PENGUJIAN KINERJA KOMPOR TEKAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR ALTERNATIF MINYAK KAPUK (*Ceiba petandra*)

Performance Test Of Pressurized Stove Using Kapok (Ceiba petandra) Oil As An Alternative Fuel

Bambang Susilo, Bambang Dwi Argo, dan Aulia Rakhmawati

Jurusan Teknik Pertanian-Fakultas Teknologi Pertanian-Universitas Brawijaya

ABSTRACT

The aim of the experiment is to analyze the influence of transesterification and degumming processes to the physical characteristic of kapok oil and to know the combustion performance of pressurized stove using oil result from degumming and transesterification. The performance test of pressurized stove consists of two factors. First factor is pressure (0.7 and 1 bar), the second factor is the kind of fuel; kerosene, degumming and transesterification. The result shows the combustion performance of pressurized stove using oil from transesterification process has the same performance using kerosene, this is evaluated from the physical characteristic of the oil and the combustion performanced. The physical characteristic analyzed were viscosity, density and calorific value, while the parameters of pressurized stove performance that was monitored were burning time, flame quality, nozzle clogging, fuel consumption, burning velocity, burn efficiency and stove energy. The pressure of pressurized stove was significant influence to the fuel consumption, flaming velocity, burn efficiency, and stove energy.

Key words: Kapok oil, degumming, transesterification, pressurized stove

PENDAHULUAN

Pemanfaatan *biofuel* sebagai bahan bakar alternatif substitusi bahan bakar fosil merupakan salah satu upaya pemerintah untuk mengatasi persediaan energi nasional yang semakin menipis. Salah satu sumber dari *biofuel* adalah tanaman kapuk. Minyak yang dihasilkan dari tanaman kapuk sangat potensial untuk dijadikan bahan bakar baik pada motor diesel maupun pada kompor rumah tangga, seperti kompor tekan. Minyak kapuk merupakan hasil dari proses ekstraksi biji kapuk yang mengandung 22-25% minyak. Minyak kapuk berwarna kuning, agak berbau, dan berasa dengan bilangan iodine 85-100, dan bilangan asam hampir 2,3% (Anonymous, 2007a).

Pemanfaatan minyak kapuk sebagai bahan bakar pada kompor tekan menemui beberapa kendala, yaitu viskositas dan kandungan fosfatida yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan proses degumming dan transesterifikasi untuk menurunkan kadar fosfatida dan viskositas minyak kapuk sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Degumming merupakan suatu proses pemisahan getah atau lendir-lendir yang terdiri atas fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak (Ketaren, 1986). Salah satu metode yang digunakan untuk menghidrasi fosfatida dan komponen-komponen pengotor berlendir adalah metode *water degumming*.

Transesterifikasi menggambarkan proses dimana trigliserida bereaksi dengan alkohol dengan kehadiran asam atau basa kuat menghasilkan alkil ester asam lemak dan gliserol. Stoikiometri dari reaksi transesterifikasi membutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol. (Schuchardt *et al*, 1998).

Laju transportasi merupakan jumlah bahan bakar yang terpakai setiap menitnya dan dinyatakan hdalam gram/menit. Laju transportasi dapat diperoleh menggunakan metode *newton gregory forward, newton gregory backward*, dan formula *stirling* (Argo, 2001).

$$\left[\frac{dy}{dx}\right]_{x=0} = \frac{1}{h}\left[\Delta_+ y_0 - \frac{1}{2}\Delta_+^2 y_0 + \frac{1}{3}\Delta_+^3 y_0 - \frac{1}{4}\Delta_+^4 y_0 + \ldots\ldots\right]$$

$$\left[\frac{dy}{dx}\right]_{x=x_n} = \frac{1}{h}\left[\Delta_- y_n + \frac{1}{2}\Delta_-^2 y_n + \frac{1}{3}\Delta_-^3 y_n + \frac{1}{4}\Delta_-^4 y_n + \ldots\ldots\right]$$

$$\left[\frac{dy}{dx}\right]_{x=x_0} = \frac{1}{h}\left[\frac{\Delta_+ y_{-1} + \Delta_+ y_0}{2} - \frac{1}{6}\left(\frac{\Delta_+^3 y_{-2} + \Delta_+^3 y_{-1}}{2}\right) + \frac{1}{30}\left(\frac{\Delta_+^5 y_{-3} + \Delta_+^5 y_{-2}}{2}\right) + \ldots\right]$$

h = interval pengukuran laju; Δy = konsumsi bahan bakar.

Efisiensi pembakaran dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{m_a (T_{a2} - T_{a1}) Cp}{m_f \times E} \times 100\%$$

η = efisiensi pembakaran ; ma = massa air ; Ta1 = suhu air awal ; Ta2 = suhu air akhir ; Cp = panas jenis air ; mf = konsumsi bahan bakar ; E = nilai kalor

Daya kompor dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$P = \frac{mf\ x\ E}{\Delta t}$$

P = daya kompor ; *mf* = konsumsi bahan bakar ; E = nilai kalor ; Δt =¬ waktu

Tujuan dari penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh proses *degumming* dan transesterifikasi terhadap karakteristik fisik minyak yang meliputi viskositas, densitas, dan nilai kalor dan untuk mengetahui pengaruh penggunaan minyak hasil *degumming* dan transes-terifikasi terhadap kinerja pembakaran kompor tekan yang meliputi waktu nyala, penyumbatan pada nozel, kualitas nyala api, konsumsi bahan bakar, laju transportasi bahan bakar, efisiensi pembakaran, dan daya kompor.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Technical Supporting Service Unit (TSSU), Laboratorium daya dan Mesin Pertanian dan Laboratorium Unit Pelumas Pertamina Surabaya.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah minyak kapuk, minyak tanah, aquades, air, metanol, kalium hidroksida, dan asam sulfat.

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: viskometer, hidrometer, reaktor berpengaduk, pengaduk magnet, termokontrol, termokopel, termometer, panci aluminium, dan kompor tekan

Metode Penelitian

Metode penelitian adalah metode eksperimental dengan melakukan analisis terhadap karakteristik fisik minyak dan pengujian terhadap kinerja kompor tekan. Pengujian kinerja kompor tekan terdiri dari dua faktor perlakuan, faktor pertama adalah tekanan kompor tekan (P).

P1 = 0,7 bar

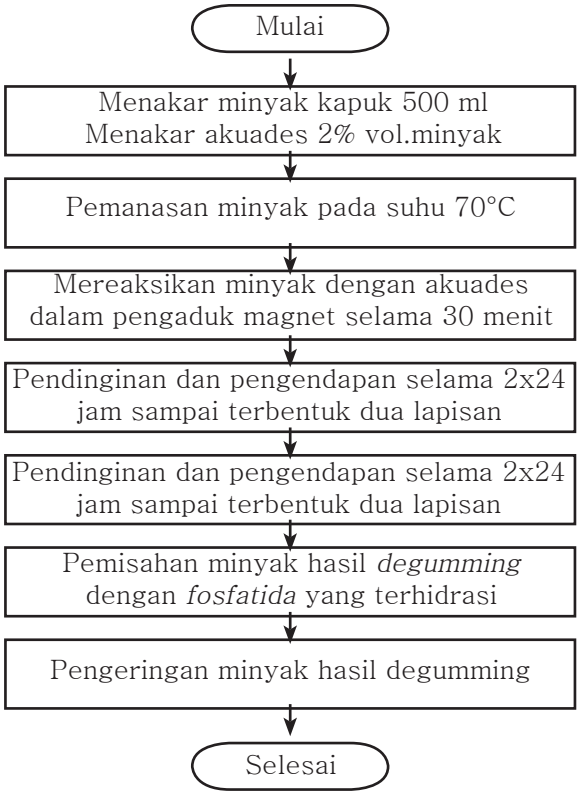
P2 = 1 bar

Faktor kedua adalah Jenis bahan bakar(B).

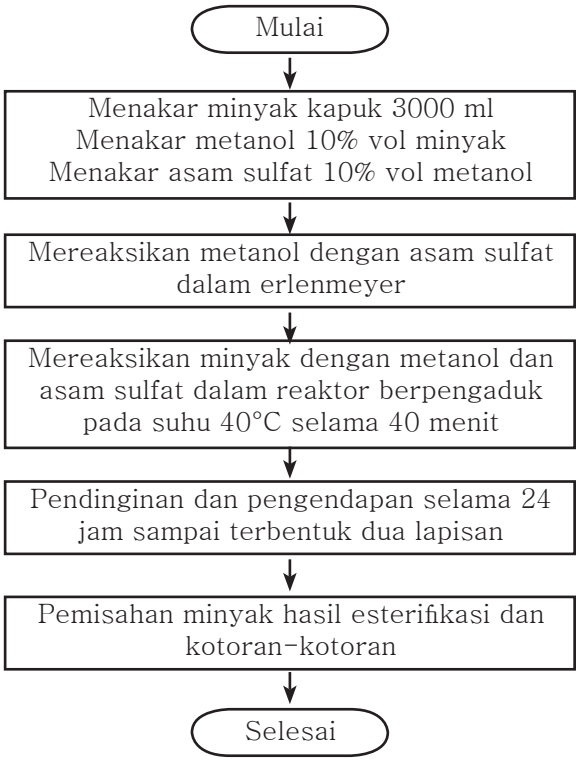
B1= Minyak tanah

B2= Minyak hasil degumming

B3= Minyak hasil transesterifikasi



Gambar 1. Proses *degumming*

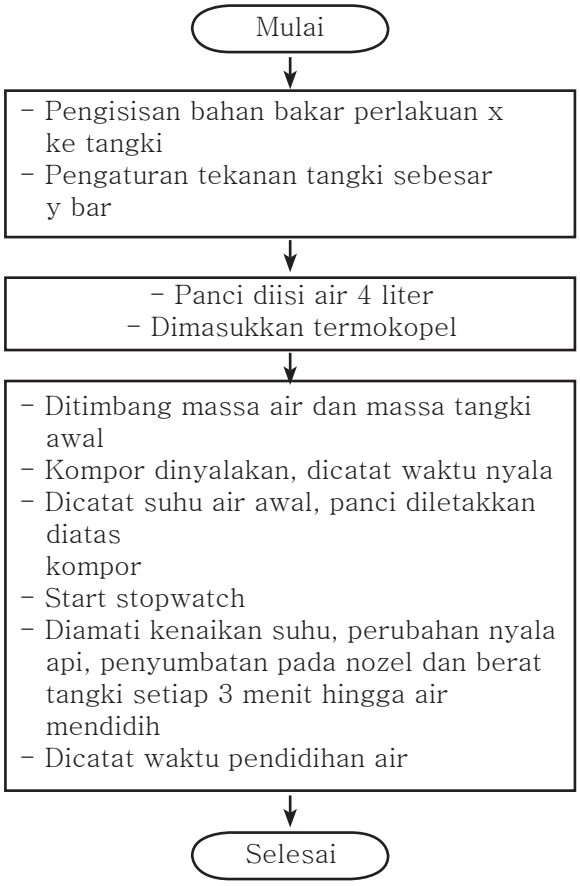


Gambar 2. Proses esterifikasi

Gambar 3. Proses transesterifikasi

Pengujian Kinerja Kompor Tekan

Pengujian kinerja kompor tekan dilakukan menggunakan water boiling method, yaitu kompor tekan digunakan untuk memanaskan air ± 4 liter sampai mendidih.



Gambar 4. Pengujian kinerja kompor tekan

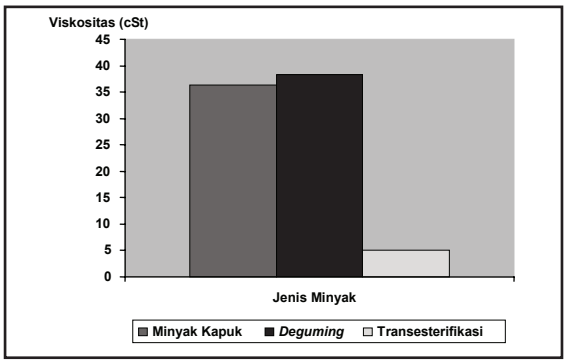
HASIL DAN PEMBAHASAN

Viskositas

Viskositas diartikan sebagai suatu angka yang menyatakan besarnya tahanan geser dari bahan cair. Viskositas merupakan sifat fisik yang berpengaruh terhadap pola atomisasi, penyaluran, dan kinerja pembakaran dari bahan bakar. Pengujian nilai viskositas menggunakan alat Automatic *Viscosity System*'pada suhu 40°C.

Nilai viskositas yang dihasilkan dari proses transesterifikasi sebesar 5,094 cSt telah memenuhi standart biodiesel menurut forum biodiesel Indonesia (FBI), yaitu 2,3-6 cSt dan mendekati nilai viskositas yang ditetapkan untuk penggunaan bahan bakar

pada kompor tekan, yaitu minyak tanah dengan viskositasnya sebesar 1,4-2,2 cSt. Nilai viskositas dari minyak kapuk sebesar 36,333 cSt, dimana minyak kapuk merupakan minyak tanaman dengan viskositas 11-17 kali lebih tinggi daripada bahan bakar diesel (Schuchardt *et al*, 1998), sedangkan viskositas dari minyak hasil *degumming* sebesar 38,323 cSt. Hubungan viskositas dengan jenis minyak ditampilkan pada Gambar 5.



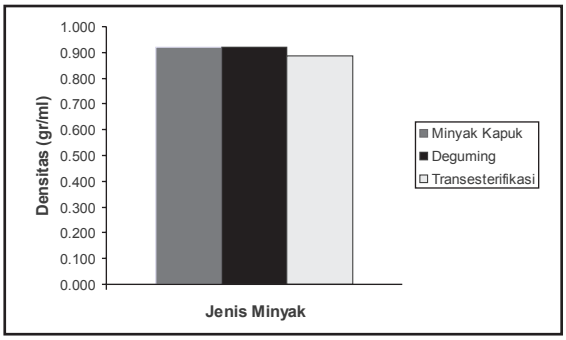
Gambar 5. Hubungan jenis minyak dengan viskositas

Gambar 5 menunjukkan bahwa minyak yang telah melalui proses transes-terifikasi mempunyai nilai viskositas yang paling rendah atau lebih encer dibandingkan dengan minyak jenis lainnya. Hal ini dikarenakan telah terjadi perubahan pada minyak kapuk menjadi metil ester melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida (minyak kapuk) dengan metanol dan bantuan katalis, sehingga akan menurunkan viskositas minyak hingga 5-10%.

Densitas

Densitas adalah massa bahan tiap satuan volume. Hubungan densitas dan jenis minyak ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan nilai densitas dari minyak hasil transesterifikasi sebesar 0,887 g/ml lebih rendah dibandingkan dengan minyak kapuk sebesar 0,921 g/ml dan minyak hasil *degumming* sebesar 0,922 g/ml.

Proses transesterifikasi mengubah trigliserida minyak kapuk menjadi tiga asam lemak sehingga akan menurunkan densitas minyak. Densitas minyak hasil transesterifikasi telah sesuai dengan standar biodiesel menurut FBI yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,85-0,89 g/ml dan mendekati nilai densitas yang ditetapkan untuk bahan bakar kompor tekan, yaitu minyak tanah sebesar 0,78 – 0,83 g/ml.

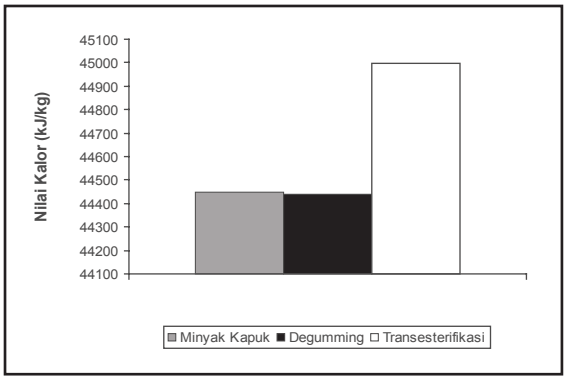


Gambar 6. Hubungan jenis minyak dengan densitas

Nilai Kalor

Nilai kalor didefinisikan sebagai suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran satu satuan massa bahan bakar dengan udara atau oksigen.

Nilai kalor didapatkan dari konversi nilai densitas, sehingga nilai kalor dipengaruhi oleh densitas. Semakin besar densitas minyak maka nilai kalornya akan semakin rendah. Minyak yang diperoleh dari proses transesterifikasi mempunyai nilai kalor tertinggi, yaitu sebesar 44.998,27 kJ/kg, sedangkan minyak kapuk dan minyak hasil *degumming* nilai kalornya berturut-turut sebesar 44.447,01 dan 44.437,82 kJ/kg. Hubungan nilai kalor dengan jenis minyak disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan jenis minyak dengan nilai kalor

Reaksi transesterifikasi mengubah (tri-, di-, mono-) gliserida minyak nabati yang mempunyai berat molekul dan viskositas tinggi menjadi metil ester dan gliserin, sehingga akan memberikan perubahan terhadap sifat fisiko kimia minyak, diantaranya dapat meningkatkan daya pembakarannya.

Adapun minyak hasil *degumming* mempunyai nilai kalor yang tidak berbeda jauh dengan minyak kapuk. Hal ini dikarenakan proses *water degumming* hanya berfungsi untuk mengurangi kadar fosfatida dalam minyak kapuk dari ±246 ppm menjadi ±50-80 ppm.

Waktu Nyala

Waktu nyala didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan bahan bakar untuk dapat terbakar dengan udara. Waktu nyala yang diperlukan oleh minyak *degumming* adalah 17 menit, minyak hasil transesterifikasi sebesar 3-4 menit, sedangkan waktu nyala minyak tanah sebesar 2 menit.

Waktu nyala minyak *degumming* lebih lama dibandingkan dengan minyak tanah dan minyak hasil transesterifikasi. Hal ini dikarenakan viskositas dan densitas yang lebih tinggi serta nilai kalor lebih rendah, sehingga menyebabkan minyak lebih kental dan lebih sulit untuk terbakar.

Nyala Api

Nyala api yang dihasilkan dari proses pembakaran untuk masing-masing jenis minyak adalah berwarna kuning keemasan pada ujung dan biru muda pada inti. Kestabilan pembakaran tercapai setelah menit ke-6 untuk penggunaan bahan bakar minyak transesterifikasi dan menit ke-9 untuk penggunaan minyak *degumming*. Kestabilan baru tercapai pada menit ke-6 dan 9 dikarenakan pembakaran yang sempurna akan terjadi setelah tercapainya temperatur yang cukup untuk pembakaran, turbulensi atau pencampuran oksigen dengan bahan bakar yang baik, dan waktu yang cukup untuk terjadinya kesempurnaan pembakaran.

Penyumbatan Pada Nozel

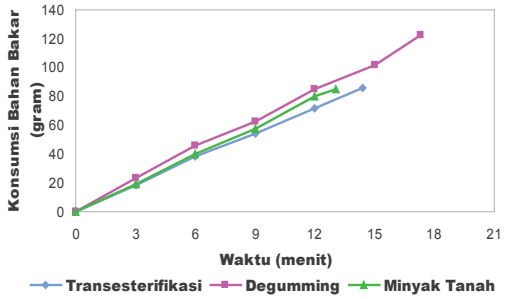
Penyumbatan pada nozel disebabkan karena viskositas minyak yang masih tinggi serta volatilitas minyak yang rendah sehingga mengakibatkan atomisasi yang sulit. Atomisasi yang buruk ini menyulitkan tercapainya kesempurnaan proses pembakaran dengan udara sehingga akan terbentuk endapan karbon pada nozel. Pada awal pembakaran baik pada minyak transesterifikasi maupun pada *degumming* masih terjadi penyumbatan pada nozel. Penyumbatan tersebut terjadi pada menit ke-0 sampai ke-3. pada menit ke-6 dan selanjutnya sudah tidak terjadi lagi penyumbatan.

Konsumsi Bahan Bakar

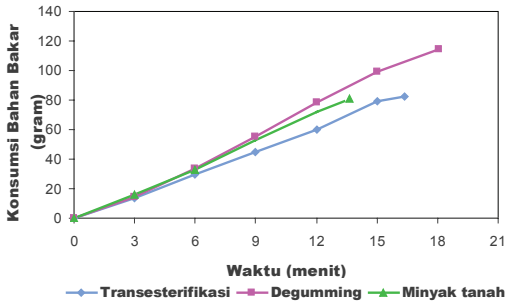
Konsumsi atau pemakaian bahan bakar dilakukan dengan pengukuran jumlah bahan bakar yang terpakai (dalam gram) selama pengujian menggunakan timbangan 16 kg dan dengan mengamati susut massa yang terjadi setiap 3 menit.

Konsumsi bahan bakar terbanyak adalah pada jenis minyak *degumming*, yaitu 122,6 gram pada tekanan kompor 1 bar dan 114,5 gram pada tekanan kompor 0,7 bar. Faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah nilai kalor, dimana nilai kalor dari minyak *degumming* lebih kecil dibandingkan minyak tanah dan transesterifikasi sehingga konsumsi bahan bakarnya semakin besar. Nilai kalor bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan bahan bakar tersebut semakin sedikit pemakaiannya (Anonim, 2007b).

Penggunaan tekanan pada kompor tekan juga menentukan konsumsi bahan bakar. Semakin besar tekanan kompor tekan yang digunakan, maka konsumsi bahan bakar akan semakin besar. Akan tetapi, waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air semakin cepat. Penggunaan tekanan yang besar akan meningkatkan laju pengeluaran bahan bakar dan menghasilkan semprotan bahan bakar yang lebih kuat sehingga mengakibatkan luas daerah semprotan bahan bakar akan semakin luas. Hubungan tekanan dengan konsumsi bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.



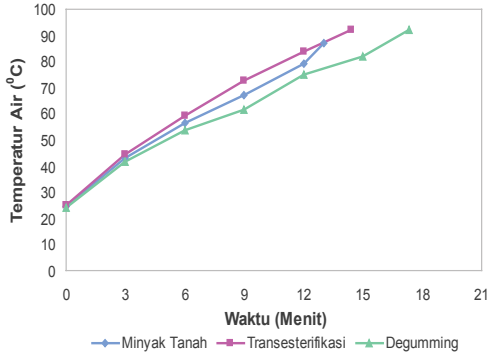
Gambar 8. Hubungan konsumsi bahan bakar dengan waktu pemanasan air pada tekanan kompor 1 bar



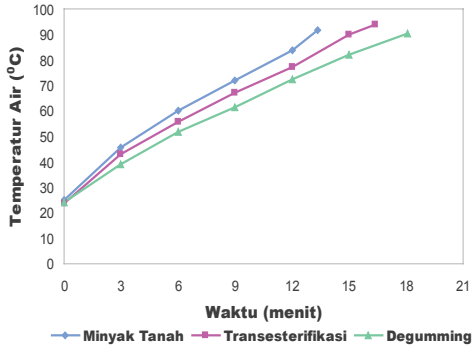
Gambar 9. Hubungan konsumsi bahan bakar dengan waktu pemanasan air pada tekanan kompor 0,7 bar

Hubungan Kenaikan Temperatur Air dengan Waktu Pemanasan

Hubungan kenaikan temperatur air dengan waktu pemanasan untuk masing-masing jenis bahan bakar dan tekanan kompor tekan ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Hubungan kenaikan temperatur air dengan waktu pemanasan tekanan kompor 1 bar



Gambar 11. Hubungan kenaikan tem-peratur air dengan waktu pemanasan tekanan kompor 0,7 bar

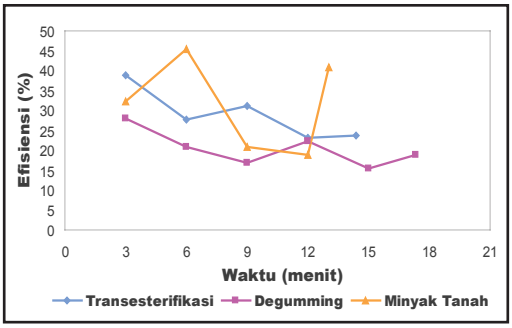
Gambar 10 dan 11 menunjukkan bahwa waktu pemanasan air yang dibutuhkan oleh minyak *degumming* pada tekanan kompor 1 bar yaitu 17,32 menit lebih lama dibandingkan dengan minyak tanah 13,04 menit dan minyak transesterifikasi selama 14,39 menit. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik fisik dari minyak *degumming*, yaitu nilai kalor yang rendah dan viskositas yang tinggi.

Temperatur pendidihan yang dicapai untuk masing-masing perlakuan tidak sama dikarenakan pengujian untuk masing-masing perlakuan tidak dilakukan pada hari yang sama, sehingga dengan kondisi atmosfer (tekanan udara dan suhu lingkungan) yang berbeda maka titik didih airnya pun akan berbeda. Semakin rendah tekanan udara suatu tempat, maka titik didihnya akan rendah dan sebaliknya.

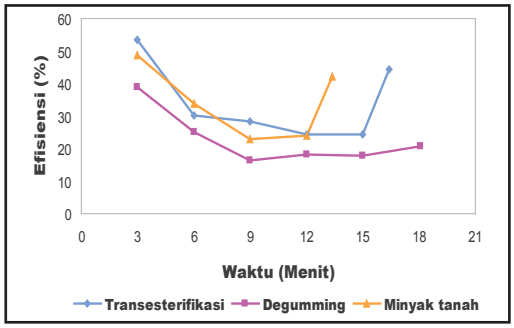
Efisiensi Pembakaran

Efisiensi pembakaran didefinisikan sebagai perbandingan antara konsumsi panas (banyaknya panas yang dibutuhkan untuk mendidihkan air sebanyak ±4 liter) dengan suplai panas (panas yang disediakan oleh bahan bakar untuk mendidihkan air).

Faktor yang mempengaruhi efisiensi pembakaran adalah konsumsi bahan bakar, kenaikan temperatur air, dan nilai kalor. Semakin kecil nilai kalor dari suatu bahan bakar maka efisiensinya akan semakin kecil. Penggunaan tekanan pada kompor tekan juga menentukan efisiensi pembakaran. Semakin besar tekanan kompor tekan yang digunakan maka efisiensinya akan semakin kecil. Hubungan efisiensi pembakaran dengan tekanan kompor tekan ditampilkan pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 12. Efisiensi pembakaran tekan-an kompor 1 bar

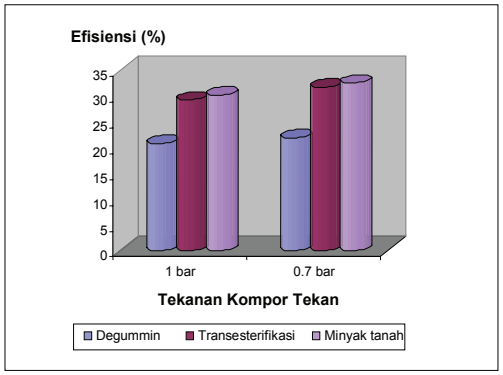


Gambar 13. Efisiensi pembakaran tekan-an kompor 0.7 bar

Efisiensi pembakaran terbesar terjadi pada menit ke-3 (menit awal pembakaran), hal ini menandakan bahwa energi dari bahan bakar lebih banyak terserap untuk memanaskan air dibandingkan dengan menit ke-6, 9, 12, 15. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan temperatur yang terjadi pada menit ke-3 lebih besar jika dibandingkan dengan menit-menit selanjutnya.

Gambar 12 dan 13 menunjukkan efisiensi pembakaran yang semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pemanasan maka pindah panas yang terjadi antara air dengan lingkungan semakin besar. Semakin besar pindah panas yang terjadi, maka efisiensi pembakarannya akan semakin menurun. Efisiensi pembakaran menggunakan minyak hasil transesterifikasi mendekati efisiensi minyak tanah, yaitu 29,181% (tekanan kompor 1 bar) dan 31,640% (tekanan kompor 0.7 bar).

Gambar 14 menunjukkan efisiensi pembakaran terkecil adalah minyak hasil degumming. Hal ini dikarenakan nilai kalor degumming rendah, sehingga berakibat pada konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan minyak tanah dan minyak transesterifikasi. Semakin besar konsumsi bahan bakar, maka nilai efisiensi pembakaran akan semakin kecil.



Gambar 14. Efisiensi pembakaran laju transportasi bahan bakar

Laju transportasi bahan bakar merupakan pembagian antara besar konsumsi bahan bakar dengan waktu yang dinyatakan dalam gram/menit. Kisaran laju transportasi bahan bakar yang dihasilkan ditampilkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Kisaran laju transportasi pem-bakaran tekanan 1 bar

Jenis Minyak	Kisaran Laju Pembakaran (g/menit)
Transesterifikasi	0,966 – 8,714
Degumming	-1,078 – 23,48
Minyak Tanah	-27,020 – 10,917

Tabel 2. Kisaran laju transportasi pem-bakaran tekanan 0.7 bar

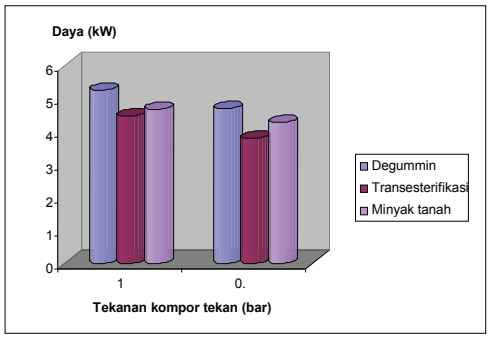
Jenis Minyak	Kisaran Laju Pembakaran (g/menit)
Transesterifikasi	-21,642 – 8,266
Degumming	3,495 – 7,765
Minyak Tanah	-1,827 – 6,872

Nilai laju yang dihasilkan tidak stabil, hal ini disebabkan beberapa faktor, diantaranya bukaan kran pada tangki bahan bakar tidak diatur pada bukaan yang sama, sehingga berpengaruh terhadap laju pengeluran bahan bakar dan kualitas kompor

tekan yang digunakan.

Daya Kompor

Daya dari suatu kompor ditentukan dari besarnya konsumsi bahan bakar, nilai kalor dan lamanya pemanasan yang dibutuhkan dari masing-masing penggunaan bahan bakar. Semakin besar konsumsi bahan bakarnya, maka akan semakin besar pula daya suatu kompor. Semakin besar daya dari suatu kompor, maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk memindahkan minyak menuju ke nozel pembakaran.



Gambar 15. Daya Kompor

Gambar 15 menunjukkan bahwa minyak *degumming* membutuhkan daya yang paling besar dibandingkan dengan minyak tanah dan minyak transesterifikasi yaitu 5,243 kW (tekanan kompor 1 bar) dan 4,688 kW (tekanan kompor 0,7 bar). Penggunaan tekanan pada kompor tekan menentukan besarnya daya kompor yang dibutuhkan. Semakin besar tekanan kompor maka daya kompor yang dibutuhkan akan semakin besar.

KESIMPULAN

Pembakaran menggunakan bahan bakar minyak hasil transesterifikasi mendekati kinerja pembakaran dari minyak tanah, hal ini ditinjau dari segi karakteristik fisik dan kinerja pembakarannya. Karakteristik fisik yang dihasilkan adalah viskositas sebesar 5,094 cSt, densitas sebesar 0,887 g/ml, dan nilai kalor sebesar 44998,27 kJ/kg.

Penggunaan tekanan kompor tekan mempengaruhi kinerja kompor tekan, dimana semakin besar tekanan maka konsumsi bahan bakar semakin besar, efisiensi pembakaran semakin kecil, daya kompor semakin besar akan tetapi waktu pemanasan (waktu didihnya) semakin cepat.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. 2007a. Kapok Seed Oil. http://en.wikipedia.org/wiki/kapokseedoil. Diakses tanggal 05 Juli 2007

_____. 2007b. Pemanfaatan Minyak dari Tumbuhan Untuk Pembuatan Biodiesel. http://www.bappeda.Jogjakarta.go.id. Diakses tanggal 05 Februari 2007.

Argo, B. D. 2001. Metode Numerik. Universitas Brawijaya. Malang

Ketaren, S. 1986. Minyak dan Lemak Pangan. Cetakan pertama. Universitas Indonesia. Jakarta

Schuchardt, U., R. Sercheli., R.M Vargas. 1998. Transesterification of Vegetable Oils: Journal of The Brazilian Chemical Society. Volume 9. No. 1. Brazil