

**PENGARUH KONDISI BIJI, SUHU DAN LAMA PENGEMPAAN TERHADAP  
RENDEMEN DAN SIFAT KIMIA MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha curcas*)**

*(Effect of seed condition, temperature and time of kempaure on the yield and  
chemical characteristics of Jatropha oil (Jatropha curcas))*

Oleh/By:  
Santiyo Wibowo

**ABSTRACT**

*The aim of this research was to study chemical characteristics of Jatropha oil from North Sumatra and the effects of seed treatment, temperature and pressure time. The research was accomplished by using the completely randomized design with factorial patterns. Factors examined in this experiment were seed treatment, at 2 levels (heated and unheated), pressing temperature, at 2 levels (60°C and 80°C), and pressing time, at 2 levels (15 and 30 minutes)*

*Results showed that oil yield obtained was 41.5% - 48.7%, acid number of 2.30 – 3.37 mg KOH/g oil, saponification number of 179.55 – 185.75 mg KOH/g oil, and with iod number of 82.54 – 87.05 g iod/100 g oil. The optimum condition for producing Jatropha oil was achieved by using combination of unheated seed, pressing temperature of 60°C and pressing time of 15 minutes.*

*Keywords: Jatropha curcas L, acid number, saponification number, iod number*

**ABSTRAK**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perlakuan biji, suhu dan lama pengempaan terhadap rendemen dan sifat kimia minyak jarak pagar asal Sumatera Utara yang memberikan hasil optimum. Perlakuan penelitian adalah biji dipanaskan dan tidak dipanaskan (A), suhu pengempaan 60°C dan 80°C (B) dan lama pengempaan 15 dan 30 menit (C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji jarak pagar menghasilkan rendemen antara 41,5% - 48,7%, bilangan asam 2,30 - 3,37 mg KOH/g minyak, bilangan penyabunan 179.55 – 185.75 mg KOH/g minyak dan bilangan iod 82,54 – 87,05 g iod/100 g minyak. Kombinasi perlakuan terbaik untuk mendapatkan minyak jarak pagar adalah perlakuan biji yang tidak dipanaskan, suhu pengempaan 60°C dan lama pengempaan 15 menit.

Kata kunci: *Jatropha curcas* L., bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod

## I. PENDAHULUAN

Meningkatnya perkembangan industri di berbagai bidang termasuk industri otomotif menyebabkan penggunaan energi khususnya bahan bakar minyak semakin meningkat. Akan tetapi tidak demikian dengan ketersediaan cadangan minyak dunia yang semakin menipis jumlahnya. Menurut Sudradjat (2005), pada tahun 2000 produksi bahan bakar minyak jenis solar dalam negeri adalah 15 juta kiloliter, sedangkan kebutuhan domestik adalah 21,5 juta kiloliter sehingga terdapat kekurangan solar di dalam negeri sebesar 6,5 juta kiloliter. Untuk mengantisipasi berkurangnya cadangan minyak bumi, diperlukan adanya energi alternatif yang terbarukan (*renewable*) yang salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel adalah bahan bakar cair untuk mesin diesel yang berasal dari minyak nabati atau hewani dan sifatnya terbarukan (Soerawidjaja, 2001).

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak untuk bahan baku biodiesel yang saat ini sedang marak dikembangkan di Indonesia. Minyak jarak diperoleh dengan cara ekstraksi biji jarak. Menurut Ketaren (1986), untuk memperoleh minyak atau lemak dari bahan yang mengandung minyak dapat dilakukan dengan cara ; *rendering* yaitu bahan dipanaskan menggunakan uap air atau tanpa air (digongseng atau oven) yang bertujuan menggumpalkan protein, menurunkan kadar air, memecahkan sel minyak, sehingga diharapkan dapat meningkatkan rendemen minyak, ekstraksi menggunakan pelarut seperti heksana atau alkohol, dan ekstraksi mekanis dengan menggunakan alat pengempa. Wibowo (2004), telah menganalisa sifat minyak jarak pagar dengan menggunakan pengempaan panas pada suhu 100°C dan 120°C dengan waktu pengempaan 5 dan 10 menit diperoleh 28,8 – 30,6%, bilangan asam 6,9 – 7,3 mg

KOH/gr minyak, bilangan penyabunan 198 – 200 mg KOH/gr minyak dan bilangan iod 62,8 – 63,5 gr Iod/100 gr minyak. Tetapi terdapat kecenderungan terbentuknya kerak (*gosong*) pada biji jarak yang dikempa menggunakan suhu 100°C dan 120°C yang menghambat keluarnya minyak sehingga mengurangi rendemen dan mutu minyak.

Kendala teknis tersebut menunjukkan perlunya penyempurnaan metode produksi minyak jarak pagar. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa penyempurnaan langkah produksi untuk mendapatkan kondisi pengolahan yang optimal.

## **II. BAHAN DAN METODE**

### **A. Bahan**

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji jarak pagar yang diperoleh dari Kecamatan Tiga Binanga, Tanah Karo Sumatera Utara. Biji yang diambil adalah biji yang sudah masak (kulit buah berwarna kuning). Kegiatan penelitian ekstraksi biji dilaksanakan di laboratorium Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli di Sumatera Utara dan kegiatan analisa kimia minyak dilaksanakan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan. Bahan kimia yang digunakan adalah metanol, NaOH, KOH, HCL, kloroform, pereaksi Hanus, KI, natrium tiosulfat 0,1 N iodin bromida, indikator fenolptalein, air suling, dan alkohol netral 95%. Alat yang digunakan antara lain; alat pengupas biji jarak, alat kempa, oven, timbangan, gelas ukur, labu erlenmeyer, buret, dan blender.

### **B. Metode**

Tahap pertama dari kegiatan penelitian adalah ekstraksi minyak jarak pagar yang diperoleh dengan cara; biji jarak pagar dikupas dengan alat pengupas biji dan

dikeluarkan daging bijinya, kemudian daging biji digiling sampai halus. Daging biji yang sudah dihaluskan kemudian ditimbang sebanyak 500 gram untuk setiap perlakuan. Kemudian dikempa menggunakan alat kempa hidrolis manual berkekuatan 20 ton yang dilengkapi alat pemanas pada landasan tekan dengan pengatur suhu 0°C - 120°C. Tahap kedua adalah analisa kimia minyak yang meliputi bilangan asam, bilangan iod dan bilangan penyabunan dengan menggunakan metode AOAC (1995).

### **C. Rancangan Penelitian dan Analisa Data**

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap faktorial yang terdiri dari tiga faktor perlakuan, yaitu perlakuan kondisi awal biji (A) terdiri dari 2 taraf; biji tidak dipanaskan (A1) dan biji dimasak/dipanaskan dalam oven (50°C) selama 1 jam (A2), perlakuan suhu pengempaan (B) terdiri dari 2 taraf; suhu 60°C (B1), 80°C (B2), dan perlakuan lama pengempaan (C) terdiri dari 2 taraf, yaitu 15 menit (C1) dan 20 menit (C2) dengan dua kali ulangan.

Nilai rendemen pengempaan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen minyak (\%)} = \frac{\text{berat minyak yang dihasilkan (gram)}}{\text{berat bahan (gram)}} \times 100 \%$$

Analisa data terhadap nilai rendemen, bilangan asam, bilangan iod dan bilangan penyabunan dilakukan dengan menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) apabila terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan (Steel and Torie, 1993).

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Rendemen**

Hasil analisis keragaman pada lampiran 1 menunjukkan bahwa perlakuan lama pengempaan berpengaruh nyata ( $p < 0.05$ ) terhadap nilai rendemen minyak, dan perlakuan suhu berpengaruh sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap nilai rendemen minyak. Sedangkan kondisi biji, interaksi antara kondisi biji dengan suhu, interaksi kondisi biji dengan lama pengempaan, interaksi suhu dengan lama kempa, serta interaksi kondisi biji, suhu dan lama kempa, tidak berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen minyak.

Hasil uji Duncan terhadap pengaruh suhu menunjukkan bahwa penggunaan suhu  $80^{\circ}\text{C}$  menghasilkan rendemen minyak yang lebih tinggi dari pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$ . Rendemen yang dihasilkan dengan lama kempa 20 menit tidak berbeda nyata dengan lama kempa 15 menit. Oleh karena itu, lama pengempaan 15 menit dapat dipilih sebagai waktu optimum.

Meningkatnya rendemen kemungkinan disebabkan pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  viskositas minyak menjadi lebih rendah (encer) sehingga minyak menjadi lebih mudah keluar dari dalam bahan. Menurut Ketaren (1986), adanya perlakuan panas pada biji menyebabkan protein yang terdapat di dalam biji terkoagulasi (menggumpal), dan menyebabkan pecahnya emulsi antara minyak dan protein sehingga memudahkan minyak mengalir keluar, sedangkan protein tetap tertinggal di dalam bungkil. Selain itu banyaknya minyak atau lemak yang dapat diekstraksi tergantung dari lamanya pengempaan, tekanan yang diberikan dan kandungan minyak dalam bahan asal.

Rendemen yang diperoleh berkisar antara 41,5% sampai 48,7% dengan rata-rata 46,0%. Rendemen tertinggi sebesar 48,7% diperoleh dari biji dipanaskan sebelum dikempa, suhu pengempaan  $80^{\circ}\text{C}$ , lama kempa 20 menit ( $A_2B_2C_2$ ). Sedangkan

rendemen terendah sebesar 41,5% diperoleh dari kombinasi perlakuan biji tidak dipanaskan, suhu pengempaan 60°C dan lama pengempaan 15 menit (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>). Tingginya rendemen minyak hasil penelitian ini, diduga disebabkan sampel biji jarak yang digunakan adalah biji yang sudah masak pohon (tua) yaitu buah jarak sudah berwarna kuning atau kuning kecoklatan. Selain itu penggunaan sampel pada setiap perlakuan hanya 500 gram, lebih kecil dari kapasitas penuh alat kempa sebesar 3,5 kg, sehingga permukaan tekan antara alat kempa dengan bahan menjadi lebih besar.

## **B. Bilangan Asam**

Hasil analisis keragaman pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa perlakuan kondisi awal biji, suhu, lama pengempaan, serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap bilangan asam.

Bilangan asam terendah adalah 2,30 mg KOH/g minyak atau setara dengan kadar asam lemak bebas sebesar 1,27% yang diperoleh dari kondisi awal biji tidak dipanaskan, pengempaan suhu 60°C selama 15 menit. Sedangkan bilangan asam tertinggi adalah 3,37 mg KOH/g minyak atau asam lemak bebas sebesar 1,69% diperoleh dari kondisi awal biji yang dipanaskan, pengempaan dengan suhu 80° C dan lama pengempaan 20 menit. Berdasarkan pertimbangan semakin rendah bilangan asam minyak, mutu akan semakin baik (Yustina, dkk., 1999) serta proses yang lebih efektif dan ekonomis, maka perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> yaitu biji tidak dipanaskan, suhu pengempaan 60°C dan lama kempa 15 menit dapat digunakan dalam proses produksi minyak jarak pagar.

Nilai bilangan asam dapat digunakan untuk menentukan kualitas minyak, semakin tinggi bilangan asam yang dikandung dalam minyak, maka semakin tinggi tingkat kerusakan minyak (Ketaren, 1986). Selain itu menurut Ambarita (2002),

kandungan asam lemak bebas yang tinggi (lebih dari 6%) dapat menyebabkan terjadinya penyabunan dan menyulitkan proses pencucian biodiesel, sehingga dapat mempengaruhi rendemen biodiesel yang dihasilkan.

Nilai bilangan asam juga berperan dalam proses transesterifikasi minyak jarak menjadi metil ester atau biodiesel. Transesterifikasi dapat dilakukan dengan satu atau dua tahap proses, tergantung pada mutu awal minyak/lemak. Minyak/lemak dengan kandungan asam lemak bebas (ALB) lebih dari 5% dapat ditransmetilasi dengan menggunakan katalis asam untuk mengkonversi asam lemak bebas (ALB) menjadi ester (proses esterifikasi). Minyak/lemak netral tersebut kemudian ditransesterifikasi lebih lanjut dengan menggunakan katalis basa (NaOH). Jika minyak/lemak mempunyai kandungan ALB rendah (dibawah 5%), transesterifikasi dapat dilakukan dalam satu tahap (Gervasio, 1996 *dalam* Ambarita, 2002). Merujuk pada pendapat Gervasio (1960) *dalam* Ambarita (2002) tersebut di atas, maka minyak jarak hasil penelitian ini memenuhi syarat untuk transesterifikasi dalam satu tahap, karena memiliki ALB kurang dari 5% yaitu antara 1,152% - 1,692%.

Namun demikian menurut Freedman *et al.* (1984), yang menyebutkan bahwa kandungan asam lemak bebas  $>0,5\%$  (bilangan asam 1,0 mg KOH/g minyak) dapat menurunkan rendemen transesterifikasi. Sehingga perlu diadakan perlakuan pendahuluan berupa penetralan atau penghilangan asam lemak (*deacidifikasi*) dengan penguapan, saponifikasi atau esterifikasi asam dengan katalis padat. Oleh sebab itu, untuk memperoleh biodiesel dari minyak jarak pagar dengan ALB  $> 0,5\%$ , harus melalui dua tahap proses, yaitu esterifikasi asam kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Dalam hal ini perlu adanya kajian lebih mendalam tentang keberhasilan proses transesterifikasi satu tahap terhadap minyak jarak pagar.

### C. Bilangan Iod

Hasil analisis keragaman bilangan iod (Lampiran 1) menunjukkan bahwa faktor kondisi awal biji, suhu dan lama pengempaan serta interaksi diantaranya memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0.01$ ) terhadap nilai bilangan iod.

Bilangan iod cenderung menurun seiring perlakuan pemanasan biji, bertambahnya suhu dan lama pengempaan (Lampiran 2). Penurunan bilangan iod dapat disebabkan oleh terjadinya reaksi kimia pada komponen minyak di dalam biji akibat adanya pemanasan. Suhu tinggi dapat mengakibatkan terjadinya reaksi oksidasi pada ikatan rangkap asam lemak tidak jenuh, sehingga menyebabkan ketidakjenuhan minyak berkurang. Minyak yang memiliki asam lemak tidak jenuh yang rendah atau berkurang maka penyerapan iod akan berkurang (bilangan iod rendah). Menurut Ketaren (1986), kecepatan oksidasi lemak yang dibiarkan di udara terbuka akan bertambah dengan kenaikan suhu. Dengan demikian semakin lama pengempaan maka semakin banyak minyak teroksidasi yang menyebabkan penurunan bilangan iod.

Menurut Ketaren (1986), bilangan iod dapat digunakan untuk menggolongkan minyak sebagai minyak mengering (*drying oil*) dan bukan mengering. Minyak yang mempunyai bilangan iod lebih dari 130 digolongkan sebagai minyak mengering yaitu minyak yang dapat mengering jika teroksidasi dan akan berubah menjadi lapisan tebal, kental dan membentuk selaput jika dibiarkan di udara terbuka. Bilangan iod 100 - 130 bersifat setengah mengering yaitu minyak yang mempunyai daya mengering lebih lambat, dan apabila bilangan iod kurang dari 100 maka minyak bersifat tidak mengering.

Selain itu, nilai bilangan iod yang tinggi menunjukkan bahwa minyak tersebut mempunyai kualitas yang baik dan tingkat kerusakannya rendah (Ketaren, 1986).



Bilangan iod minyak jarak pagar yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 82,54 sampai 87,05 iod/100 g minyak. Hal ini menunjukkan bahwa minyak jarak pagar termasuk dalam minyak tidak mengering, sehingga baik digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

#### D. Bilangan Penyabunan

Hasil sidik ragam (Lampiran 1) menunjukkan bahwa perlakuan kondisi biji, suhu, lama pengempaan dan interaksi antara kondisi biji dengan suhu, interaksi kondisi biji dengan lama pengempaan serta interaksi suhu dengan lama pengempaan memberikan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap bilangan penyabunan. Sedangkan interaksi antara kondisi awal biji, suhu dan lama pengempaan tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan penyabunan.

**Tabel 1. Rata-rata bilangan penyabunan minyak jarak pada berbagai perlakuan.**  
*Table 1. Means of saponification number of jatropha oil on several treatments*

| Perlakuan<br>(Treatment)     |                | Bilangan<br>Penyabunan<br>(Saponification<br>number) | Perlakuan<br>(Treatment) |                | Bilangan<br>Penyabunan<br>(Saponification<br>number) | Perlakuan<br>(Treatment) |                | Bilangan<br>Penyabunan<br>(Saponification<br>number) |
|------------------------------|----------------|--|--------------------------|----------------|--|--------------------------|----------------|--|
| A <sub>1</sub> <sup>1)</sup> | B <sub>1</sub> | 180,17 ( $\pm 0,72$ ) <sup>2)</sup> d <sup>3)</sup>  | A <sub>1</sub>           | C <sub>1</sub> | 180,4 ( $\pm 1,02$ ) d                               | B <sub>1</sub>           | C <sub>1</sub> | 180,48 ( $\pm 1,09$ ) d                              |
|                              | B <sub>2</sub> | 182,51 ( $\pm 1,44$ ) b                              |                          | C <sub>2</sub> | 182,27 ( $\pm 1,71$ ) c                              |                          | C <sub>2</sub> | 181,57 ( $\pm 0,90$ ) c                              |
| A <sub>2</sub>               | B <sub>1</sub> | 181,91 ( $\pm 0,51$ ) c                              | A <sub>2</sub>           | C <sub>1</sub> | 182,73 ( $\pm 1,45$ ) b                              | B <sub>2</sub>           | C <sub>1</sub> | 182,63 ( $\pm 1,57$ ) b                              |
|                              | B <sub>2</sub> | 184,87 ( $\pm 1,02$ ) a                              |                          | C <sub>2</sub> | 184,05 ( $\pm 1,96$ ) a                              |                          | C <sub>2</sub> | 184,75 ( $\pm 1,16$ ) a                              |

Keterangan (Remarks):

- 1) A<sub>1</sub> = kondisi biji tidak dipanaskan (*unheated seed*)  
A<sub>2</sub> = kondisi biji dipanaskan (*heated seed*)  
B<sub>1</sub> = suhu pengempaan (*pressing temperature 60°C*)  
B<sub>2</sub> = suhu pengempaan (*pressing temperature 80°C*)  
C<sub>1</sub> = lama pengempaan (*pressing time 15 minutes*)  
C<sub>2</sub> = lama pengempaan (*pressing time 20 minutes*)
- 2) Standar deviasi (*deviation standard*)
- 3) Angka-angka pada setiap kolom yang diikuti huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada taraf 1% (*Numbers on column followed by the same letters are not significant at 1% level*)

Bilangan penyabunan terendah dihasilkan pada interaksi antara kondisi biji tidak dipanaskan ( $A_1$ ) dengan suhu pengempaan  $60^\circ\text{C}$  ( $B_1$ ), interaksi antara kondisi biji tidak dipanaskan ( $A_1$ ) dengan lama pengempaan 15 menit ( $C_1$ ), dan interaksi antara suhu  $60^\circ\text{C}$  dengan lama pengempaan 15 menit (Tabel 1). Kondisi biji yang dipanaskan menghasilkan bilangan penyabunan yang lebih tinggi dari pada biji yang tidak dipanaskan. Demikian juga dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  dan lama pengempaan 20 menit, menghasilkan bilangan penyabunan yang lebih tinggi dari pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan lama pengempaan 15 menit.

Peningkatan bilangan penyabunan disebabkan oleh adanya pemanasan biji sebelum kempa, peningkatan suhu  $60^\circ\text{C}$  ke  $80^\circ\text{C}$  dan lama pengempaan dari 15 menit ke 20 menit, telah menyebabkan terjadinya pemutusan rantai karbon pada minyak yang mengakibatkan berkurangnya bobot molekul minyak jarak pagar, sehingga bilangan penyabunan meningkat. Sebagaimana dinyatakan oleh Jacob (1968) dalam Yusnita *et al.* (1999) bahwa bilangan penyabunan mempunyai hubungan yang erat dengan bobot molekul minyak. Minyak yang mempunyai bobot molekul rendah akan mempunyai bilangan penyabunan yang tinggi dari pada minyak yang mempunyai bobot molekul tinggi.

Bilangan penyabunan yang tinggi dapat digunakan sebagai indikator kerusakan minyak (Jacob, 1958 dalam Yusnita, *et al.*, 1999). Dari hasil penelitian diperoleh nilai bilangan penyabunan tertinggi sebesar 185,75 diperoleh dari kombinasi perlakuan  $A_2B_2C_2$  dan nilai terendah sebesar 179,55 diperoleh dari kombinasi perlakuan  $A_1B_1C_1$ .

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan parameter rendemen, bilangan asam, bilangan penyabunan dan bilangan iod, maka perlakuan yang optimal, efektif dan efisien dalam memproduksi minyak jarak pagar adalah perlakuan biji yang tidak dipanaskan, suhu pengempaan 60°C dan lama pengempaan 15 menit. Dengan karakteristik kimia tersebut, kualitas minyak jarak pagar yang diperoleh dapat digolongkan bermutu baik sebagai bahan baku biodiesel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1995. Official Method of Analysis. Association of Analytical Chemistry. Washington DC.
- Ambarita, M.T.D. 2002. Transesterifikasi minyak goreng bekas untuk produksi metil ester. Tesis. Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Freedman B., EH. Pryde, TL. Mounts. 1984. Variable affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils. J Am Oil Chem Soc 61:1638-1643.
- Iskandar, W. 2004. Optimalisasi penambahan metanol pada minyak jarak pagar untuk sintesis biodiesel. Laporan Praktik Kerja Lapang. Diploma Tiga. Akademi Kimia Analis. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Jaya, I. 2005. Optimasi sintesis biodiesel dari minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) melalui proses esterifikasi-transesterifikasi. Skripsi. FMIPA. IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Kempas. Jakarta.
- Steel, R.G.D, and J.H. Torrie. 1993. Principles and Prosedure of Statistik. Mc. Graw-Hill Book Co., Inc. New York.
- Sudradjat, R., Hendra, W. Iskandar, D. Setiawan. Teknologi pembuatan biodiesel dari minyak biji jarak pagar. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol. 23 (1):53-68.
- Wibowo, S 2004. Teknologi konservasi tanah dan air pada lahan kritis dan poembuatan biodiesel dari tanaman jarak pagar. Laporan Hasil Penelitian. BP2KS. Aek Nauli. Tidak diterbitkan.
- Yusnita, E., B. Wiyono, D. Setiawan. 1999. Pengaruh suhu dan lama pemasakan biji kemiri terhadap sifat minyaknya. Buletin Penelitian Hasil Hutan Vol.17 (2) : 101 – 112.

Lampiran 1. Analisis keragaman sifat fisiko-kimia minyak jarak pagar  
*Appendix 1. Analysis of variances on the physico-chemical properties of jatropha oil*

| Sumber Kergaman<br>(source of variance)  | Df | F-hitung (F-calculated) |                                |  |                              | F-table |       |
|--|----|-------------------------|--------------------------------|--|------------------------------|---------|-------|
|  |    | Rendemen<br>(yield)     | Bilangan asam<br>(acid number) | Bilangan penyabunan<br>(saponification number) | Bilangan iod<br>(iod number) | 0,05    | 0,01  |
| Total                                    | 15 |                         |                                |  |                              |         |       |
| Kondisi biji<br>(seed condition) (A)     | 1  | 2,168 <sup>tn</sup>     | 332,519**                      | 986,530**                                      | 125,585**                    | 5,32    | 11,26 |
| Suhu kempa<br>(pressing temperature) (B) | 1  | 28,547**                | 486,00**                       | 1652,090**                                     | 190,853**                    | 5,32    | 11,26 |
| Lama kempa<br>(pressing time) (C)        | 1  | 8,427*                  | 48,167**                       | 595,126**                                      | 44,512**                     | 5,32    | 11,26 |
| Interaksi (interaction) A*B              | 1  | 0,087 <sup>tn</sup>     | 32,667**                       | 21,685**                                       | 22,140**                     | 5,32    | 11,26 |
| A*C                                      | 1  | 2,168 <sup>tn</sup>     | 6,686*                         | 16,661**                                       | 37,823**                     | 5,32    | 11,26 |
| B*C                                      | 1  | 1,701 <sup>tn</sup>     | 262,241**                      | 66,333**                                       | 23,676**                     | 5,32    | 11,26 |
| A*B*C                                    | 1  | 0,002 <sup>tn</sup>     | 115,574**                      | 1,748 <sup>tn</sup>                            | 19,932**                     | 5,32    | 11,26 |

Keterangan (Remarks) : \* Nyata pada taraf 5 % (significant at 5 % level)  
 \*\* Sangat nyata pada taraf 1 % (significant at 1 % level)  
 tn tidak nyata (not significant)

Lampiran 2. Sifat fisiko kimia minyak jarak pagar dari beberapa kombinasi perlakuan<sup>1)</sup>  
*Appendix 2. Physico-chemical properties of jatropha oil resulting from several treatment combinations<sup>1)</sup>*

| Kombinasi perlakuan<br>(Treatment combination)             | Rendemen<br>(Yield) | Bilangan Asam & asam lemak bebas<br>(acid number & free fatty acid) | Bilangan Penyabunan<br>(Saponification number) | Bilangan Iod<br>(Iod number) |
|--|---------------------|---|--|------------------------------|
| d <sup>2)</sup>  |                     |   |  |                              |
| A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> <sup>3)</sup> | 41,50               | 2,30 (1,15%) e  | 179,55   | 87,05 a                      |
| A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>               | 45,75               | 2,38 (1,19%) e  | 180,79   | 84,29 b                      |
| A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>               | 46,25               | 2,51 (1,26%) d  | 181,28   | 83,38 d                      |
| A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>               | 48,50               | 2,78 (1,39%) bc   | 183,75   | 83,15 e                      |
| A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>               | 43,50               | 2,78 (1,40%) b  | 181,47   | 83,75 b                      |
| A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>               | 45,50               | 2,37 (1,19%) e  | 182,35   | 83,63 bc                     |
| A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>               | 48,63               | 2,79 (1,40%) b  | 183,98   | 82,56 e                      |
| A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>               | 48,75               | 3,37 (1,69%) a  | 185,75   | 82,54 e                      |

Keterangan (Remarks) :

- 1) Rata-rata dari 2 ulangan (mean value of two replications)
- 2) A<sub>1</sub> = kondisi biji tidak dipanaskan (unheated seed)  
 A<sub>2</sub> = kondisi biji dipanaskan (heated seed)  
 B<sub>1</sub> = suhu pengempaan (pressing temperature 60°C)  
 B<sub>2</sub> = suhu pengempaan (pressing temperature 80°C)  
 C<sub>1</sub> = lama pengempaan (pressing time 15 minutes)  
 C<sub>2</sub> = lama pengempaan (pressing time 20 minutes)
- 3) d = uji Duncan (Duncan Multiple Range Test)
- 4) Nilai rata-rata dengan huruf yang sama tidak saling berbeda nyata (means with the same letter are not significantly different)