Yield Biodiesel

Pengaruh temperatur terhadap produk biodiesel dapat diketahui dengan cara melakukan variasi temperatur pada kondisi subkritis yaitu 125°C, 175°C, dan 225°C. Waktu reaksi digunakan tetap yaitu selama 2 jam. Gambar 4. rasio 1:30 dari temperatur 125°C ke temperatur 175°C nilai FFA naik, kemudian pada temperatur 225 °C nilai FFA turun. Sehingga dari hasil penelitian ini bahwa meningkatnya temperatur reaksi dari 125°C, hingga ke 225°C menghasilkan nilai FFA (*Free Fatty Acid*) yang cenderung menurun. Hasil FFA optimal saat rasio mol 1:30 dan temperatur 225°C sebesar 3,67%. Peningkatan suhu reaksi akan meningkatkan energi kinetik dan reaktan sehingga akan meningkatkan jumlah minyak yang terkonversi menjadi biodiesel (Prihanto, 2017).

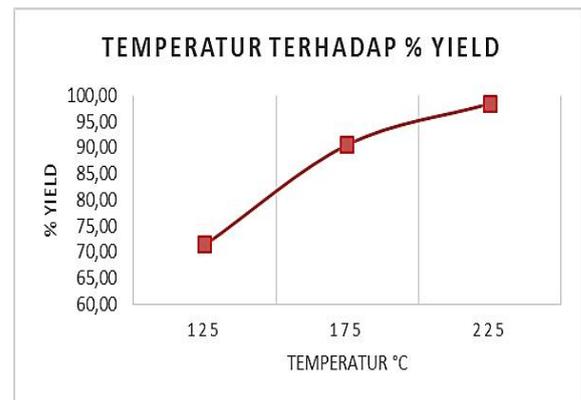


Gambar 4. Hubungan Temperatur Terhadap FFA

Pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar dengan metode dua tahap. Hasil penelitian pada rasio molar minyak-metanol 1:6, katalis 1%, dan waktu reaksi 1jam esterifikasi - 30menit transesterifikasi, membuktikan bahwa kandungan FFA akan menurun seiring bertambahnya temperatur, dimana pada penelitiannya

menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dari 30°C ke 70°C, nilai FFA turun dari 2,3% menjadi 1,55% (Ferdous dkk., 2012).

Dapat diketahui bahwa pada Gambar 5 rasio 1:30 dari temperatur 125°C hingga ke temperatur 225°C nilai *yield* naik. Pada temperatur 125°C dan 175 °C produk biodiesel menghasilkan gliserol, sedangkan pada temperatur 225°C produk menghasilkan sedikit gliserol. Sehingga dapat diketahui bahwa meningkatnya temperatur reaksi dari 125°C, hingga ke 225°C menghasilkan nilai *yield* meningkat.

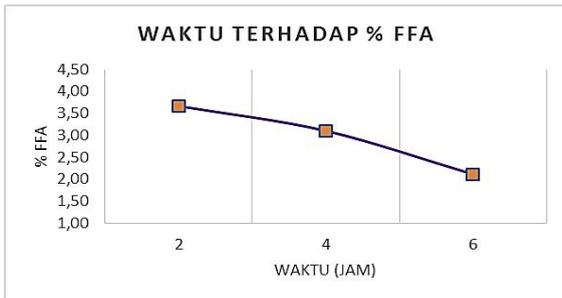


Gambar 5. Hubungan Temperatur Terhadap %Yield

Hal ini disebabkan apabila temperatur rendah, maka reaksi antara trigliserida dan metanol membentuk metil ester cenderung berkurang sehingga akan membentuk gliserol. Gliserol hasil reaksi dipisahkan dalam tahapan pemisahan sehingga *yield* biodiesel menurun. Meningkatnya suhu reaksi dapat meningkatkan jumlah tumbukan efektif untuk menghasilkan reaksi, sehingga hasil biodiesel semakin meningkat (Prihanto, 2013). Sesuai dengan penelitian Yin dkk. (2008) mengenai sintesis biodiesel dari minyak kedelai dengan gabungan katalis dan metanol subkritis. Sintesis dilakukan dengan variasi temperatur yaitu 120°C sampai 240°C, rasio mol 1:24, dan katalis KOH 0-0,25% massa. Dari hasil penelitian tersebut pada saat menggunakan katalis ataupun tanpa katalis, kandungan *yield* biodiesel meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur.

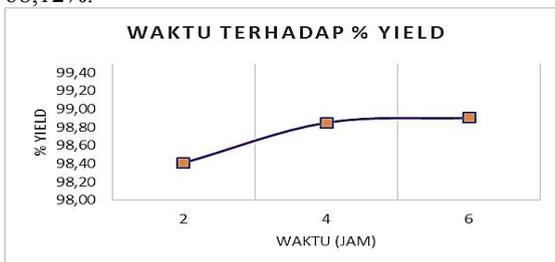
## 3. Pengaruh Waktu Terhadap Kadungan dan Yield Biodiesel

Pengaruh waktu terhadap produk biodiesel dapat diketahui dengan cara melakukan variasi waktu reaksi yaitu 2jam, 4jam, dan 6jam. Rasio mol yang digunakan berdasarkan hasil variabel sebelumnya yaitu FFA rendah yaitu 1:30 dengan temperatur 225°C.



**Gambar 6. Hubungan Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap % FFA**

Berdasarkan Gambar 6. dapat diketahui bahwa meningkatnya waktu reaksi dari 2jam hingga 6jam menghasilkan nilai FFA (*Free Fatty Acid*) yang semakin menurun. Hasil FFA terbaik saat waktu 6jam yaitu sebesar 2,12%. Menurut hasil penelitian Amalia dkk. (2013) yang mengguakan dedak padi tanpa katalis menjadi biodiesel dalam kondisi subkritis menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi maka FFA akan semakin menurun. walaupun dalam kondisi tanpa diaduk, hal ini dikarenakan gliserida akan terhidrolisa. Kandungan FFA turun seiring bertambahnya waktu reaksi. Hasil penelitian selama 10jam reaksi FFA menurun dari 37,645% menjadi sekitar 12% yang menunjukkan bahwa FFA terkonversi sebesar 68,12%.

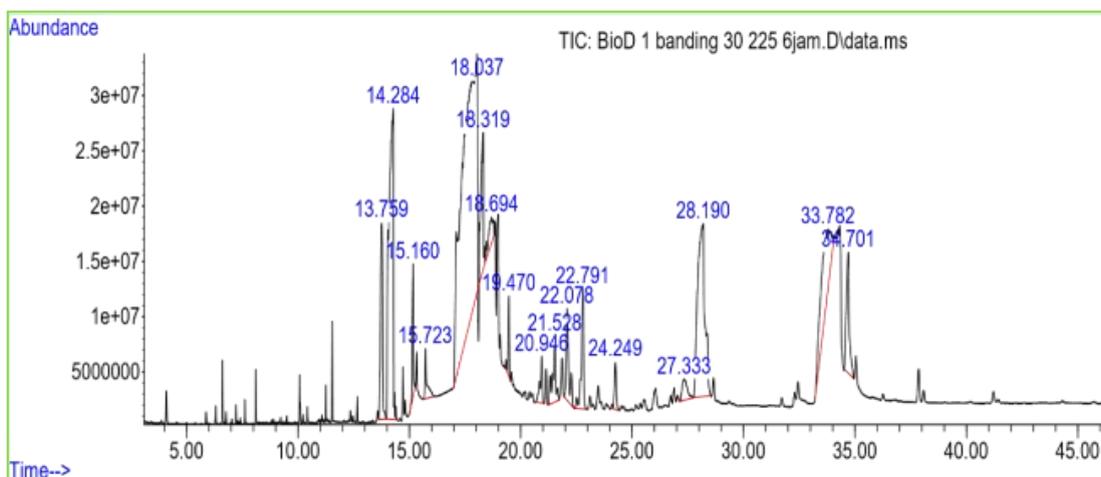


**Gambar 7. Hubungan Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap % Yield**

Berdasarkan Gambar 7. dapat diketahui bahwa semakin lama waktu reaksi menghasilkan nilai *yield* yang semakin meningkat. Semakin lama waktu reaksi, akan meningkatkan konversi menjadi biodiesel karena kesempatan bertumbukan antara molekul-molekul zat pereaksi semakin besar (Mulyana dkk., 2012). Selain itu dengan waktu reaksi yang lama dan temperatur tinggi maka reaksi terbentuk sedikit gliserol. Hasil reaksi dengan sedikit impuritis (gliserol) yang dipisahkan sehingga menghasilkan *yield* biodiesel yang tinggi. Hasil *yield* teringgi saat waktu reaksi 6 jam yaitu 98,9%. Sesuai dengan penelitian Asri dkk. (2012) mengenai transesterifikasi minyak sayur menggunakan metanol subkritis dan superkritis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *yield* biodiesel meningkat seiring dengan lamanya waktu reaksi, saat temperatur 270°C hasil *yield* meningkat dari 19% ke 73% ketika waktu reaksi ditingkatkan dari 30menit ke 60menit.

#### 4. Kandungan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) Metanol Subkritis

Kandungan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) metanol subkritis dapat diketahui dengan cara melakukan uji GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) pada hasil biodiesel. GC-MS merupakan suatu analisa senyawa organik menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu GC (*Gas Chromatography*) untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan MS (*Mass Spectrometry*) untuk menganalisis struktur molekul senyawa. Berikut hasil pengujian GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*).



**Gambar 8. Hasil Uji GC-MS Pada Rasio Mol 1:30, Temperatur 225 °C, Waktu Reaksi 6 jam**

Hasil uji GC-MS pada Gambar 8. dapat dilihat bahwa saat rasio mol 1:30 pada temperatur 225°C dan waktu reaksi 6jam menunjukkan ada 18*peak* yang terdeteksi oleh alat. Dari total jumlah 18*peak* hanya ada 9*peak* yang mengandung metil ester. Adapun *peak* yang mengandung metil ester yaitu pada *peak* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 dan 12. Jumlah total metil ester yang terbentuk pada saat rasio mol 1:30 pada temperatur 225°C dan waktu reaksi 6jam sebesar 68,19% area. Komponen kandungan FAME pada biodiesel dengan metode subkritis paling banyak adalah metil oleat yaitu berkisar dari 38,108%. area. Sehingga dapat diketahui bahwa minyak jarak pagar pada penelitian ini lebih banyak mengandung asam lemak tidak jenuh. Sesuai dengan penelitian Supardan dkk. (2014) bahwa hasil uji GCMS pada transesterifikasi *in-situ* bijik jarak pagar didapatkan komponen terbesar dalam produk biodiesel adalah metil oleat sebesar 36%. Berikut tabel kandungan metil ester pada saat rasio mol 1:30 pada temperatur 225°C dan waktu reaksi 6 jam:

Tabel 2. Kandungan Metil Ester pada Rasio mol 1:30, Temperatur 225 °C dan Waktu Reaksi 6 jam

Peak	Komponen FAME	% Area
1	Methyl Palmitoleate	4,178
2	Methyl Palmitate	14,151
3	Methyl Palmitate	1,151
4	Methyl Palmitate	0,99
5	Methyl Oleat	38,108
6	Methyl Stearate	3,912
8	Methyl Oleat	0,943
10	Methyl Stearate	1,997
12	Methyl Arachidate	2,757

### 5. Spesifikasi Produk Biodiesel

Produk biodiesel minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) menggunakan metode metanol subkritis dari kondisi optimal yaitu 1:30, temperatur 225°C dan waktu rekasi 6jam diuji 4 parameter kualitasnya. Hasil uji parameter biodiesel dibandingkan dengan data standart SNI 7182:2015. Berdasarkan hasil uji produk biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3. berikut ini:

Tabel 3. Spesifikasi Produk Biodiesel

No	Parameter	Produk Biodiesel	SNI
1.	Angka asam (mg-KOH/g)	4,2	maks 0,5
2.	Massa jenis pada 40°C (kg/m <sup>3</sup> )	900	850-890
3.	Viskositas kinematik pada 40°C (cSt)	9,9	2,3-6,0
4.	Kadar ester metil (%massa)	93	min 96,5

Berdasarkan data Tabel 3. hasil uji parameter kualitas biodiesel menunjukkan bahwa pengujian 4 parameter tidak memenuhi syarat menurut ketentuan SNI 7182:2015. Angka asam menunjukkan adanya asam lemak bebas di dalam kandungan biodiesel.

Angka asam yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 4,2mg-KOH/g biodiesel. Angka asam ini termasuk tinggi dan belum memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI yaitu maksimal 0,5mg-KOH/g biodiesel. Adanya asam lemak bebas dalam kandungan biodiesel mengakibatkan terbentuknya abu pada saat pembakaran. Hal tersebut dikarenakan angka asam yang tinggi pada bahan baku minyak jarak pagar sebelum diproses menjadi biodiesel, sehingga dengan metode metanol subkritis pada penelitian ini belum bisa menurunkan angka asam sesuai SNI. Massa jenis yang dihasilkan pada produk biodiesel sebesar 900kg/m<sup>3</sup>, sehingga tidak memenuhi standar massa jenis biodiesel yang ditetapkan SNI yaitu antara 850-890kg/m<sup>3</sup>. Massa jenis produk biodiesel dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak, ketidakjenuhan dan temperatur. Semakin panjang rantai asam lemak, maka densitas semakin meningkat. Ketidakjenuhan berpengaruh terhadap densitas, dimana semakin banyak jumlah ikatan rangkap yang terdapat pada produk akan terjadi penurunan densitas (Sudrajat dkk., 2010). Selain itu ada kemungkinan proses pemisahan belum efektif. Massa jenis yang tinggi dikarenakan masih adanya trigliserida yang menyebabkan massa jenis biodiesel tinggi. Viskositas kinematik produk biodiesel yang dihasilkan sebesar 9,9 cSt sedangkan yang ditetapkan SNI adalah 2,3-6,0 cSt sehingga tidak memenuhi standar biodiesel. Viskositas yang tinggi dikarenakan produk biodiesel mengandung angka asam yang masih tinggi. Angka asam memiliki viskositas yang lebih tinggi daripada metil ester karena adanya ikatan hidrogen intermolekular dalam asam di luar grup karboksil. Selain itu dikarenakan kandungan trigliserida yang tidak bereaksi dengan metanol (Sudrajat dkk., 2010). Kadar alkil ester yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 93% lebih rendah daripada yang ditetapkan SNI yaitu minimal 96,5%. Hal ini dikarenakan masih terkandung asam bebas yang tinggi pada produk biodiesel.

### SIMPULAN

Temperatur ditingkatkan maka FFA cenderung menurun sedangkan *yield* meningkat. FFA terbaik pada rasio mol 1:30, temperatur 225 °C sebesar 3,67% sedangkan *yield* terbaik pada rasio mol 1:30, temperatur 225 °C sebesar 98,41%. Semakin lama waktu reaksi maka FFA cenderung menurun sedangkan *yield* meningkat. FFA terbaik pada rasio mol 1:30, temperatur 225 °C sebesar 2,12% sedangkan *yield* terbaik pada rasio mol 1:30, temperatur 225 °C, waktu 6 jam sebesar 98,9%. Total jumlah % area Methyl ester pada metode metanol subkritis 68,19% degan komponen terbesar adalah methyl oleat sebesar 38,108%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, R., Afifuddin, R., Zulaikah, S., dan Rachimoellah, 2013. Pembuatan Biodiesel dari Dedak Padi tanpa Katalis dengan Metode Air dan Etanol Subkritis. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(1), p.1-6.
- Asri, N.P., Machmudah, S., Wahyudiono, Suprpto, Budikarjono, K., Roesyadi, A., Sasaki, M., and Goto, M., 2012. Transesterification of vegetables oil using sub-and supercritical methanol. *Reaktor*, 14(2), p.123-128.
- Ferdous, K., Uddin, M. R., Deb, A., Ferdous, J., Khan M. R., and Islam, M. A., 2012. Preparation of Biodiesel from Castor Oil by Two-Step Method. *SUST Journal Science Technology*, 20(6), p.48-56.
- Gubitz, G., Mitterlbach, M., Trabi, M., 1999. Exploitation of The Tropical Oil Seed Plant *Jatropha curcas L.* *Bioresource Technology*, 67(1), p.73-82.
- Hidayat, N. 2011. Pengaruh Suhu dan Lama Proses Aging Terhadap Sifat Fisiokimia Surfaktan MESA Jarak Pagar. *Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor*, Bogor.
- Ju, Y. H., Huynh, L. H., Tsigie, Y. A., Ho, Q. P., 2013. Synthesis of Biodiesel in Subcritical Water and Methanol. *Fuel*, 105, p.266-271.
- Krawczyk T., 1996. Biodiesel-Alternative Fuel Makes Inroads but Hurdles Remain. *INFORM*, 7(8), p.800-815.
- Mulyana, M.R., Nuresti, N., Rustamaji, H., 2016, January. Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dalam Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menjadi Biodiesel Dengan Metode Reactive Distillation. In *Prosiding Seminar Nasional Sains, MIPA, Informatika dan Aplikasi (ISBN: 978-602-98559-1-3)* (Vol. 3, No. 3).
- Prihanto, A., Irawan, T.B., 2017. Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi- Transesterifikasi. *METANA*, 13(1), p.30-36.
- Prihanto, A., Pramudono, B., Santosa, H., 2013. Peningkatan Yield Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Transesterifikasi Dua Tahap. *Momentum*, 9(2), p.46-53.
- Said, M., Septiarty, W., dan Tutiwi, T., 2010. Kinetika Reaksi Pada Metanolisis Minyak Jarak Pagar. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1).
- Santoso, Bambang B. 2010. *Deskripsi Botani Jarak Pagar *Jatropha curcas L.** Lombok: Arga Puji Press.
- Sontag NOV. 1982. *Fat Splitting, Esterification, and Interesterification in Industrial Oil and Fat Products*. New York: John Wiley & Sons.
- Sudrajat, R., Pawoko, E., Hendra, D., Setiawan, D., 2010. Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi (*Schleibera olea L.*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 28(4), p.358-379.
- Supardan, M. D., Satriana, Moulana, R., 2014. Transesterifikasi In Situ Biji Jarak Pagar Menggunakan Kavitas Hidrodinamik. *AGRITECH*, 34(1), p.43-49.
- Syah, Dani Nur Alam. 2006. *Biodiesel Jarak Pagar*. Depok: Agromedia Pustaka.
- Yin, J.Z., Xiao, M., Wang, A. Q., and Xiu, Z.L., 2008. Biodiesel of biodiesel from soybean oil by catalysis with subcritical methanol. *Energy Conversion and Management*, 49(12),p.3512-3516.