

Komparasi Minyak Jarak Kaliki dengan Minyak Bumi sebagai Bahan Dasar Pelumas

Budiarto, Yanuar, Ade Putra Sianturi

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424
e-mail : mftbd@eng.ui.ac.id

ABSTRAK

Minyak jarak kaliki atau yang dikenal luas sebagai castor oil mempunyai potensi untuk menggantikan minyak bumi atau mineral oil sebagai bahan dasar pelumas, khususnya untuk pelumasan temperatur dan putaran rendah. Untuk hal tersebut perlu dilakukan pembandingan minyak jarak kaliki dengan minyak bumi. Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh bahwa minyak jarak kaliki adalah fluida newtonian, mempunyai ketahanan tegangan geser yang kuat terhadap regangan, mempunyai kestabilan kekentalan dinamik yang baik terhadap perubahan temperatur rendah dan tinggi, mempunyai kandungan Carbon, Sulfur, dan debu yang berada di bawah batas maksimal pelumas dasar, mudah melarutkan aditif, serta memiliki nilai TBN yang tinggi. Namun disamping itu minyak jarak kaliki mempunyai kekurangan antara lain memiliki TAN yang tinggi, rentan terhadap oksidasi dan mempunyai banyak kandungan air.

Kata kunci : Jarak-kaliki, Castor-oil, Pelumas

PENDAHULUAN

Sistem pelumasan adalah sistem yang sangat penting dalam dunia permesinan. Fungsi sistem pelumasan adalah memasukan zat lain berupa lapisan film di antara dua bidang yang bergesekan sehingga memperkecil koefisien gesek. Fungsi pelumas yang lain adalah sebagai sistem pendinginan karena pelumas yang bekerja dapat membawa kalor yang dihasilkan dari gesekan sehingga bidang kontaknya menjadi lebih dingin, membawa kotoran berupa sisa-sisa logam sebagai hasil gesekan, dan sebagai perapat (*filler*) misalnya dalam silinder motor bakar untuk menjaga agar kompresi tidak bocor.

Penggunaan dan kebutuhan mesin-mesin modern dan berteknologi canggih menuntut perbaikan di sisi pelumas agar dapat melumasi mesin dengan baik dan dapat digunakan untuk jangka waktu yang lebih panjang. Secara umum minyak lumas untuk mesin modern saat ini terdiri dari: (1) Satu atau beberapa bahan dasar yang berasal dari fraksi-fraksi pengolahan minyak pelumas yang berasal dari minyak bumi (*base oil*). (2) Produk hasil komposisi kimia yang kompleks (aditif). Jumlah dan konsentrasi aditif yang ditambahkan disesuaikan dengan kebutuhan yang diharapkan (sintetis) [Puppung, 1986]

Indonesia dalam beberapa tahun ke depan diperkirakan akan tetap menjadi pasar pelumas terbesar di ASEAN. Hal tersebut menjadikan berbagai produsen internasional untuk berlomba-lomba menggarap pasar pelumas Indonesia, kondisi tersebut memunculkan persaingan yang sangat ketat di pasar pelumas Indonesia. Menurut catatan pada tahun 2002 kebutuhan minyak pelumas Indonesia mencapai 600 juta liter, di mana jumlah tersebut diperkirakan masih akan tumbuh sebesar lebih dari 2 juta liter setiap tahunnya [Tempo Interaktif, 2003].

Perlu diketahui bahwa hampir 95% bahan dasar pelumas terbuat dari minyak bumi dan sintetik. Untuk mengantisipasi keterbatasan dan harga minyak bumi yang terus meningkat pemerintah menyarankan untuk mencari sumber alternatif. Salah satunya datang dari minyak sayur seperti minyak jarak kaliki. Produk dari minyak jarak kaliki di Indonesia biasanya digunakan dalam industri obat-obatan, kosmetik, dan sabun.

Tujuan penggunaan bahan dasar pelumas alternatif yang berasal dari minyak jarak kaliki adalah untuk menggantikan dominasi bahan dasar mineral yang selama ini digunakan. Untuk hal tersebut perlu dilakukan pembandingan kelebihan dan kekurangan minyak jarak kaliki dengan minyak bumi sebagai bahan dasar minyak pelumas, seperti nilai TAN dan TBN, kandungan yang terdapat di dalamnya, tingkat korosi, jumlah residu akibat oksidasi, dan laju oksidasi.

METODOLOGI DAN PENGUJIAN

Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dilakukan suatu perkerjaan eksperimental dengan menggunakan beberapa alat ukur.

Perhitungan atau pengukuran besarnya kekentalan dinamik dengan temperatur yang berbeda-beda dilakukan dengan menggunakan alat Temperature Bath dan viscometer seperti yang terlihat pada Gb. 1. Pengukuran dilakukan mulai dari suhu 30 °C hingga 100 °C.

Pengukuran kestabilan kekentalan kinematik terhadap regangan dilakukan dengan alat uji ORBAHN, (Gb. 2). Uji shear stability ini bertujuan untuk melihat kestabilan nilai kekentalan sebelum dan sesudah dikenakan regangan dan dari hasil didapat akan diketahui jenis fluida apakah termasuk fluida Newtonian atau non-Newtonian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan standard ASTM D6278.



Gambar 1. Temperatur Bath



Gambar 2. Alat uji ORBAHN

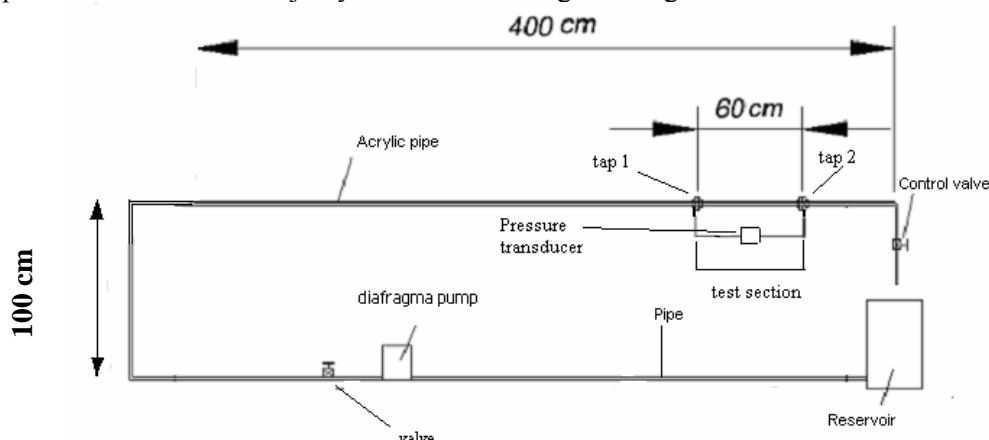
Pengukuran ketahanan tegangan geser terhadap regangan dilakukan dengan menggunakan rumus Hagen-Poiseuille untuk aliran laminar, dimana :

$$Q = -\frac{\pi}{128\mu} \left(\frac{dP}{dx} \right) D^2 \quad (1)$$

Besarnya penurunan tekanan atau dP/dx pada saat minyak jarak kaliki mengalir pada seksi pengukuran (Gb. 3)diukur dengan pressure transducer. Jika ΔP diperoleh, maka akan dapat dihitung besarnya dU/dy , dan dengan menggunakan rumus :

$$\tau = \mu \frac{dU}{dy} \quad (2)$$

akan didapatkan nilai dari τ . Selanjutnya τ akan dibandingkan dengan dU/dx .



Gambar 3. Sistem instalasi pemipaan untuk mengukur penurunan tekanan

Pengukuran kandungan soot, fuel, water, glycol serta pengukuran tingkat oksidasi , nitrasi, dan sulfonasi pelumas dilakukan dengan menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectrometer, dengan menggunakan standar ASTM D-1421-99. Selain itu juga digunakan alat Karl Fischer Moisturemeter, dengan standar ASTM D-6304, untuk mendapatkan kandungan air pada minyak jarak kaliki.

Sedangkan untuk mendapatkan Total Acid Number (TAN) dan Total Base Number (TBN) digunakan Autotitritor Potensiometri dengan standar ASTM-2896 dan ASTM-664.

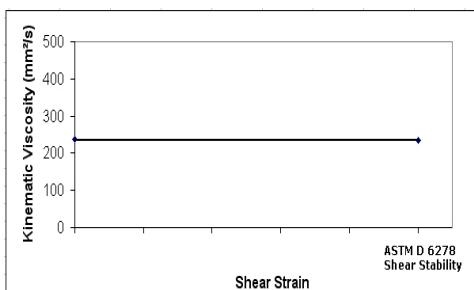
Oksidasi adalah sebuah parameter yang penting pada bahan pelumas, untuk hal tersebut besarnya residu yang dihasilkan dari oksidasi dari minyak jarak kaliki diukur dengan menggunakan Micro Oxidation Apparatus.

Pengujian terhadap tekanan juga dilakukan pada minyak jarak kaliki dengan menggunakan Rotation Bomb Oxidation Test (RBOT) dengan menggunakan standar ASTM D-2722. Pengujian tingkat korosi juga dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-130.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Jenis Fluida

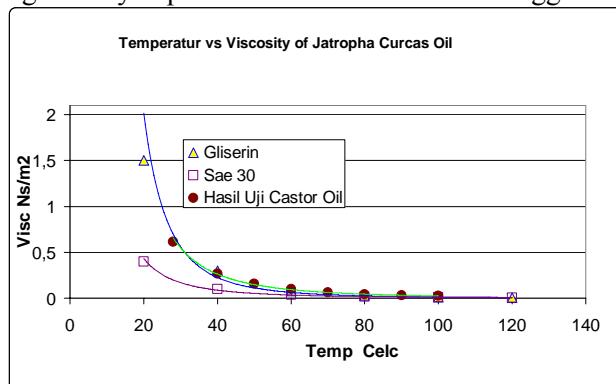
Test kestabilan geser menunjukkan bahwa viskositas dari minyak jarak kaliki relatif stabil terhadap geseran. Temperatur yang diobservasi adalah pada 40 °C dan 100 °C. Dari hasil yang diperoleh pada Gb. 4 dengan alat ukur ORBAHN terlihat bahwa viskositas minyak jarak kaliki tidak berubah setelah diberi variasi geseran sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak kaliki adalah fluida Newtonian.



Gambar 4. Viscosity stability of castor oil

2. Kekentalan Dinamik (τ)

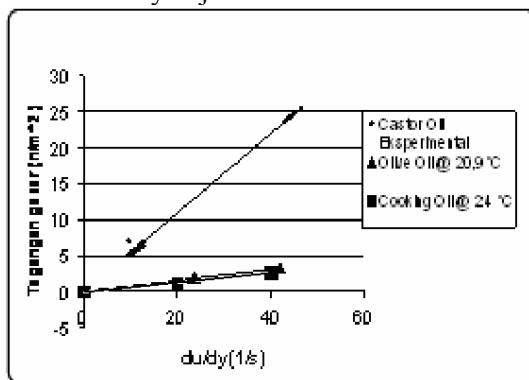
Gb. 5 menunjukkan hasil pengujian kekentalan dinamik minyak jarak kaliki terhadap perubahan temperatur. Kekentalan merupakan fungsi temperatur dimana temperatur merupakan hal yang sangat penting dalam pelumasan. Pada temperatur rendah minyak akan menjadi kental oleh karena molekul dari minyak kehilangan energi untuk bergerak, sedang pada temperatur tinggi molekul minyak tereksitas dan sebagian menguap, sehingga minyak menjadi encer. Dari Gb. 5 terlihat bahwa kekentalan dinamik minyak jarak kaliki cukup stabil terhadap perubahan temperatur dan bila dibandingkan dengan minyak pelumas SAE 30 akan lebih tinggi.



Gambar 5. Viscosity vs Temperature

3. Tegangan geser vs regangan ($\tau \sim dU/dy$)

Gbr. 6 juga menunjukkan bahwa τ vs dU/dy adalah linear, berarti bahwa minyak jarak kaliki juga adalah fluida Newtonian. Grafik τ vs dU/dy ini dalam karakteristik bahan dasar minyak pelumas berguna untuk melihat kekuatan dari minyak itu sendiri dalam menahan geseran yang terjadi. Semakin curam garis yang terjadi, berarti minyak itu semakin baik untuk dijadikan bahan dasar pelumas karena ini berarti dengan kekuatan tegangan yang cukup besar minyak ini belum pecah karena mampu menahan geseran. Jika dibandingkan dengan minyak tumbuhan yang lain (minyak goreng dan olive), terlihat bahwa minyak jarak kaliki lebih kuat menahan tegangan geser .

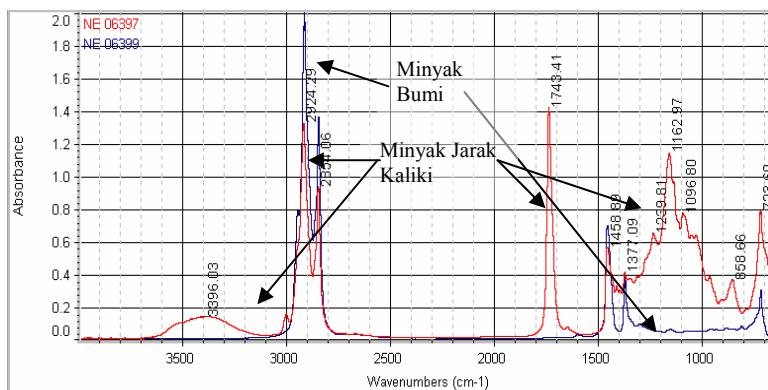


Gambar 6. Shear stress vs strain dibandingkan dengan minyak tumbuhan lainnya

4. Pengujian kandungan air, parafin dan ester.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan minyak jarak kaliki dengan bahan dasar pelumas mineral dengan viskositas pada 100° C sama dengan minyak jarak kaliki. Dimana:

- NE-03697 adalah castor oil
- NE-06339 adalah bahan dasar pelumas minyak bumi dengan viskositas kinematik pada 100°C sebesar 18,9 cSt



Gambar 7. hasil pengujian dengan FTIR

Dari hasil yang dilakukan dengan menggunakan metode FTIR, diperoleh kesimpulan sebagai berikut [Stuart, 1996]:

- Pada minyak jarak kaliki terdapat banyak kandungan air (wavenumber 3100 – 3600 cm⁻¹)
- minyak jarak kaliki banyak mengandung paraffin, sehingga minyak jarak kaliki susah membeku, tetapi mudah berubah oleh temperatur. (wavenumber 2700-3000 cm⁻¹)
- minyak jarak kaliki mengandung ester, sehingga minyak jarak kaliki mudah teroksidasi. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa minyak jarak kaliki tidak dapat digunakan pada suhu tinggi. Hal ini menyebabkan minyak jarak kaliki tidak dapat digunakan pada motor bakar. (Wavenumber 1600-1800 cm⁻¹)
- minyak jarak kaliki mempunyai rantai benzene, sehingga dapat diketahui bahwa minyak jarak kaliki mudah melarutkan aditif. (wavenumber 1000 – 1300 cm⁻¹)

5. Residu

Hasil pengujian dengan menggunakan Micro Oxidation Apparatus seperti yang ditunjukkan pada Tabel I dan Gb. 8. terlihat bahwa minyak jarak kaliki mempunyai deposit yang lebih banyak jika dibandingkan dengan bahan dasar pelumas minyak bumi. Hal ini diakibatkan karena tingkat/laju oksidasi minyak jarak kaliki lebih cepat dibandingkan dengan minyak bumi. Terlihat residu yang tersisa pada Gb. 8(a) lebih banyak dibandingkan dengan Gb. 8(b).

Tabel I. Hasil pengujian Micro Oxidation

No	Sample	Pin weight (gram) X	Weight of pin + sample (gram) Y	After heated at 225 °C for 2 hours (gram) Z	Loss		Deposit
					(gram) (Y-Z)	(%) (Y-Z)/(Y-X)	
1	NE-06397	0.8638	0.9015	0.8859	0.0156	41.38	Thick
2	NE-06399	0.8655	0.8992	0.8813	0.0179	53.12	Thick



(a) minyak jarak kaliki

(b) minyak bumi

Gambar 8. Hasil Pengujian Micro Oxidation

6. Laju Oksidasi

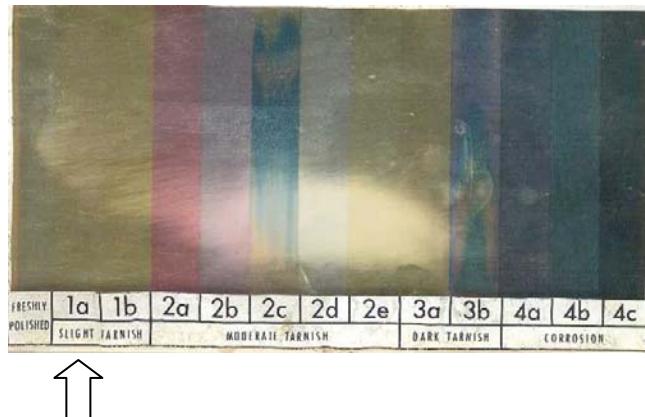
Tabel II memperlihatkan hasil pengujian tekanan pada temperatur 150 °C, terlihat waktu penurunan tekanan (24 menit) minyak jarak kaliki lebih cepat 2 (dua) kali jika dibandingkan dengan minyak bumi. Waktu ini mencerminkan waktu yang dibutuhkan tekanan oksigen untuk turun sampai dengan 25,4 psi dari tekanan maksimum. Semakin cepat tekanan oksigen turun, maka semakin cepat teroksidasi, karena tekanan oksigen turun akibat dari oksigen bereaksi mengoksidasi sample, sehingga tekanannya berkurang. Oleh karena itu minyak jarak kaliki rentan terhadap oksidasi.

Tabel II. Hasil Pengujian RBOT

No	Sample	Start Time	Pressure (psi)	Running Time (minutes)	Max Pressure (psi)	End Point (minutes)	Temperature (°C)
1	NE-06397	17:48	140.48	26	174.98	24	150
2	NE-06399	16:37	128.96	55	184.88	49	150

7. Korosifitas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat korosifitas minyak jarak kaliki cukup baik, sama baiknya jika dibandingkan dengan minyak bumi, dan dari hasil pengujian pada Gb. 9, dimana sebuah pelat tembaga dimasukkan ke dalam minyak jarak kaliki dan kemudian dimasukkan ke dalam minyak bumi, terlihat bahwa pelat tembaga yang dimasukkan pada minyak jarak kaliki berada dalam kondisi 1a, sama seperti dimasukkan minyak bumi.



Gambar 9. Hasil pengujian Copper Corroption Test

8. Sifat fisik

Tabel III. Perbandingan minyak jarak kaliki dengan bahan dasar pelumas lain

No.	Deskripsi	Castor Oil	Base Oil HVI 160 S	Base Oil HVI 650	PAO 8 cST
1.	Viskositas Kinematic @40 °C	250.1 cSt	To Be Reported	To Be Reported	To Be Reported
2.	Viskositas Kinematic @ 100 °C	18.92 cSt	10.7-11.8 cSt	30.5-33.5 cSt	7.7-8.2 cSt
3.	Water Content	406 ppm	-	-	Max 50 ppm
4.	TAN	0.58	Max 0.05	Max 0.05	Max 0.03
5.	TBN	30.98	-	-	-
6.	Sulfur Content	7641 ppm	max 1 %-wt	Max 1.5%-wt	-
7.	Conradson Carbon Residue	0.0079%-wt	max 0.1 %-wt	Max 1 %-wt	-
8.	Ash Content	0.0050%-wt	max 0.01 %-wt	max0.01%-wt	-
9.	Flash point	Min 218 °C	Min 228 °C	Min 267 °C	Min 235 °C
10.	Pour Point	-10--18	Max -9 °C	max -9 °C	Max -50 °C

Dari Tabel III dapat dilihat bahwa pada viskositas 100 °C tidak ada bahan dasar pelumas yang mempunyai kekentalan yang sama dengan minyak jarak kaliki, sehingga pada pengujian dengan cara membandingkan yang digunakan adalah bahan dasar pelumas yang merupakan campuran. TAN pada minyak jarak kaliki jauh lebih besar daripada bahan dasar pelumas lainnya, sehingga agar dapat digunakan maka minyak jarak kaliki harus ditambahkan aditif. Kandungan yang terdapat pada minyak jarak kaliki berada di bawah batas kandungan pada bahan dasar pelumas yang lain. Flash point minyak jarak kaliki berada di bawah bahan dasar pelumas yang lainnya, sehingga pemakainnya terbatas pada pelumasan yang suhunya di bawah pelumasan dengan bahan dasar lainnya. Pour point minyak jarak kaliki lebih rendah dari bahan dasar lainnya, sehingga minyak jarak kaliki dapat digunakan pada daerah dengan suhu udara yang cukup rendah.

KESIMPULAN

Hasil eksperimen yang dilakukan memberikan informasi bahwa :

1. Diagram τ vs dU/dy pada tekanan ruang (1 atm) mempunyai perubahan berdasarkan gradient, sehingga minyak jarak kaliki merupakan fluida Newtonian yang mempunyai kapabilitas untuk menahan tegangan geser yang tinggi. Sehingga minyak jarak kaliki mempunyai potensi sebagai bahan dasar pelumas beban berat dengan putaran rendah, sebagai contoh pada gardan.
2. Minyak jarak kaliki mempunyai viskositas yang baik dan stabil sebagai bahan dasar pelumas. Viskositas minyak jarak kaliki pada suhu 40° C adalah 250.1 cSt dan pada suhu 100° C adalah 18,92 cSt.
3. Minyak jarak kaliki mempunyai keunggulan yaitu mempunyai TBN yang tinggi, mudah melarutkan aditif, tidak korosif, mengandung paraffin sehingga dapat digunakan pada suhu yang rendah, kandungan CCR, sulfur, dan debu pada minyak jarak kaliki berada di bawah batas maksimal bahan dasar pelumas minyak bumi, mempunyai pour point yang lebih rendah dibandingkan bahan dasar pelumas minyak bumi, serta mempunyai viskositas yang stabil terhadap geseran.
4. Kekurangan minyak jarak kaliki dibandingkan bahan dasar minyak bumi adalah mempunyai flash point yang rendah, mempunyai banyak kandungan air, memiliki TAN diatas batas maksimal bahan dasar pelumas minyak bumi, serta mempunyai banyak kandungan ester sehingga mempunyai laju oksidasi yang tinggi.

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa minyak jarak kaliki dari segi teknis mempunyai potensi untuk dijadikan bahan dasar pelumas apabila ditambahkan dengan bahan aditif yang tepat khususnya untuk pelumas pada bagian yang bergerak dengan putaran dan temperatur rendah.

NOTASI

D = diameter (m)
P = tekanan (Pascal)
Q = debit (m^3/s)
U = kecepatan (m/s)

Y = tinggi (m)
x = panjang (m)
 τ = tegangan geser (N/m^2)
 μ = kekentalan dinamik (Pa.s)

REFERENSI

1. Adek-TNR, 2003, Konsumsi Oli Mencapai Rp. 3 Triliun, www.tempo-interaktif.com.
2. Karina. R. M., 2005, *Stabilitas Oksidasi Castor Oil Sebagai Minyak Lemas Dasar*, Tesis Program Studi Teknik Kimia TGP-FTUI, Depok.
3. La Puppung, Palawagau, 1986, *Minyak Jarak Memiliki Potensi Sebagai Bahan Dasar Minyak Lemas*, Lembaran Publikasi Lemigas no. 4, Jakarta.
4. Stuart, Barbara, 1996, *Modern Infrared Spectroscopy*, John Wiley & Sons, New York.