

**TEKNOLOGI PEMBUATAN BIODISEL DARI
MINYAK BIJI TANAMAN JARAK PAGAR**

Manufacture Technology of Biodiesel from Jarak Pagar Plant Seed Oil

Oleh/By:

R. Sudradjat, Hendra A., W. Iskandar & D. Setiawan

ABSTRACT

Jatropha curcas is a plant of fast growing species and well known specifically for its tolerance to almost any tropical climate and soil types, hence it is suitable for land conservation. Besides, the oil extracted from this plant's seed has possibility of biodiesel manufacturing. Further, other parts of the plant are useful for particular purposes.

The aim of this research was to look into the possible biodiesel manufacture from the Jatropha curcas L. seeds-extracted oil. Biodiesel is a liquid fuel processed from oil-producing plants used for automotive and electric generator fuel. Biodiesel, in this regard, was prepared through two-stage processes, i.e. first stage is esterification process to convert free fatty acid in the oil into methyl ester form. The second stage is transesterification process to convert triglyceride left in the oil into methyl ester. The implementation of this two-stage processes was to decrease free fatty acid content that could inhibit the conversion of triglyceride to methyl ester in the second stage process. In the first stage, the esterification reaction use 20% (v/v) methanol as a reactant and 2% of H₂SO₄ as a catalyst. Afterwards, the second-stage reaction (transesterification) proceeded with the use of methanol

as well but in various concentrations i.e.: 10, 20, 30, 40, 50, 60% (v/v), and 0.3% of KOH as a catalyst. To enhance the reaction, the temperature was elevated to 60°C and then kept for 90 minutes. The parameters to be observed were : acid value, saponification value, ester value, density, and viscosity.

The results showed that the implementation of two-stage process namely “estrans” process, in comparison with that of only one-stage process, afforded optimum triglyceride conversion into methyl ester. Such was indicated by low on acid value and viscosity, and consuming the methanol as much as 40% (v/v) at optimum level. Reviewing the two-stage process with too high of methanol consumption, therefore, this research deserves further continuation.

Keywords : Jatropha curcas L., biodiesel, 2-stages process, esterification, transesterification, free fatty acid.

ABSTRAK

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) adalah tanaman cepat tumbuh dan sangat toleran terhadap iklim tropis dan jenis tanah, sehingga sesuai untuk dikembangkan sebagai tanaman konservasi. Selain itu, minyak dari bijinya dapat digunakan sebagai bahan energi. Bahkan bagian lain dari tanaman ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan khusus.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara pembuatan biodisel dari minyak biji jarak pagar. Biodisel adalah bahan bakar minyak (BBM) dari minyak nabati untuk otomotif (mobil) dan disel generator. Pembuatan biodisel dilakukan dengan proses 2 tahap, tahap pertama adalah proses esterifikasi yaitu untuk mengubah asam lemak bebas menjadi metil ester. Tahap kedua adalah proses transesterifikasi yaitu untuk mengubah trigliserida menjadi metil ester. Proses 2 tahap ini dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dari minyak jarak pagar dengan proses esterifikasi yang mana asam lemak bebas tersebut dapat menghambat konversi trigliserida menjadi metil ester pada proses transesterifikasi. Proses esterifikasi menggunakan metanol sebanyak 20% (v/v) secara konstan untuk setiap perlakuan, sebagai katalis digunakan H_2SO_4 2%. Proses transesterifikasi menggunakan metanol dalam jumlah yang bervariasi yaitu : 10, 20, 30, 40, 50, 60% (v/v) dan katalis yang digunakan adalah KOH 0,3%. Kedua tahap reaksi tersebut dilakukan pada suhu $60^\circ C$ dan lama reaksi 90 menit. Sifat fisika kimia minyak jarak pagar yang diuji adalah bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan ester, kerapatan dan kekentalan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses 2 tahap yang dinamakan proses “estrans”, dibandingkan dengan proses satu tahap, mampu mengkonversi trigliserida menjadi metil ester dalam jumlah yang lebih

banyak. Hal tersebut ditunjukkan oleh rendahnya bilangan asam dan kekentalan, yaitu pada konsumsi metanol optimum sebesar 40% (v/v). Angka konsumsi metanol sebesar 40% (v/v) tergolong tinggi, oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut yang lebih fokus pada upaya untuk menurunkan konsumsi metanol pada pembuatan biodisel dengan menggunakan proses “estrans”.

Kata kunci : *Jatropha curcas* L., biodisel, transesterifikasi 2 tahap, esterifikasi, transesterifikasi, asam lemak bebas.

I. PENDAHULUAN

Biodisel adalah bahan bakar minyak (BBM) yang dibuat dari bahan nabati berupa lemak atau minyak untuk digunakan pada mesin genset disel, mobil atau otomotif lainnya. Biodisel termasuk bahan energi yang dapat dipulihkan, karena dapat ditanam pada areal kehutanan, pertanian, lahan rakyat dan lain-lain (Pakpahan, 2001). Beberapa jenis bahan baku yang telah di kenal secara luas di dunia dan telah diaplikasikan dalam skala pilot atau komersial adalah : minyak kacang kedele dengan nama pasar SME (*Soybean-oil methyl ester*) yang dikembangkan di Amerika, minyak biji lobak dengan nama pasar RME (*Rapseed-oil methyl ester*) dikembangkan di Eropa dan Nikaragua, CME (*Coconut-oil methyl ester*) dikembangkan oleh Filipina dan POME (*Palm-oil methyl ester*) yang dikembangkan Malaysia (Soerawidjaja, 2002). Indonesia sudah melakukan aplikasi pilot plant POME di Riau berkapasitas 20 ton/hari.

Kebijakan nasional di bidang energi nasional adalah : intensifikasi, konservasi, diversifikasi dan indeksasi (Samiarso, 2001). Penggunaan biodisel sebagai sumber energi alternatif telah memenuhi setiap butir kebijakan tersebut yaitu : mengintensifkan penggunaan lahan kritis dan tidak produktif untuk bahan baku biodisel (intensifikasi), menghemat penggunaan bahan bakar minyak bumi (konservasi), pengembangan bahan bakar nabati non minyak bumi (diversifikasi) dan penyesuaian jenis bahan bakar sesuai kondisi wilayah setempat (indeksasi).

Penggunaan biodisel sebagai sumber energi alternatif memiliki banyak keunggulan komparatif, antara lain : ketersediaan sumber daya, ketersediaan teknologi, keunggulan kualitas produk, memberikan dampak positif terhadap ekonomi makro (devisa negara) dan ekonomi mikro seperti penciptaan lapangan kerja baru dan peningkatan pendapatan masyarakat sekitar lokasi bahan baku. Beberapa keunggulan kualitas biodisel dibanding petrodiesel (solar) adalah : resiko terbakar lebih rendah, kualitas pembakaran seimbang, emisi gas toksik lebih rendah sampai nol, lebih mudah terurai secara biologis, pengadaannya banyak melibatkan masyarakat dari kelompok kurang mampu serta memberikan dampak positif pada konservasi tanah dan air (Sudradjat dkk., 2003).

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) sejak lama dikenal sebagai tanaman konservasi karena sifatnya yang sangat toleran terhadap jenis tanah dan iklim. Tanaman ini

sangat cepat tumbuh dan struktur akarnya mampu menahan erosi, terutama apabila ditanam dengan jarak yang sangat rapat (0,25 – 0,30 m). Apabila ditanam dengan jarak tanam lebih lebar yaitu 2 x 3m dapat digunakan untuk produksi biji. Pada jarak yang lebih lebar lagi (4 x 5 m), akan dihasilkan pohon dengan kayu yang baik untuk pembuatan pulp dan papan serat. Tanaman ini terutama memberikan nilai ekonomis, karena bijinya menghasilkan minyak sebagai bahan baku pembuatan biodisel (Heyne, 1987). Selain itu, hampir seluruh bagian tanaman dari tanaman jarak pagar dapat dimanfaatkan : kayu dan dahan untuk bahan bakar, tempurung biji untuk arang aktif, getah dan daun untuk biopestisida, kayu tua untuk pulp kertas, papan serat dan serat kulit buah untuk kompos. Selain itu, dari limbah proses pembuatan biodisel akan dihasilkan bungkil untuk makanan ternak, biopestisida serta gliserin untuk bahan kimia dan kosmetika. Pada areal tanaman yang luas, produksi nektarnya dapat diekplorasi untuk produksi lebah madu. Dampaknya pada industri hilir yaitu memicu tumbuhnya industri rakyat seperti sabun cuci, pupuk, biopestisida, gliserin, pulp kertas, papan serat dan lain-lain (Sudradjat dkk., 2003).

Tujuan penelitian adalah menyediakan data/informasi tentang teknologi pembuatan biodisel dari minyak biji tanaman jarak pagar dalam rangka mendukung program pemerintah : 1) Pengembangan sumber energi alternatif selain minyak bumi dari bahan yang dapat dipulihkan dan penghematan penggunaan sumber energi minyak bumi (Konservasi energi), 2) Rehabilitasi dan konservasi hutan, tanah dan air (GNRHL) serta 3) Peningkatan pendapatan masyarakat sekitar hutan (Perhutanan sosial).

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kering (kadar air 4,7%) dari tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) yang cukup tua (30 tahun) dan telah sering memproduksi biji, diambil dari daerah Kebumen, Jawa Tengah. Biji tersebut dipisahkan dari tempurungnya dengan cara manual untuk memperoleh daging biji yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodisel.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Kimia dan Energi Hasil Hutan, Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan Bogor, dan di Laboratorium Kimia, FMIPA

IPB Bogor. Bahan kimia yang digunakan adalah metanol teknis, larutan Wijs, NaOH, H₂SO₄, alkohol, asam asetat, larutan urea 1%, air suling dan lain-lain. Peralatan yang digunakan antara lain : pengempa biji jarak, alat destilasi, alat titrasi/buret, kompor listrik berpengaduk (*stirrer*), bermacam-macam alat gelas, piknometer, blender, neraca analitik, viskometer Ostwald dan lain-lain.

B. Metode

1. Ekstraksi minyak

Biji jarak pagar dikupas dan dikeluarkan daging bijinya dengan cara manual. Daging biji yang diperoleh digiling sampai halus dan selanjutnya dikeringkan di oven pada suhu 105° C selama 2 jam. Untuk memperoleh minyak jarak sebanyak 150 g, daging biji halus kering dimasukkan ke dalam alat kempa hidrolik manual berkekuatan 20 ton (total). Alat kempa dipanaskan sampai mencapai suhu 60°C, kemudian dilakukan pengempaan menggunakan tuas hidrolik dan minyak akan keluar melalui lubang-lubang yang terdapat di bagian pinggir blok piston. Minyak ditampung dalam gelas piala, sedangkan bungkilnya dikeluarkan, digiling dan dikempa kembali dengan cara yang sama seperti di atas.

2. Proses tahap 1 (Esterifikasi)

Pembuatan biodisel pada umumnya cukup dilakukan dengan proses transesterifikasi satu tahap, tetapi berdasarkan hasil penelitian pendahuluan ternyata menunjukkan bahwa minyak jarak pagar sebelum dilakukan proses transesterifikasi terlebih dahulu harus dilakukan proses esterifikasi yang maksudnya adalah untuk menghilangkan asam lemak bebas dengan jalan mengkonversinya menjadi metil ester. Kandungan asam lemak bebas dalam minyak jarak pagar cukup tinggi yaitu sekitar 31 mg KOH/g minyak. Katalis yang digunakan adalah katalis asam yaitu H₂SO₄ 2% (v/v) dan bukan katalis basa (KOH), dengan maksud untuk menghindarkan terjadinya reaksi asam lemak dengan KOH yang akan membentuk sabun (*saponifikasi*). Pereaksi yang digunakan adalah metanol teknis pada konsentrasi yang tetap yaitu 20% (v/v).

Sebanyak 50 ml minyak jarak pagar dimasukkan ke dalam erlemeyer asah 300 ml. Dilakukan pencampuran 10 ml metanol teknis dengan 1 ml katalis asam yaitu H₂SO₄, sebanyak 2% (v/v). Campuran tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi minyak jarak pagar yang dilengkapi alat kondensor untuk mengkondensasi uap metanol,

selanjutnya dipanaskan pada suhu 60°C selama 90 menit. Setelah itu, proses transesterifikasi tahap 1 dianggap selesai dan campuran tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan metil ester (biodisel) yang masih bercampur dengan minyak jarak pagar dari gliserol. Campuran biodisel dengan minyak jarak pagar dicuci dengan larutan urea 1% sebanyak 9 x 50 ml, kemudian dicuci kembali dengan 2 x 50 ml air suling hangat, sehingga air terpisah yaitu pada bagian bawah dari campuran biodisel dengan minyak jarak pagar.

3. Proses tahap 2 (Transesterifikasi)

Setelah asam lemak bebas dikonversi menjadi metil ester, yang tersisa dalam minyak jarak pagar adalah trigliserida. Proses transesterifikasi dilakukan untuk mengkonversi trigliserida dalam minyak jarak pagar menjadi metil ester (biodisel). Proses transesterifikasi menggunakan katalis basa yaitu KOH sebanyak 0,3% (v/v) agar reaksi transesterifikasi cenderung lebih cepat dibandingkan menggunakan katalis asam. Pereaksi yang digunakan adalah metanol teknis dengan konsentrasi yang bervariasi.

Proses transesterifikasi tahap 2 dilakukan sebagai berikut : Campuran biodisel dengan minyak jarak pagar dimasukkan ke dalam erlenmeyer asah 250 ml, kemudian dipanaskan hingga suhu mencapai 60°C. Dilakukan pencampuran antara metanol teknis dengan katalis KOH sebanyak 0,3% (v/v). Banyaknya metanol teknis yang dicampur dengan KOH dibuat bervariasi yaitu : 10, 20, 30, 40, 50 dan 60%. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi minyak jarak pagar dan dilengkapi dengan kondensor yaitu untuk mengkondensasi uap metanol. Campuran tersebut direaksikan dengan cara memanaskannya pada suhu 60°C selama 90 menit. Setelah berlangsung 90 menit, reaksi transesterifikasi tahap 2 dianggap selesai dan biodisel yang terbentuk dimasukkan ke dalam corong pemisah untuk memisahkan biodisel dari gliserol. Biodisel dicuci dengan larutan asam asetat 0,05% sebanyak 2 x 50 ml dan dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air suling hangat sebanyak 2 x 50 ml, sehingga air terpisah yaitu pada bagian bawah dari campuran biodisel dengan minyak jarak pagar. Untuk menghilangkan molekul air yang masih terdapat dalam biodisel dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring yang sudah dibubuhi natrium sulfat anhidrat.

4. Pengujian sifat fisiko-kimia biodisel

Parameter pengujian sifat fisiko-kimia yang dilakukan terhadap minyak biodisel meliputi : bilangan asam (Anonim , 1995), bilangan penyabunan (Anonim, 1995), bilangan ester dan kerapatan (Ketaren, 1986), kekentalan (Anonim, 1995) dan bilangan ester yang dihitung sebagai selisih antara bilangan penyabunan dan bilangan asam.

Mengingat penelitian ini merupakan penelitian rintisan, maka kegiatan penelitian dilakukan secara bertahap dan sistematis yaitu meliputi :

- 1) Pengujian komposisi bagian buah jarak pagar seperti kulit buah, daging buah (serat), tempurung biji dan daging biji sebagai penghasil minyak.
- 2) Pengujian persentase rendemen minyak jarak dari daging biji kering. Parameter yang diamati adalah : a) Suhu optimum selama pengempaan, b) Besarnya tekanan pengempaan 10 atau 20 ton (total) dan c) Pengulangan pengempaan yaitu 1, 2 atau 3 kali.
- 3) Analisis sifat fisiko-kimia minyak jarak pagar sebelum diproses menjadi biodisel meliputi : kerapatan, bilangan penyabunan, bilangan asam, bilangan ester dan bilangan iod.
- 4) Penelitian pendahuluan pembuatan biodisel dengan proses transesterifikasi 1 tahap menggunakan variabel konsentrasi metanol : 10, 20, 30, 40 dan 50% serta katalis NaOH 2% dan H₂SO₄ 2%. Apabila proses transesterifikasi tidak berhasil menurunkan bilangan asam dan kekentalan sebagai kriteria keberhasilan pembentukan metil ester, maka proses diubah menjadi proses 2 tahap (Proses estrans).
- 5) Proses 2 tahap atau proses esterifikasi-transesterifikasi (estrans) diharapkan dapat mengatasi hambatan pembentukan ester dari trigliserida karena tingginya kadar asam lemak bebas dari minyak jarak pagar. Pada proses tahap 1 (esterifikasi) digunakan pereaksi metanol secara konstan yaitu 20% dan katalis H₂SO₄ 2% (v/v), sedang pada proses tahap 2 (transesterifikasi) digunakan metanol dengan variasi : 10, 20, 30, 40, 50 dan 60% (perlakuan) dan katalis KOH 0,3%, sehingga total konsentrasi metanol dari proses 2 tahap tersebut menjadi 30, 40, 50, 60, 70 dan 80%. Kriteria keberhasilan proses ini ditunjukkan oleh adanya kombinasi perlakuan yang minimum dalam mengkonsumsi metanol, tetapi optimum dalam pembentukan metil ester. Tingginya kadar metil ester ditunjukkan oleh rendahnya bilangan asam dan kekentalan.
- 6) Analisis fisiko-kimia untuk biodisel adalah : kerapatan, kekentalan, bilangan penyabunan, bilangan asam, bilangan ester dan bilangan iod.

C. Rancangan Percobaan dan Analisa Data

Rancangan penelitian yang digunakan adalah : rancangan acak lengkap (RAL) dengan analisis keragaman satu arah, dan untuk mengetahui taraf perlakuan yang berbeda digunakan uji BNJ (Beda nyata jujur) cara Tukey. Pada proses 1 tahap jenis perlakuan adalah konsentrasi metanol : 10, 20, 30, 40 dan 50% (v/v). Pada proses 2 tahap jenis perlakuan, konsentrasi metanol adalah 20% (konstan) dan tahap kedua 30, 40, 50, 60, 70 dan 80% (v/v) dengan jumlah ulangan 2 kali.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

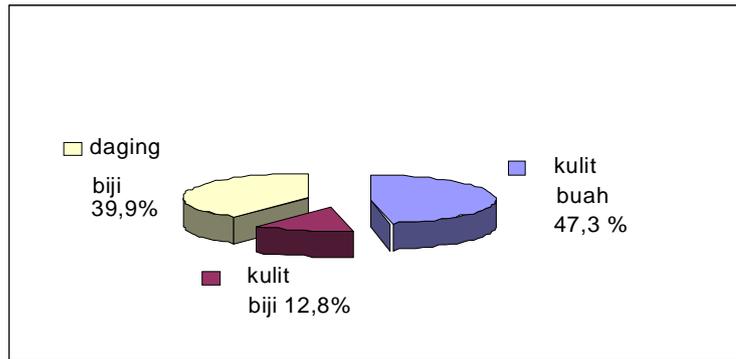
A. Komposisi dan Sifat Físiko-Kimia Biji Jarak

1. Komposisi bagian buah jarak

Persentase bagian buah jarak pagar diukur berdasarkan perbandingan terhadap berat buah kering dan berat biji kering. Hasil menunjukkan bahwa persentase daging biji sekitar 39,9%, kulit biji 12,8% dan kulit buah 47,3% terhadap berat buah kering (Gambar 1). Dihitung dari biji kering, persentase daging biji adalah sekitar 75% dan kulit biji 25% .

2. Kadar air biji jarak

Hasil analisa menunjukkan bahwa biji kering dari jarak pagar yang sudah tua (30 tahun) mengandung air sekitar 4,7%, sedang pada umur yang lebih muda cenderung lebih tinggi. Perbedaan kadar air tersebut disebabkan oleh tingkat kematangan buah yang berbeda. Biji jarak pagar yang diambil dari tanaman yang sudah tua berwarna kuning sampai dengan hitam. Pada tingkat kematangan seperti ini, daging biji jarak pagar juga lebih padat dan berisi, sehingga rendemen daging biji terhadap biji jarak pagar lebih tinggi dari pada yang berasal dari buah muda.



Gambar 1. Persentase bagian buah jarak pagar
Figure 1. Percentage of Jatropha curcas fruit

3. Kadar minyak jarak

Analisa dilakukan dengan metode soklet, menggunakan heksana sebagai larutan pengestraksi. Heksana dipilih karena merupakan pelarut yang nonpolar, sehingga diharapkan lebih optimal mengekstraksi minyak dalam biji. Hasil analisa (Tabel 2) menunjukkan kadar minyak jarak pagar sekitar 68,4%. Nilai ini sangat tinggi untuk kadar minyak suatu tanaman biji-bijian (Ketaren, 1986).

Ekstraksi juga dicoba dengan cara mekanis yaitu menggunakan pengempa hidrolik manual bertekanan 10 ton dan 20 ton (total). Pengempaan dilakukan dengan memberikan perlakuan panas 60°C, sebanyak 2 - 3 kali kempa. Hasil yang diperoleh adalah berkisar antara 29,3 – 48,1%. Nilai rendemen tertinggi diberikan oleh tekanan pengempaan 20 ton dengan 2 atau tiga kali kempa (Tabel 1).

Ekstraksi menggunakan pelarut heksana menunjukkan rendemen yang lebih tinggi dari ekstraksi cara mekanis, tetapi dalam aplikasinya, ekstraksi cara mekanis akan lebih banyak digunakan oleh masyarakat karena lebih praktis, selain itu biaya pengadaan alat dan operasinya jauh lebih murah.

Tabel 1. Rendemen ekstraksi minyak jarak pagar dengan cara mekanis pada kondisi pengempaan suhu 60⁰ C, tekanan maksimum 20 ton

Table 1. Yield of *Jatropha* oil extraction using mechanical method at temperature 60⁰ C and maximum pressure of 20 ton

Rendemen minyak (Oil yield), %		
Perlakuan (Treatment) 1*	Perlakuan (Treatment) 2**	Perlakuan (Treatment) 3***
27,6	45,7	46,8
28,4	47,8	46,7
26,8	44,7	45,9
30,4	46,3	47,5
33,0	48,5	49,6
32,5	49,7	50,7
27,8	46,3	47,5
29,4	48,2	49,4
27,2	47,7	48,9
29,7	46,8	47,9
Rata-rata : 29,3 b	Rata-rata : 47,2 a	Rata-rata : 48,1 a

Keterangan : * = Tekanan 10 ton, dua kali kempa (10 ton pressure, two times pressing).

(Remarks) ** = Tekanan 20 ton, dua kali kempa (20 ton pressure, two times pressing).

*** = Tekanan 20 ton, tiga kali kempa (20 ton pressure, three times pressing).

Huruf yang berbeda pada lajur yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (Different letter at the same row indicating significantly different)

Hasil uji beda t-student, menunjukkan perlakuan 1 berbeda dengan perlakuan 2 dan 3, sedang perlakuan 2 dan 3 tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini menunjukkan bahwa pengempaan optimal diperoleh dengan tekanan 20 ton (total) dengan dua kali kempa.

4. Sifat fisiko-kimia minyak jarak

Hasil analisa sifat fisiko-kimia minyak jarak pagar terlihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Rendemen dan sifat fisik-kimia minyak jarak pagar

Table 2. Yield and physico-chemical properties of *Jatropha curcas* oil

Sifat fisiko kimia (Physico-chemical properties)	Nilai (Value)
Rendemen cara kimia (Yield by chemical method), %	68,4
Rendemen cara mekanis (Yield by mechanical method), %	48,1
Kadar air (Moisture content), %	0,26
Kerapatan (Density), g/ml	0,92
Bilangan asam (Acid value)	88,3
Bilangan penyabunan (Saponification value)	176,6
Bilangan iod (Iod value)	96,0

a. Kadar air

Minyak jarak pagar masih mengandung air dan zat menguap sekitar 0,26%. Nilai ini relatif tinggi untuk minyak yang diekstrak pada suhu tinggi (60°C). Air yang masih terkandung dalam minyak merupakan air yang terikat secara kimiawi dalam agregat molekul minyak jarak pagar. Meskipun demikian, nilai ini masih lebih kecil daripada kadar air yang terkandung dalam minyak jarak kastrol yaitu sekitar 0,4% (Ketaren, 1986). Nilai yang berbeda untuk dua spesies tanaman jarak ini disebabkan oleh perbedaan kandungan asam lemaknya. Jarak kastrol mengandung asam lemak yang memiliki gugus hidroksil (asam risinoleat), di mana asam lemak yang bergugus hidroksil cenderung untuk mengikat fraksi air.

b. Kerapatan

Pengukuran kerapatan dilakukan karena berhubungan dengan pengukuran kekentalan. Kerapatan minyak jarak pagar menunjukkan nilai yang umum untuk minyak tumbuh-tumbuhan. Hasil pengukuran kerapatan minyak jarak pagar adalah 0,92 g/ml.

c. Bilangan asam

Bilangan asam menunjukkan jumlah asam lemak bebas dalam minyak, bilangan asam minyak jarak pagar adalah 88,3.

d. Bilangan penyabunan

Bilangan penyabunan menunjukkan total asam lemak dalam minyak, bilangan penyabunan minyak jarak pagar adalah 176,6.

e. Bilangan ester teoritis

Bilangan ester teoritis dihitung sebagai selisih bilangan penyabunan dan bilangan asam. Bilangan ini menyatakan jumlah asam lemak yang bersenyawa sebagai ester. Bilangan ester minyak jarak pagar adalah 88,3.

f. Bilangan iod

Bilangan iod menunjukkan besarnya ikatan-ikatan rangkap dalam minyak. Pada penelitian ini digunakan metode *Wijs*. Hasil analisis menunjukkan bilangan iod minyak jarak pagar sebesar 96,0%.

B. Pembuatan Biodisel dengan Proses 1 Tahap (Transesterifikasi)

Pembuatan biodisel dengan proses 1 tahap disebut sebagai proses transesterifikasi. Dengan proses ini minyak jarak pagar direaksikan langsung dengan metanol dibantu katalis NaOH. Untuk mengetahui kesempurnaan reaksi tersebut dilakukan analisa bilangan asam dan kekentalan biodisel yang dihasilkan. Untuk mengetahui kondisi optimum, dicoba berbagai variasi konsentrasi metanol yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50% (v/v) dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk semua konsentrasi, nilai bilangan asam (13,0 – 63,37) dan kekentalan (52,5 - 60,0 cSt) sangat besar, yang berarti reaksi transesterifikasi belum sempurna atau proses 1 tahap tidak sesuai untuk minyak jarak pagar.

Ketidak sesuaian pembuatan biodisel menggunakan minyak jarak pagar dengan proses transesterifikasi satu tahap dapat dijelaskan seperti berikut. Pada proses tersebut terjadi reaksi antara asam lemak bebas dari minyak jarak pagar (*crude*) dengan metanol yang menggunakan katalis basa. Penggunaan katalis basa pada reaksi tersebut menyebabkan terjadinya reaksi penyabunan asam lemak bebas oleh katalis NaOH, padahal reaksi yang diinginkan adalah reaksi antara asam lemak bebas dan trigliserida dengan metanol menjadi metil ester. Nilai bilangan asam dan kekentalan hasil transesterifikasi masih sangat tinggi, tidak sesuai dengan persyaratan bilangan asam standar biodisel menurut ASTM (Anonim, 1995) yaitu sebesar 0,8 dan kekentalan sebesar 4 - 5 cSt.

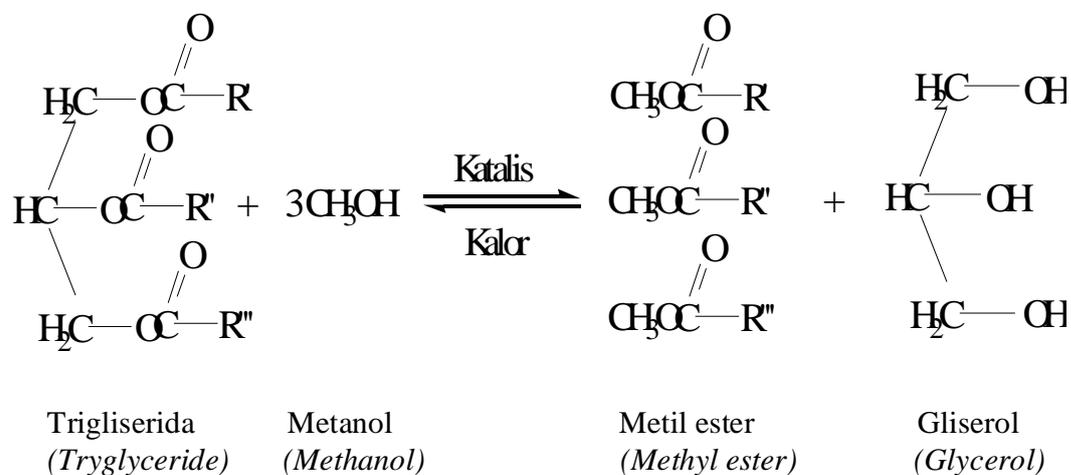
Tabel 3. Respons proses 1 tahap (transesterifikasi) terhadap bilangan asam dan kekentalan minyak jarak pagar

Table 3. One stage process (transesterification) response on acid value and viscosity of *Jatropha curcas* oil

Konsentrasi metanol (Methanol concentration), %	Bilangan asam (Acid value)	Kekentalan (Viscosity), cSt
0	63,37	60,0
10	36,58	59,4
20	29,93	57,6
30	25,10	55,1
40	14,45	54,7
50	13,00	52,5

Berdasarkan kenyataan ini, katalis basa tidak tepat digunakan untuk reaksi transesterifikasi pada minyak jarak pagar. Oleh karena itu, pada percobaan berikutnya digunakan katalis asam yaitu H₂SO₄ 2%. Dengan cara ini, diperoleh bilangan asam yang lebih rendah yaitu sekitar 0,8 - 0,9. Namun demikian, penurunan bilangan asam menggunakan proses 1 tahap dan katalis asam ternyata tidak diikuti dengan penurunan kekentalan yaitu sekitar 50 cSt.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka hasil reaksi dengan menggunakan katalis asam dilanjutkan dengan mereaksikan kembali dengan metanol dan menggunakan katalis basa yaitu KOH 0,3% dari bobot minyak. Hasil reaksi menunjukkan, bahwa kekentalan turun sangat signifikan menjadi sekitar 12 cSt dan bilangan asamnya juga turun hingga sekitar 0,5 dan nilai ini sesuai standar DIN 51606 (Gubitz, 1999). Reaksi yang terjadi adalah reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol dengan menggunakan katalis basa (KOH) menghasilkan metil ester dan gliserol.



Gambar 2. Reaksi transesterifikasi antara trigliserida dengan metanol
Figure 2. Transesterification reaction of triglyceride with methanol

Berdasarkan pengalaman tersebut, pada penelitian berikutnya dilakukan perubahan yaitu proses 1 tahap diubah menjadi proses 2 tahap. Tahap pertama dari proses 2 tahap adalah reaksi esterifikasi yaitu untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas dari minyak dan mengubahnya menjadi metil ester. Tahap berikutnya adalah reaksi transesterifikasi yaitu mengubah trigliserida dalam minyak menjadi metil ester (biodisel)

C. Pembuatan Biodisel dengan Proses 2 Tahap

Parameter keberhasilan proses 2 tahap yaitu apabila asam lemak bebas dan trigliserida yang ada di dalam minyak jarak pagar semaksimal mungkin dapat diubah menjadi metil ester seperti diindikasikan dengan bilangan asam dan kekentalan yang rendah. Parameter pengamatan yang diamati adalah : bilangan penyabunan, bilangan asam, bilangan ester, kerapatan dan kekentalan.

1. Bilangan penyabunan

Bilangan penyabunan menunjukkan variasi yaitu berkisar 206,1 – 209,7. Hasil analisis keragaman menunjukkan, bahwa peningkatan konsentrasi metanol (30 – 80%) tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan penyabunan (Tabel 4).

Hal ini sangat mungkin terjadi karena pada penetapan bilangan penyabunan reaksi tidak hanya terjadi antara KOH dan metil ester, tetapi juga terjadi reaksi antara KOH dan asam lemak (dari sisa trigliserida) dengan asam lemak bebas (yang tidak bereaksi menjadi metil ester), sehingga peningkatan konsentrasi metanol tidak berpengaruh terhadap bilangan penyabunan.

2. Bilangan asam

Bilangan asam bervariasi antara 0,63 – 0,95. Analisis keragaman menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi metanol berpengaruh nyata secara linier dan kuadratik terhadap bilangan asam. Selanjutnya uji BNJ menunjukkan, bahwa peningkatan konsentrasi metanol cenderung menurunkan bilangan asam (Tabel 4).

Pengaruh konsentrasi metanol terhadap bilangan asam dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan regresi kuadratik yang disajikan pada [Gambar 3](#). Regresi tersebut juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi metanol cenderung menurunkan bilangan asam.

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa peningkatan konsentrasi metanol dari 30% sampai 60% dapat menurunkan bilangan asam sampai 0,63, selanjutnya kecenderungan penurunannya menjadi tidak jelas. Nilai bilangan asam tersebut sudah mendekati nilai standar DIN 51606 (Gubitz, 1999).

Hasil uji BNJ (Tabel 4) menunjukkan, bahwa konsentrasi metanol 40% sampai 80% memberikan nilai bilangan asam yang tidak nyata perbedaannya yaitu sekitar 0,63 - 0,66

atau dengan nilai tengah 0,65. Sehubungan dengan itu, konsentrasi metanol sebesar 40% (v/v) adalah merupakan konsentrasi terendah yang mampu memberikan nilai bilangan asam terendah. Ditinjau dari aspek segi efisiensi proses, penambahan metanol sebesar 40% (v/v) adalah yang paling efisien dalam penelitian ini.

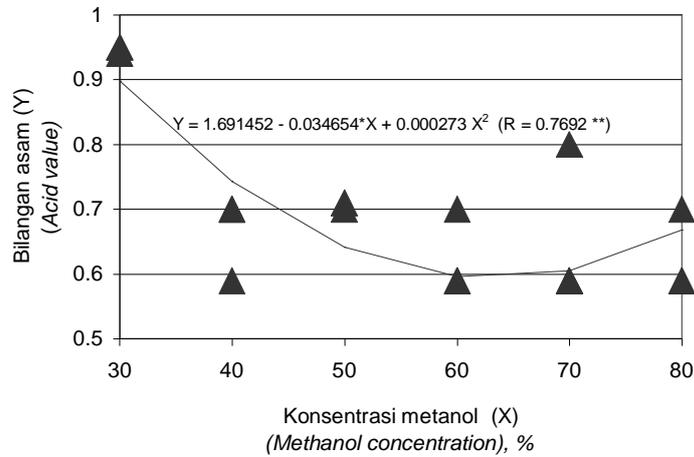
Bilangan asam menunjukkan banyaknya kandungan asam lemak bebas yang ada di dalam biodisel. Selain itu, bilangan asam merupakan salah satu parameter uji kualitas dari biodisel. Menurut standar dari ASTM (Anonim, 1995) bilangan asam maksimum yang diperbolehkan untuk biodisel adalah 0,8. Apabila standar ASTM tersebut dibandingkan dengan bilangan asam biodisel pada konsentrasi metanol 40% (v/v) yaitu 0,66, maka nilai tersebut lebih rendah dari standar ASTM. Ini berarti biodisel hasil penelitian ini telah memenuhi standar ASTM.

Tabel 4. Analisis sidik ragam dan nilai parameter pengamatan hasil proses 2 tahap (estrans) dengan variasi konsentrasi metanol

Table 4. ANOVA and parametric observation values of two-stage processes (estrans) results with methanol concentration variations

ANOVA dan konsentrasi metanol (Anova and methanol conc.)	Bilangan penyabunan (Saponification value)	Bilangan asam (Acid value)	Bilangan ester (Ester value)	Kerapatan (Density) g/ml	Kekentalan (Viscosity) cSt
<u>ANOVA</u>					
1. F-hitung (F- calc.)	0,80 ns	6,32 **	0,89 ns	1,23 **	20,15 **
2. Peluang (Probability)	0,5632	0,040	0,5185	0,0055	0,0001
<u>Kons. metanol *</u> (Methanol conc.)					
30	207,2	0,95 a	206,2	0,86 c	16,5 a
40	207,1	0,66 b	206,3	0,87 abc	11,8 b
50	208,6	0,63 b	207,9	0,88 a	10,9 b
60	209,7	0,63 b	209,1	0,87 abc	11,5 b
70	206,9	0,66 b	206,3	0,87 b	10,6 b
80	206,1	0,63 b	205,5	0,86 c	10,5 b

Keterangan (Remarks) : * = Konsentrasi metanol total dari proses tahap 1 dan 2 (Total methanol concentration of 1 and 2 stage process), ** = Berbeda sangat nyata (Highly significant), ns = Tidak nyata (Non significant)



Gambar 3 : Hubungan antara konsentrasi metanol dengan bilangan asam
 Figure 3 : Relationship between methanol concentration and acid value

3. Bilangan ester teoritis

Bilangan ester teoritis menunjukkan variasi antara 205,5 – 209,1 (Tabel 4). Hasil analisis keragaman menunjukkan, bahwa perubahan konsentrasi metanol sebesar 30 – 80% (v/v) tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan ester teoritis. Hal tersebut disebabkan karena bilangan ester teoritis yang merupakan pengurangan bilangan penyabunan dengan bilangan asam tidak menunjukkan konsentrasi senyawa ester yang sebenarnya.

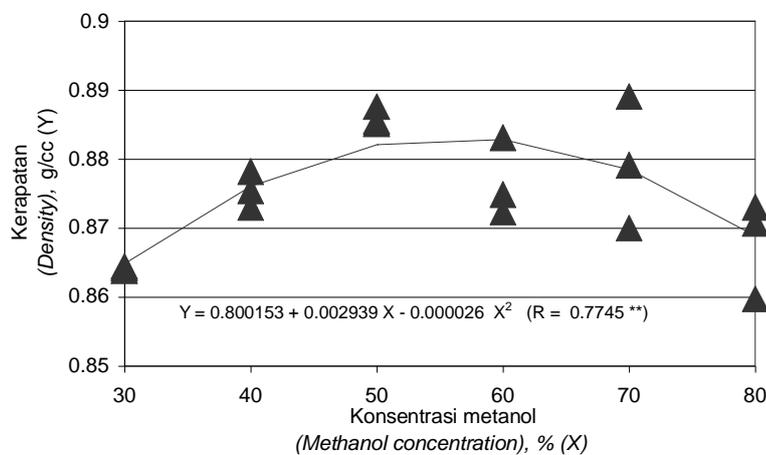
Dengan cara perhitungan, bilangan ester yang diperoleh terkontaminasi oleh nilai asam lemak bebas, sisa mono-, di- dan tri-gliserida. Analisis bilangan ester yang akurat sebenarnya harus dilakukan dengan analisis *gas liquid chromatography* (GLC). Analisa tersebut tidak dilakukan dalam penelitian ini, karena laboratorium gas kromatografi tidak memiliki standar metil ester dari minyak biji jarak.

4. Kerapatan

Kerapatan minyak jarak bervariasi antara 0,86 – 0,88 g/ml. Analisis keragaman menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi metanol berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap kerapatan (Tabel 4). Uji BNJ menunjukkan, bahwa peningkatan konsentrasi

metanol pada awalnya cenderung meningkatkan kerapatan, kemudian menyebabkan penurunan kerapatan.

Pengaruh konsentrasi metanol terhadap kerapatan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan regresi kuadratik negatif seperti disajikan pada [Gambar 4](#). Regresi tersebut menunjukkan, bahwa peningkatan konsentrasi metanol mula-mula cenderung meningkatkan kerapatan dan selanjutnya menyebabkan penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan pembentukan metil ester yang meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi metanol. Bobot jenis metil ester lebih tinggi dari bobot jenis molekul trigliserida atau asam lemak bebas sebelum proses esterifikasi. Meskipun demikian, tidak menutup kemungkinan adanya penyebab lain.

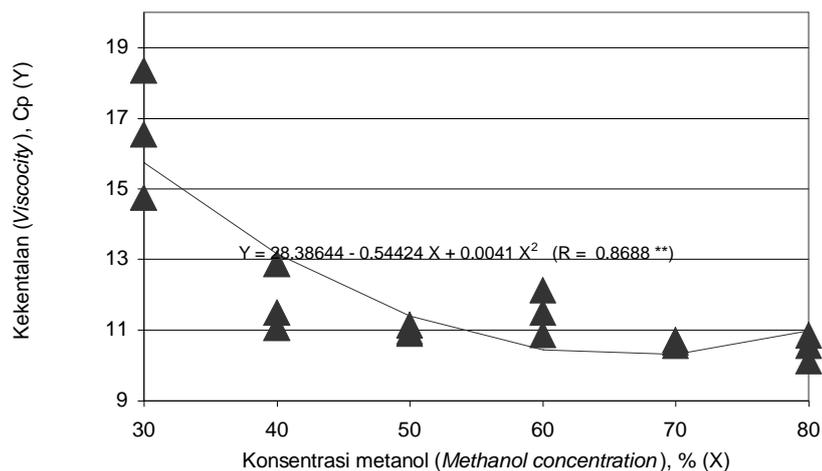


Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi metanol dengan kerapatan
Figure 4. Relationship between methanol concentration with density

5. Kekentalan

Kekentalan biodisel bervariasi antara 10,5 – 16,5 cSt (Tabel 4). Analisa keragaman menunjukkan, bahwa perubahan konsentrasi metanol berpengaruh nyata secara kuadratik terhadap kekentalan. Hasil analisa BNJ menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi metanol cenderung menurunkan kekentalan. Pengaruh kuadratik konsentrasi metanol terhadap kekentalan cenderung menurunkan kekentalan metil ester seperti ditunjukkan dalam bentuk persamaan regresi seperti yang terlihat pada [Gambar 5](#).

Semakin cepat waktu alir suatu cairan, maka kekentalan akan semakin rendah. Kekentalan akan berbanding terbalik dengan waktu alir. Berdasarkan pengolahan data di atas menunjukkan, bahwa kekentalan pada konsentrasi metanol 40% (v/v) (kondisi efisien) lebih baik karena lebih encer dibandingkan dengan biodisel komersial yang berasal dari minyak kelapa sawit. Kekentalan hasil penelitian ini tidak bisa dibandingkan dengan standar ASTM (Anonim, 2002) karena metoda dan alat yang berbeda.



Gambar 5. Hubungan antara konsentrasi metanol dengan kekentalan
 Figure 5. Relationship between methanol concentration and viscosity

IV. KESIMPULAN

1. Proses 2 tahap (estrans) terbukti berhasil mengkonversi asam lemak bebas, tri-, di- dan mono-gliserida yang ada di dalam minyak jarak pagar secara optimal menjadi metil ester dibandingkan dengan proses 1 tahap. Hal tersebut ditandai dengan menurunnya bilangan asam dan kekentalan serta nilainya memenuhi standar biodisel menurut ASTM dan biodisel komersial.
2. Dengan proses 2 tahap dapat dihindarkan terjadinya reaksi penyabunan dari asam lemak bebas yang dikandung minyak biji jarak pagar.
3. Variasi konsentrasi metanol hanya berpengaruh pada bilangan asam, kerapatan dan kekentalan, tetapi tidak berpengaruh terhadap bilangan ester dan penyabunan.

Pengaruhnya terhadap bilangan asam, kerapatan dan kekentalan mengikuti kurva kuadratik negatif.

4. Konsentrasi metanol yang optimum pada proses 2 tahap adalah 40% (v/v) yaitu memberikan hasil bilangan asam 0,66 yang sesuai dengan standar AOAC yaitu 0,8. Kekentalan biodisel yang dihasilkan adalah 11,82 cSt, nilai tersebut lebih kecil dari nilai kekentalan biodisel komersial yaitu 14,33 cSt.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1995. Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist. AOAC Int. Washington.
- _____. 2002. Biodiesel. Online : <http://www.soygold.com/biodiesel.htm>. A.G. Environmental Products L.L.G Kansas. Diakses pada tanggal 3 Mei 2002.
- Gübitz, G.M., M. Mittelbach, and M. Trabi. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Bioresource Technology. Graz University of Technology. Austria.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan berguna Indonesia. Terjemahan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Koperasi Karyawan Departemen Kehutanan. Vol. 3. Jakarta.
- Ketaren, S. 1986. Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan. UI Press. Jakarta.
- Pakpahan, A. 2001. Palm biodiesel : its potency, technology, business prospect, and environmental implications in Indonesia. *Di dalam* : Enhancing Biodiesel Development and Use. Proceedings of the International Biodiesel Workshop. Tiara Convention Center, Medan.
- Samiarso, L. 2001. Indonesian policy on renewable energy development in enhancing biodiesel development and use. Proceedings of the International Biodiesel Workshop. Tiara Convention Center. Medan.
- Soerawidjaja, T. H. 2002. Menjadikan biodisel sebagai bagian dari liquor fuel mix di Indonesia. Materi Presentasi pada Rapat Teknis Penelitian Energi ke 311. Pusat Penelitian Material dan Energi. ITB. Bandung.
- Sudradjat, R. dan D. Setiawan. 2003. Teknologi pembuatan biodisel dari minyak biji jarak pagar. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor. Tidak diterbitkan.