

**REKAYASA PROSES PRODUKSI BIODIESEL BERBASIS JARAK
(*JATROPHA CURCAS*) MELALUI TRANSESTERIFIKASI *IN SITU***
(Biodiesel Production by in Situ Transesterification of Jatropha Seed)

I. Amalia Kartika¹⁾, Sri Yuliani²⁾, Danu Ariono³⁾, Sugiarto¹⁾

¹⁾Dep. Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB,

²⁾Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Deptan

³⁾Dep. Teknik Kimia, FTI ITB

ABSTRAK

Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses produksi biodiesel secara langsung dari biji jarak melalui proses transesterifikasi *in situ*. Pada tahun pertama penelitian bertujuan untuk mempelajari proses transesterifikasi *in situ* biji jarak pada berbagai kondisi proses. Parameter kondisi proses yang dipelajari adalah pengaruh kadar air (0.5, 2, 3 dan 4%) dan ukuran partikel bahan (10, 20 dan 35 mesh) terhadap rendemen biodiesel dan kualitasnya. Kadar air dan ukuran partikel bahan berpengaruh nyata terhadap rendemen biodiesel. Semakin kecil kadar air dan ukuran partikel bahan, rendemen biodiesel dan efektifitas proses transesterifikasi *in situ* biji jarak semakin meningkat. Rendemen biodiesel tertinggi (71%) dihasilkan dari perlakuan kadar air dan ukuran partikel bahan 0.5% dan 35 mesh. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi *in situ* biji jarak mempunyai bilangan asam dan viskositas yang relatif rendah, yaitu 0.27 mg KOH/g dan < 3.5 cSt, serta memenuhi Standar Biodiesel Indonesia. Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap bilangan asam dan viskositas biodiesel tidak signifikan untuk seluruh perlakuan yang diuji pada penelitian ini. Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi *in situ* biji jarak juga mempunyai bilangan penyabunan dan ester yang cukup tinggi, yaitu > 210 mg KOH/g. Ukuran partikel bahan tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan penyabunan dan ester biodiesel, sedangkan kadar air bahan menunjukkan pengaruh yang nyata.

Keywords : In situ, transesterification, jatropha seed, biodiesel

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate in situ transesterification process allowing to realize directly biodiesel production from jatropha seeds. The influence of moisture content (0.5, 2, 3 and 4%) and particle size (10, 20 and 35 mesh) of jatropha seeds was examined to define the best performance of the biodiesel production yield and its quality. Generally, the moisture content and particle size of jatropha seeds affected biodiesel production yield. An increase of biodiesel production yield was observed as moisture content and particle size of jatropha seeds were decreased. Highest biodiesel production yield (71%) was obtained under seed moisture content of 0.5% and particle size of 35 mesh.

Effect of the moisture content and particle size of jatropha seeds on biodiesel quality was less important. In all experiments tested, the biodiesel quality was very good. The acid value was below 0.3 mg KOH/g, viscosity was low (< 3.5 cSt), soap and ester values were high (> 210 mg KOH/g). In addition, quality of biodiesel produced under optimum process condition was in accord with Indonesian Biodiesel Standard.

Keyword: In situ, transesterification, jatropha seed, biodiesel

PENDAHULUAN

Biodiesel adalah bahan bakar yang diproduksi dari minyak nabati seperti minyak sawit, minyak bunga matahari, minyak kedelai, minyak jarak, dan lain-lain atau minyak hewani melalui proses transesterifikasi dengan pereaksi metanol atau etanol dan katalisator basa atau asam. Saat ini, pengembangan biodiesel dari minyak nabati melonjak pesat sejalan dengan krisis energi yang melanda dunia tahun-tahun terakhir ini. Selain itu, biodiesel dari minyak nabati bersifat dapat diperbaharui (*renewable*) sehingga ketersediannya lebih terjamin dan produksinya dapat terus ditingkatkan.

Di Indonesia, pengembangan biodiesel dari bahan-bahan nabati, khususnya biji jarak, telah mendapat perhatian banyak pihak, dan komersialisasinya pun telah menunjukkan prospek yang cerah. Pengembangan pesat biodiesel berbahan baku jarak ini tidak terlepas dari keunggulan-keunggulan yang dimilikinya dibandingkan dengan biodiesel dari bahan nabati lainnya seperti sifat fisikokimianya yang lebih baik. Selain itu, tanaman jarak dapat dibudidayakan dengan mudah, tidak memerlukan lahan yang subur dan biaya yang mahal.

Proses produksi biodiesel dari biji jarak umumnya dilakukan melalui 2 tahap yaitu tahap ekstraksi minyak dari biji jarak dan tahap transesterifikasi minyak jarak menjadi biodiesel. Kedua tahapan tersebut dilakukan secara terpisah dan diskontinyu, sehingga proses produksi biodiesel menjadi kurang efisien dan mengkonsumsi banyak energi. Selain itu, proses produksi minyak dari biji jarak membebani 70% dari total biaya proses produksi biodiesel. Oleh karena itu perlu dikembangkan kegiatan penelitian mengenai proses produksi biodiesel yang bersifat sederhana, efisien, murah dan hemat energi, serta dapat menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi dan produk samping yang bernilai tambah tinggi.

Penelitian ini mempunyai tujuan umum untuk mempelajari proses produksi biodiesel secara langsung dari biji jarak melalui proses transesterifikasi *in situ*. Adapun tujuan khususnya adalah untuk mempelajari proses transesterifikasi *in situ* biji jarak pada berbagai kondisi proses. Parameter kondisi proses yang dipelajari adalah pengaruh kadar air (0.5, 2, 3 dan 4%) dan ukuran

partikel bahan (10, 20 dan 35 mesh) terhadap rendemen dan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah jarak, yang diperoleh dari Kebun Induk Jarak Balitri-Deptan, Pakuwon-Sukabumi.

Alat-alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu leher tiga, *hot plate stirrer*, pendingin tegak, termometer, pengaduk magnetik, peralatan untuk analisa dan alat-alat gelas. Sedangkan bahan-bahan kimia yang digunakan adalah metanol teknis, KOH teknis, heksana, alkohol netral dan bahan-bahan kimia lainnya. Bahan-bahan kimia tersebut diperoleh dari toko-toko kimia yang ada di daerah Bogor dan Jakarta.

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan persiapan bahan baku dan penelitian utama. Bahan baku dipersiapkan dengan pengupasan buah jarak dan pengeringan biji jarak pada temperatur 50°C selama 48 jam. Biji jarak kering kemudian dikarakterisasi keasaman, kadar air, minyak, abu, protein dan karbohidratnya (*by difference*). Selain itu, komposisi asam lemak minyak jarak dianalisis menggunakan kromatografi gas.

Proses transesterifikasi *in situ* dilakukan untuk mengkonversi secara langsung trigliserida yang terkandung dalam biji jarak menjadi metil ester. Kondisi proses ditentukan berdasarkan kadar air bahan (0.5, 2, 3, 4%) dan ukuran partikel bahan (10, 20 dan 35 mesh), dengan kondisi operasi ditetapkan pada suhu 60°C, waktu 240 menit dan kecepatan pengadukan 800 rpm. Untuk mendapatkan biji jarak dengan kadar air dan ukuran partikel tertentu, biji jarak hasil dari tahapan persiapan bahan baku dikeringkan kembali pada suhu 50-90°C selama waktu tertentu (2-4 hari) tergantung pada kadar air yang ingin dicapai, kemudian digiling dan disaring menggunakan saringan dengan ukuran tertentu (10-35 mesh).

Katalis KOH 0.1 mol/L digunakan dalam bentuk campuran dengan metanol. Campuran metanol-KOH diaduk selama sekitar 10 menit, dan dituangkan secara perlahan-lahan ke dalam bahan pada ukuran dan kadar air

tertentu sambil diaduk secara kontinyu. Campuran terus diaduk selama waktu 240 menit pada suhu 60°C. Campuran dibiarkan sampai dingin, kemudian filtrat dipisahkan dari ampas. Filtrat yang terpisah, selanjutnya dievaporasi dan didekantasi untuk memisahkan gliserin dari metil ester. Lapisan gliserin berada dibawah dan berwujud semi padat. Metil ester kemudian dicuci dengan aquades hingga pHnya netral. Rendemen biodiesel yang diperoleh dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot biodiesel setelah pencucian (g)}}{\text{Bobot minyak dalam biji jarak (g)}} \times 100$$

Parameter yang diukur untuk mengkarakterisasi biodiesel yang dihasilkan meliputi viskositas, bilangan asam, penyabunan dan ester.

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu kadar air bahan dan ukuran partikel bahan. Percobaan dilakukan dengan 2 kali ulangan untuk seluruh perlakuan. Untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor tersebut, rancangan percobaan dianalisis sidik ragamnya menggunakan $\alpha = 0.05$, dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Buah jarak yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 23% biji dan 77% cangkang, sedangkan biji jarak terdiri dari 37% cangkang dan 63% daging biji. Tabel 1 menunjukkan karakteristik dan sifat fisikokimia biji jarak yang digunakan dalam penelitian ini. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa keasaman biji jarak tersebut relatif rendah, ± 3.5 mg KOH/g sampel ($\cong 1.75\%$), sehingga cocok untuk proses transesterifikasi satu tahap dimana proses tersebut dapat berjalan secara efisien apabila keasaman bahan baku yang digunakan $< 3\%$ (Canakci dan Gerpen, 2001). Selain keasamannya yang relatif rendah, biji jarak yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kadar minyak yang cukup tinggi

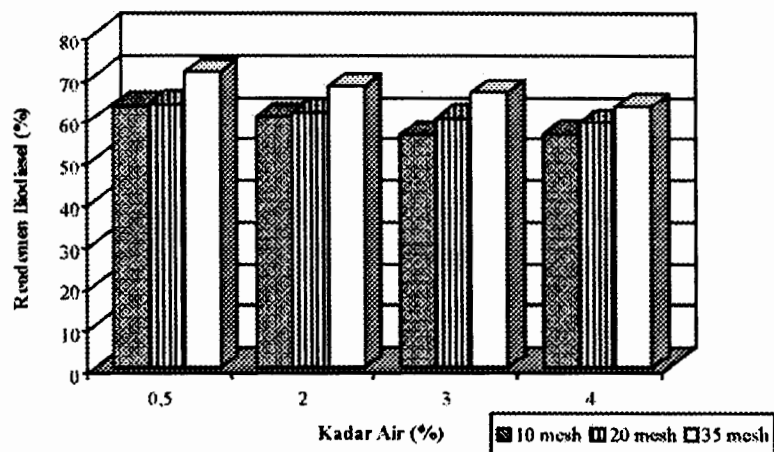
(38%) dan komposisi asam lemaknya didominasi oleh asam lemak oleat dan linoleat.

Tabel 1. Karakteristik dan sifat fisikokimia biji jarak

Parameter	Nilai
Kadar air (%)	4.14
Kadar minyak (% db)	37.51
Kadar abu (% db)	3.67
Kadar protein (% db)	21.05
Kadar karbohidrat (% db)	33.63
Kadar asam (mg KOH/g)	3.47
Komposisi asam lemak (%):	
- Asam laurat	1.02
- Asam palmitat	7.01
- Asam stearat	1.49
- Asam oleat	46.84
- Asam linoleat	43.64

Dibandingkan dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya (Foidl *et al.*, 1996; Gubiz *et al.*, 1999) kadar minyak biji jarak yang digunakan dalam penelitian ini relatif lebih kecil. Perbedaan tersebut tentunya akibat perbedaan varietas, umur panen dan kondisi tempat tumbuh tanaman jarak tersebut.

Gambar 1 menunjukkan pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa semakin kecil kadar air dan ukuran partikel bahan rendemen biodiesel yang dihasilkan semakin tinggi. Rendemen biodiesel tertinggi (71%) dihasilkan dari perlakuan kadar air dan ukuran partikel bahan 0.5% dan 35 mesh. Phenomena yang sama juga teramati pada kasus transesterifikasi *in situ* biji kapas dimana konversi minyak menjadi metil ester dapat mencapai 98% pada kondisi proses kadar air biji < 2% dan ukuran partikel bahan 0.3 - 0.335 mm (Qian *et al.*, 2008). Ekstraksi minyak nabati dengan menggunakan pelarut, efisiensinya secara signifikan dipengaruhi oleh kadar air dan ukuran partikel bahan (Swern, 1982). Semakin kecil kadar air bahan kelarutan minyak dalam bahan akan semakin tinggi, sehingga tingkat ekstraksi minyak pun akan semakin tinggi. Demikian halnya dengan ukuran partikel bahan, semakin kecil ukuran partikel bahan luas permukaan kontak antara bahan dengan pelarut akan semakin tinggi sehingga tingkat ekstraksi minyak pun akan semakin tinggi.



Gambar 1. Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap rendemen biodiesel

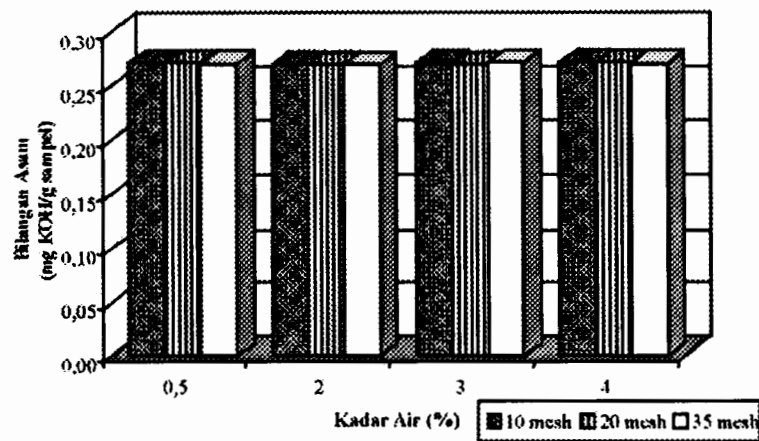
Analisis sidik ragam ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa kadar air dan ukuran partikel bahan berpengaruh nyata terhadap rendemen biodiesel, tetapi interaksi antara kedua perlakuan tersebut tidak berpengaruh yang nyata. Berdasarkan analisis lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) terhadap perlakuan kadar air bahan menunjukkan bahwa kadar air bahan 0.5 dan 2% memberikan perbedaan yang signifikan terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan dibandingkan perlakuan-perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan baku dengan kadar air rendah pada proses transesterifikasi *in situ* biji jarak dapat menghasilkan biodiesel dengan rendemen optimum.

Analisis lanjut Duncan terhadap perlakuan ukuran partikel bahan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada seluruh perlakuan ukuran partikel bahan terhadap rendemen biodiesel.

Pengaruh kadar air bahan terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan pada berbagai ukuran partikel bahan ditunjukkan pada Gambar 2, 3, 4 dan 5. Kualitas biodiesel ditentukan oleh kemurnian senyawa metil ester di dalam biodiesel. Senyawa selain metil ester (kontaminan) yang terdapat di dalam biodiesel dapat menyebabkan permasalahan ketika penggunaan biodiesel pada mesin. Kontaminan yang terdapat pada biodiesel dapat berupa asam lemak bebas, gliserol, air dan mono-, di- dan trigliserida yang masih terdapat pada biodiesel (Knothe, 2006). Senyawa-senyawa tersebut dapat menyebabkan terjadinya

penyumbatan pada alat injeksi mesin dan pengerakan pada tangki bahan bakar dan saluran pembakaran.

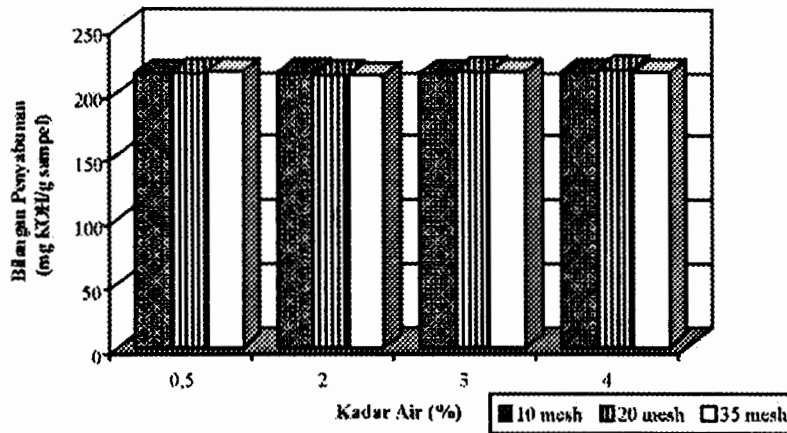
Dari Gambar 2 dapat diamati bahwa bilangan asam biodiesel sangat rendah (< 0.3 mg KOH/g) dan memenuhi Standar Biodiesel Indonesia (maksimum 0.8 mg KOH/g). Kadar air biji jarak yang digunakan untuk proses transesterifikasi *in situ* tidak mempengaruhi sedikitpun bilangan asam biodiesel. Demikian halnya dengan ukuran partikel bahan. Kualitas bahan baku yang baik, terutama bilangan asamnya yang dipertahankan < 6 mg KOH/g, mampu menghasilkan biodiesel dengan bilangan asam yang rendah.



Gambar 2. Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap bilangan asam biodiesel

Analisis sidik ragam ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa kadar air dan ukuran partikel bahan tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan asam biodiesel yang dihasilkan. Demikian halnya dengan interaksi antara kedua perlakuan tersebut. Bilangan penyabunan biodiesel yang dihasilkan dari seluruh perlakuan (Gambar 3) menunjukkan nilai yang cukup tinggi (> 210 mg KOH/g) dan relatif stabil dengan meningkatnya kadar air dan ukuran partikel bahan. Biodiesel yang mempunyai bilangan penyabunan tinggi menunjukkan kandungan senyawa intermediet (mono- dan digliserida) dan senyawa trigliserida yang tidak bereaksinya rendah. Analisis sidik ragam ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa ukuran partikel bahan tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan penyabunan biodiesel,

sedangkan kadar air bahan dan interaksi antara kedua perlakuan tersebut menunjukkan pengaruh yang nyata.

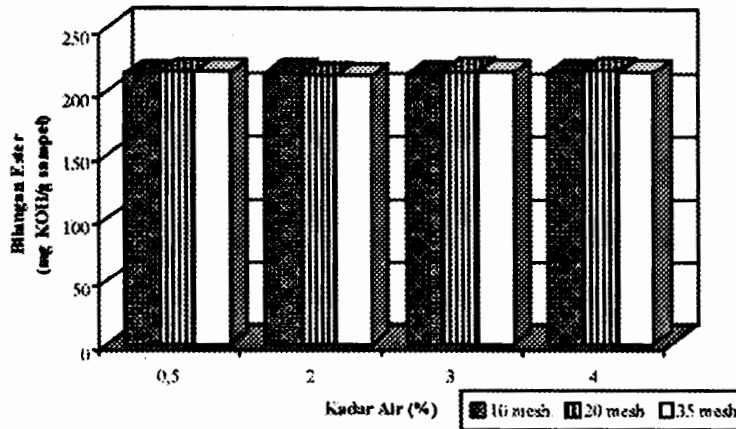


Gambar 3. Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap bilangan penyabunan biodiesel yang dihasilkan

Analisis lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) terhadap perlakuan kadar air bahan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kadar air bahan 2% terhadap bilangan penyabunan biodiesel. Analisis lanjut Duncan terhadap interaksi perlakuan kadar air dan ukuran partikel bahan menunjukkan bahwa perlakuan kadar air 4% dan ukuran partikel 20 mesh berbeda nyata dengan perlakuan kadar air 0.5, 2, 3, 4% dan ukuran partikel bahan 10 mesh. Selain itu, perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan kadar air 0.5, 2% dan ukuran partikel bahan 20 mesh, serta perlakuan kadar air 2% dan ukuran partikel bahan 35 mesh.

Pada proses transesterifikasi, senyawa ester terbentuk dari hasil reaksi antara trigliserida dengan metanol. Semakin tinggi bilangan ester menunjukkan semakin banyaknya jumlah senyawa ester di dalam campuran dan tingginya tingkat efektifitas proses transesterifikasi.

Dari Gambar 4 dapat diamati bahwa bilangan ester biodiesel yang dihasilkan dari seluruh perlakuan cukup tinggi (> 210 mg KOH/g) dan relatif stabil dengan meningkatkannya kadar air dan ukuran partikel bahan. Analisis sidik ragam ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa kadar air bahan berpengaruh nyata terhadap bilangan ester biodiesel, sedangkan ukuran partikel bahan dan interaksi antara kedua perlakuan tersebut pengaruhnya tidak nyata.



Gambar 4. Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap bilangan ester biodiesel

Analisis lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) terhadap perlakuan kadar air bahan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kadar air bahan 2% terhadap bilangan ester biodiesel.

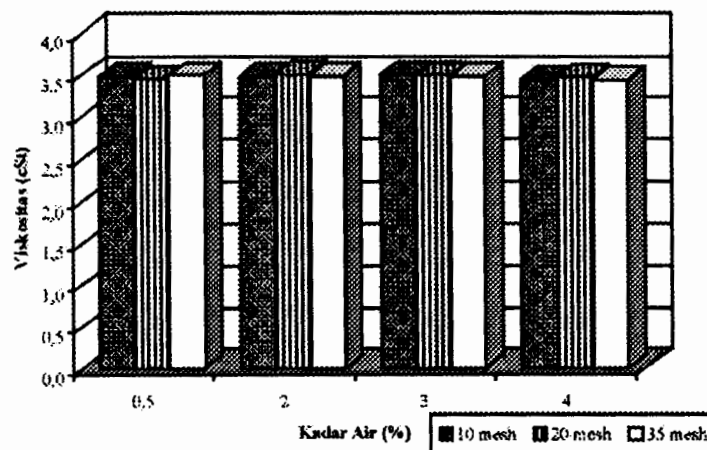
Parameter lainnya yang menentukan kualitas biodiesel adalah viskositas. Viskositas yang tinggi merupakan alasan utama mengapa minyak nabati tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar mesin diesel. Viskositas yang tinggi dapat menyebabkan terganggunya alat injeksi mesin kendaraan dan cenderung menghasilkan deposit pada tangki pembakaran (Knothe, 2006).

Gambar 5 menunjukkan pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap viskositas biodiesel. Dari gambar tersebut dapat diamati bahwa viskositas biodiesel yang dihasilkan dari seluruh perlakuan sangat rendah (< 3.5 cSt) dan memenuhi Standar Biodiesel Indonesia (maksimum 6.0 cSt). Kadar air biji jarak yang digunakan untuk transesterifikasi *in situ* tidak mempengaruhi sedikitpun viskositas biodiesel. Demikian halnya dengan ukuran partikel bahan.

Analisis sidik ragam ($\alpha = 0.05$) menunjukkan bahwa kadar air dan ukuran partikel bahan tidak berpengaruh nyata terhadap viskositas biodiesel. Demikian halnya dengan interaksi antara kedua perlakuan tersebut.

Seperti telah dijelaskan diatas, biji jarak yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh asam lemak tak jenuh oleat dan linoleat. Kedua asam lemak tak jenuh tersebut mempunyai kontribusi yang besar terhadap rendahnya

viskositas biodiesel yang dihasilkan, selain karena tingkat efektifitas proses transesterifikasi yang tinggi.



Gambar 5. Pengaruh kadar air dan ukuran partikel bahan terhadap viskositas biodiesel yang dihasilkan

KESIMPULAN

Kondisi proses optimum untuk transesterifikasi *in situ* biji jarak diperoleh pada kadar air bahan 0.5% dan ukuran partikel bahan 35 mesh. Pada kondisi proses optimum tersebut rendemen biodiesel yang dihasilkan sebesar 71% dengan kualitas yang sangat memuaskan. Kadar air dan ukuran partikel bahan berpengaruh sangat signifikan terhadap rendemen, tetapi kurang berpengaruh terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi *in situ* biji jarak memenuhi Standar Biodiesel Indonesia sehingga secara teknis memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan bakar otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Canakci, M., Gerpen, J.V., 2001. Biodiesel from oils and fats with high free fatty acids. *Trans. Am. Soc. Automotive Engine*, 44:1429-1436.
- Foidl, N., Foidle G. G., Sanchez M., Mittelbach, M., Hackel S., 1996. *Jatropha curcas* as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology*, 58: 77-82.

Gubiz, G.M., Mittelbach, M., Trabi, M., 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology*, 67: 73-82.

Harrington, K.J., D'Arcy-Evans, C., 1985. Transesterification in situ of sunflower seed oil. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, 24:314-318.

Knothe, G., 2006. Analyzing biodiesel : Standrads and other methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 83(10):823-833.

Qian, J., Wang, F., Liu, S., Yun, Z., 2008. In situ alkaline transesterification of cotton seed oil for production of biodiesel and non toxic cotton seed meal. *Bioresource Technology*, 99:9009-9012.

Siler-Marinkovic, S., Tomasevic, A., 1998. Transesterification of sunflower oil in situ. *Fuel*, 77:1389-1391.

Swern, D. (Ed), 1982. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products 4th Edition*. JohnWiley and Sons, New York