

PENGOLAHAN MINYAK JARAK PAGAR MENJADI EPOKSI SEBAGAI BAHAN BAKU MINYAK PELUMAS

(Processing of Jatropha curcas L. Oil for Epoxy as Raw Material of Lubricant Base Oil)

Oleh/By :

R. Sudradjat, R. Ariatmi & D. Setiawan

ABSTRACT

Oil content of Jatropha curcas is considerably high, but it also contains toxin that makes unsuitable for edible oil. Jatropha oil is composed by unsaturated fatty acid that make this oil easily become rancid or unsuitable as raw material for biodiesel. Hence, it is necessary to find more appropriate uses of the oil with such characteristics. One of these alternatives is the utilization of jatropha oil for making automotive lubricant base oil. So far lubricant base oil was mostly made from fossil oil.

The aim of this research is to examine characteristics of jatropha oil in relevance with lubricant base oil properties, and to determine optimum condition in making epoxy as an intermediate product.

Methodology used are as follows: 1). Oil extraction for determining the yield of jatropha oil originated from Kebumen, NTB, and Lampung; 2). Characteristics of jatropha oil comprises of : viscosity index, flash point, pour point, acid number, saponification number and iod number ; 3). Epoxydation reaction using variable : a). Temperature 70°C; b). Time: 0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 4.5; 5.0 and 5.5 hours; c). H₂SO₄ catalyst concentration of 1% (v/v). Ratio of hydrogen peroxide vs acetic acid are 1 : 0.07 ; 1 : 0.15 ; 1 : 0.22 and 1 : 0.30. Parameters to be observed is the oxyrane number.

The results are as follow :

- 1. Physical and chemical properties of jatropha oil could met with the required properties for lubricant base oil except saponification number and pour point.*
- 2. FTIR and GC analyses showed that jatropha oil needs improvement in some physical and chemical properties such as interesterification with other good bio-oil, blending with other synthetic ester, decreasing of unsaturated fatty acid.*
- 3. Variation of hydrogen peroxide and acetic acid ratios significantly influenced the oxyrane number of the produced epoxy.*
- 4. The best process condition achieved at 3 hours reaction time, 60°C and ratio hydrogen to acetic acid concentration of 1 : 0.07 mol which giving 4.26 oxyrane number.*
- 5. Completion of this research is necessary in conversion of epoxy from jatropha oil into lubricant base oil (polyol).*

Keywords : Lubricant base oil, jatropha oil, oleo-chemicals, oxyrane number

ABSTRAK

Kandungan minyak dalam jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) cukup tinggi, tetapi di dalamnya terkandung racun, sehingga tidak dapat digunakan sebagai minyak makan. Di dalam minyak jarak pagar terkandung ikatan rangkap yang mengakibatkan minyak menjadi tidak stabil sehingga kurang sesuai untuk dibuat biodiesel. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mencari alternatif penggunaan lain dari minyak tersebut yang lebih sesuai dengan karakteristik sifatnya. Salah satu

alternatif produk yang akan diteliti adalah untuk pembuatan epoksi yaitu bahan baku untuk pembuatan pelumas dasar (pelumas mesin otomotif). Selama ini minyak pelumas dasar banyak dibuat menggunakan minyak bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik minyak jarak pagar dihubungkan dengan penggunaannya sebagai minyak pelumas serta untuk mendapatkan kondisi optimum pada proses pembuatan minyak epoksi sebagai produk antara pada pembuatan minyak pelumas dari minyak jarak pagar.

Metode penelitian yang dilakukan adalah: 1). Ekstraksi minyak jarak pagar untuk mengetahui rendemen minyak jarak pagar asal Kebumen, NTB dan Lampung; 2). Penelitian karakteristik minyak jarak pagar. Penelitian ini meliputi sifat fisika dan kimia yaitu: indeks viskositas, flash point, pour point, bilangan asam, bilangan penyabunan dan bilangan iod; 3). Reaksi epoksidasi minyak jarak yaitu dengan variabel kondisi proses: a). Suhu: 70°C dan b). Waktu: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 dan 5,5 jam, Konsentrasi katalis H₂SO₄ 1% (v/v), Perbandingan konsentrasi hidrogen peroksida dengan asam asetat adalah 1 : 0,07 ; 1 : 0,15 ; 1 : 0,22 dan 1 : 0,30. Parameter yang diteliti yaitu bilangan oksiran.

Hasil penelitian menunjukkan :

1. Sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar, memenuhi persyaratan sebagai pelumas dasar kecuali pada persyaratan bilangan penyabunan dan *pour point*.
2. Hasil analisa pengujian FTIR dan GC menunjukkan perbaikan sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar. Beberapa contoh modifikasi yang dapat dilakukan adalah interesterifikasi dengan minyak nabati lain, *blending* dengan ester sintesis lain, mengurangi ketidakjenuhan sehingga minyak menjadi lebih stabil.
3. Perbedaan penambahan konsentrasi asam asetat dengan hidrogen peroksida berpengaruh terhadap bilangan oksiran pada senyawa epoksi yang dihasilkan.
4. Kondisi terbaik dicapai pada 3 jam operasi dengan suhu 60°C dan perbandingan konsentrasi hidrogen peroksida dengan asam asetat 1 : 0,07 mol dengan besarnya bilangan oksiran 4,26.
5. Masih diperlukan penelitian lanjutan khususnya mengenai teknologi pengolahan epoksi menjadi minyak pelumas (poliol).

Kata kunci : Minyak pelumas dasar, minyak jarak pagar, oleo-kimia, bilangan oksiran

I. PENDAHULUAN

Fungsi utama dari minyak pelumas otomotif (oli) adalah mengurangi gesekan dan keausan antara dua bidang atau permukaan yang bersinggungan, memperpanjang usia pakai serta fungsi lainnya, membantu transfer panas dan mencegah korosi. Formulasi pelumas yang banyak digunakan adalah terdiri dari 70 - 90% minyak pelumas dasar yang dicampur dengan bahan aditif untuk memodifikasi sifat-sifat alamiahnya (yaitu stabilitas untuk oksidasi, hidrolisis, suhu, viskositas dan indeks viskositas dan korosi). Minyak pelumas dasar yang paling banyak digunakan adalah minyak mineral yaitu campuran dari beberapa minyak bumi, selain itu dapat digunakan juga minyak pelumas dasar jenis minyak nabati, atau minyak sintesis yang berasal dari minyak bumi atau minyak nabati (Askew, 2004).

Saat ini kebutuhan akan minyak bumi meningkat, sedangkan persediaannya menipis. Keadaan ini memacu penggunaan minyak pelumas nabati sebagai bahan dasar. Keunggulan minyak pelumas nabati dari minyak mineral adalah stabilitas termal, sifat alir, indeks viskositas dan stabilitas penguapan. Oleh karena itu, minyak nabati memberikan kinerja yang lebih baik selain juga bahan bakunya terbarukan.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan minyak pelumas dasar dari bahan nabati yaitu minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik minyak jarak pagar sebagai bahan pelumas, serta mendapatkan kondisi optimum pada proses pembuatan epoksi dari minyak jarak pagar. Sebelum dibuat minyak pelumas nabati, minyak jarak pagar terlebih dahulu diubah menjadi epoksi. Alasan pemilihan minyak jarak pagar adalah karena dapat tumbuh dengan cepat, serta tahan terhadap musim panas (Guibitz *et al.*, 1999). Selain itu, karena tingginya kandungan minyak dan adanya ikatan rantai karbon rangkap yang diperlukan pada proses epoksidasi untuk menghasilkan epoksi minyak jarak pagar yang bersifat reaktif sebagai bahan baku untuk pembuatan minyak pelumas (poliolester). Pembuatan minyak jarak untuk minyak pelumas memberikan nilai tambah yang lebih tinggi daripada pembuatan untuk biodisel. Harga biodisel di pasar sekitar Rp 4.000/liter, sedangkan minyak pelumas berkisar antara Rp 15.000 - 35.000/liter. Pelumas dalam pemakaiannya lebih butuh perhatian, yaitu harus diganti secara berkala. Setiap mesin atau bagian kendaraan memerlukan pelumas dengan spesifikasi tertentu, disamping itu pelumas juga harus mengandung bahan-bahan tertentu yang dapat mendukung tugasnya (Nugroho, 2005).

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Energi, Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor dan Laboratorium Teknologi Industri, Universitas Jayabaya, Jakarta yang meliputi persiapan bahan baku dan pengujian/analisis komponen kimia fisik minyak dan pelumas dasar dari jarak pagar.

B. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.), sedangkan bahan kimia yang digunakan adalah asam asetat, hidrogen peroksida, natrium hidrogen karbonat, asam sulfat, etanol, larutan hidrogen bromida, flourboric acid (HBF), etilen glikol, metanol, air suling dan lain-lain.

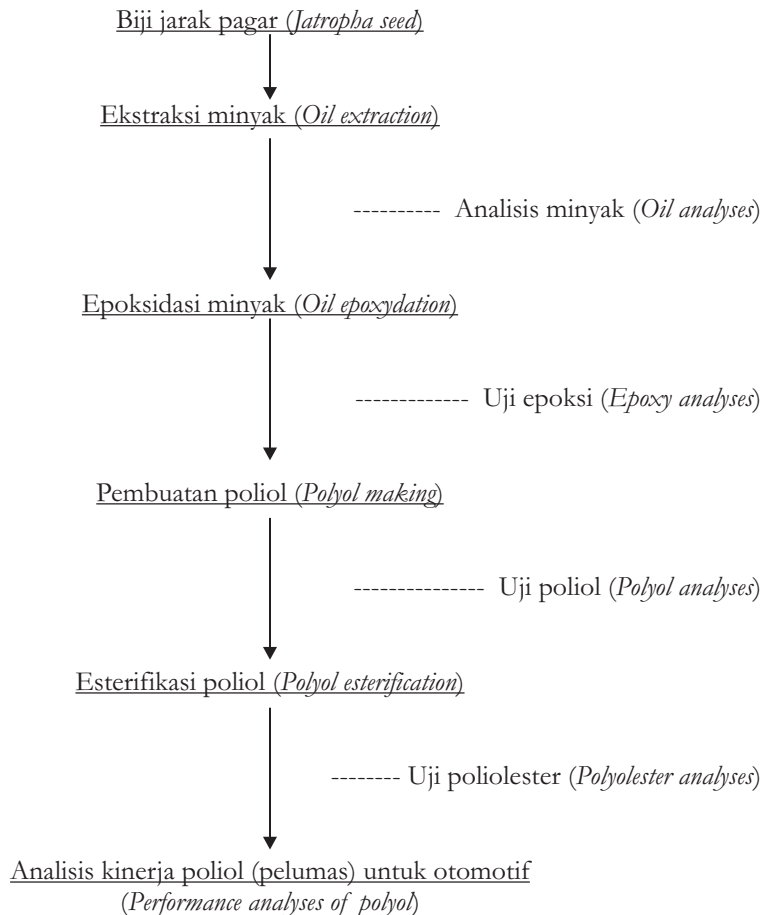
Alat-alat yang digunakan untuk memperoleh minyak jarak terdiri dari oven dan kempa hidrolik, sedangkan untuk proses epoksidasi dan pembentukan polioliol sampai dengan pembentukan poliolester terdiri dari labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer, pengambil cuplikan dan pemanas (*hot plate stirrer*), gelas ukur, pipet, alat titrasi, labu ukur, gelas piala, erlenmeyer, alat distilasi vakum dan lain-lain.

C. Prosedur Kerja

Metode penelitian meliputi beberapa tahapan kegiatan yaitu perlakuan biji jarak, proses pengambilan minyak jarak pagar, karakterisasi minyak jarak pagar, proses reaksi epoksidasi minyak jarak, uji epoksi, proses reaksi pembentukan polioliol, uji polioliol, proses pembentukan poliolester, uji poliolester dan perhitungan kelayakan pada proses produksi poliolester minyak jarak pagar. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

1. Ekstraksi minyak jarak pagar

Minyak jarak diekstrak dari bijinya dengan cara terbaik yaitu untuk memperoleh kualitas minyak jarak yang jernih, kadar kotoran yang rendah, bilangan asam yang rendah dan kadar air yang rendah. Untuk itu biji jarak yang masih ada tempurungnya terlebih dahulu dikukus selama 2 jam, kemudian dikeringkan dalam oven selama 2 jam, dikupas, daging bijinya digiling sampai halus dan secepatnya dipres menggunakan alat pres hidrolis manual. Dilakukan analisis terhadap minyak jarak pagar yaitu bilangan iod, bilangan asam, kadar air dan rendemen. Dalam penelitian ini diperiksa rendemen minyak dari biji jarak pagar asal Kebumen, Nusa Tenggara Barat dan Lampung.



Gambar 1. Diagram alir pengolahan minyak jarak pagar menjadi minyak pelumas (Dalam penelitian ini dibatasi sampai tahap pembuatan epoksi)

Figure 1. Flow diagram of jatropha oil processing to lubricant oil (This experiment is limited to epoxy production)

2. Penelitian karakteristik minyak jarak pagar

Penelitian karakteristik minyak jarak pagar dilakukan terhadap sifat fisika dan kimia. Penelitian sifat fisika meliputi: indeks viskositas, *flash point* (titik nyala), *pour point* (titik tuang) dan densitas. Penelitian sifat kimia meliputi bilangan asam, bilangan penyabunan, bilangan iod.

3. Reaksi epoksidasi minyak jarak pagar

Mula-mula minyak jarak pagar sebanyak 100 ml, asam asetat 99% dan katalis asam sulfat dimasukkan dalam labu leher tiga, serta hidrogen peroksida (H_2O_2) 50% dimasukkan beberapa tetes. Larutan dipanaskan selama 2 jam sambil diaduk dengan pengaduk magnet, sedangkan pertambahan katalis divariasikan sesuai metoda penelitian. Pengadukan dilakukan agar minyak terdispersi. Produk berupa minyak jarak terepoksidasi sebanyak 15 ml diambil pada selang waktu 30 menit untuk dianalisa bilangan oksirannya dan dinetralisasi untuk menghilangkan sisa asam serta mendinginkannya dengan menggunakan 7,2 ml larutan jenuh natrium hidrogen karbonat ($NaHCO_3$), kemudian ditambahkan beberapa ml air suling sampai bebas dari asam. Untuk mengeluarkan sisa asam, campuran tersebut dimasukkan ke dalam labu pemisah dan dikocok. Lapisan air pada bagian bawah yang terbentuk kemudian dikeluarkan. Epoksi minyak yang dihasilkan dianalisa bilangan oksiran, bilangan asam dan bilangan iod.

Kondisi proses epoksidasi adalah sebagai berikut :

- ☞ Suhu : $70^{\circ}C$
- ☞ Waktu : 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 dan 5,5 jam.
- ☞ Konsentrasi katalis H_2SO_4 1% (v/v).
- ☞ Perbandingan konsentrasi hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan asam asetat. (CH_3COOH) sebagai berikut : 1 : 0,07; 1 : 0,15; 1 : 0,22 dan 1 : 0,30.
- ☞ Parameter yang diteliti adalah bilangan oksiran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen Minyak Jarak Pagar

Data rendemen masing-masing minyak dari tiga daerah tersebut di atas dapat dilihat pada Tabel 1. Rendemen minyak dari tiap daerah (Tabel 1) menunjukkan hasil yang berbeda, meskipun diketahui bahwa kandungan minyak dalam biji jarak adalah sekitar 40 - 45% (Sudradjat, 2006). Hal yang menyebabkan adanya perbedaan nilai rendemen adalah tempat tumbuh, iklim, waktu panen, musim, faktor genetik, cara ekstraksi minyak. Beberapa perlakuan dan kondisi biji sebelum dipres mempengaruhi rendemen dan kualitas minyak, Pengepresan dengan pemanasan akan menghasilkan rendemen minyak tinggi, tetapi bilangan asam tinggi. Demikian pula kandungan air yang tinggi dari biji akan mengakibatkan tingginya bilangan asam karena memperbesar kemungkinan terjadinya proses hidrolisis minyak. Hidrolisis minyak akan membentuk asam lemak bebas sehingga bilangan asam menjadi tinggi. Perlakuan awal terhadap biji sebelum dipres juga akan mempengaruhi kandungan air dalam bahan. Perlakuan terhadap biji dengan dikukus dan dioven sebelum dipres, memberikan hasil bilangan asam yang berbeda.

Tabel 1. Rendemen dan bilangan asam minyak jarak pagar dari biji asal Kebumen, NTB dan Lampung
Table 1. Yield and acid number of jatropha oil from seed originated from Kebumen, NTB and Lampung

No.	Asal daerah biji jarak (Seed originated)	Rendemen dengan tempurung (Yield with shell), %	Rendemen tanpa tempurung (Yield without shell), %	Bilangan asam (Acid number), mg KOH/g	Kadar air (MOisture), %
1.	Kebumen	16,83	42,02	5,28	0,97
2.	Nusa Tenggara Barat (NTB)	20,30	41,66	3,97; 12,66 dan 10,0	1,20
3.	Lampung	18,30	28,61	16	1,03

B. Sifat Fisik Minyak Jarak Pagar

Pada pengolahan minyak mineral dapat dihasilkan beberapa pelumas dasar dengan tingkat viskositas yang berbeda antara satu dengan lainnya. Pada Tabel 2 terlihat beberapa jenis pelumas dasar baik dari minyak nabati maupun minyak mineral. Dari satu jenis minyak mineral dapat diperoleh beberapa jenis pelumas dasar yang berbeda-beda tingkat viskositasnya. Sifat minyak jarak pagar sebagai pelumas dasar diharapkan sama atau mendekati sifat-sifat dasar minyak mineral.

Tabel 2. Perbandingan sifat fisik pelumas dasar beberapa minyak nabati dan mineral
Table 2. Comparison between the physical properties of lubricant base oil from some bio and mineral oils

Jenis minyak (Kind of oils)	Viskositas (Viscosity) 40°C cSt	Viskositas (Viscosity) 100°C cSt	Indeks Viskositas (Viscosity index)	Titik Tuang (Pour point), °C	Titik nyala (Flash point), °C
Minyak Nabati (Bio oil) :					
Minyak jarak pagar (Jatropha curcas oil)	34,17	7,95	217	0	270
Minyak jarak (Castor oil)	295,4	20,34	87	-10	307
Minyak kelapa (Coco oil)	27,7	6,1	175	-	-
Minyak bunga matahari (Sunflower oil)	39,9	8,6	206	-12	252

Tabel (Table) 2. Lanjutan (Continued)

Jenis minyak (Kind of oils)	Viskositas (Viscosity) 40°C cSt	Viskositas (Viscosity) 100°C cSt	Indeks Viskositas (Viscosity index)	Titik Tuang (Pour point), °C	Titik nyala (Flash point), °C
Minyak lobak (Rapeseed oil)	36,2	8,2	211	-18	346
Minyak kedelai (Soybean oil)	28,9	7,6	246	-9	325
Minyak kelapa sawit (Palm oil)	39,7	8,2	188	18	-
Minyak Mineral (Mineral oil) :					
HVI-60	-	4,5 – 5,0	103	0	204
HVI-95	-	6,9 – 7,6	100	15	210
HVI-160S	-	11,1 – 12,2	100	15	230
HVI-160B	-	11,1 – 12,2	99	15	230
HVI-650	-	31,6 – 34,7	96	15	267
HVI-350	-	50 - 54	-	15	267
PAO (Polyalphaolefin)	2 - 100	2 - 100	125 - 140	-50	-
POE (Polyolester)	76,7	11,3	214	-	285

Sumber (Source) : La Puppung (1986)

1. Indeks viskositas

Pelumas dasar minyak nabati termasuk minyak jarak pagar yang mempunyai indeks viskositas yang sangat tinggi dibandingkan dengan minyak mineral. Indeks viskositas merupakan pengukuran perubahan viskositas relatif terhadap perubahan temperatur antara suhu 40°C dan 100°C. Nilai indeks viskositas pelumas terbagi menjadi 3 golongan : (1) indeks viskositas rendah atau Low Viscosity Index (LVI) adalah pelumas yang memiliki indeks viskositas lebih rendah dari 40. (2) indeks viskositas sedang atau Medium Viscosity Index (MVI) adalah pelumas yang memiliki indeks viskositas antara 40 sampai dengan 80. (3) indeks viskositas tinggi atau High Viscosity Index (HVI) adalah pelumas yang memiliki indeks viskositas lebih besar daripada 80. Hasil pengujian indeks viskositas minyak jarak pagar sebesar 217, menunjukkan bahwa minyak jarak pagar termasuk minyak yang mempunyai indeks viskositas tinggi (HVI). Jika dibandingkan dengan indeks viskositas minimum beberapa pelumas dengan angka viskositas SAE rangkap seperti yang terdapat pada Tabel 3, maka indeks viskositas minyak jarak pagar lebih tinggi dari pada pelumas dengan SAE

rangkap tersebut. Zat cair biasanya akan mengalami perubahan viskositas bila terjadi perubahan temperatur, bila temperatur naik viskositas akan turun. Pelumas yang baik adalah pelumas yang memiliki indeks viskositas tinggi, artinya semakin kecil perubahan viskositas karena perubahan temperatur. Jika indeks viskositas minyak jarak pagar dibandingkan dengan minyak nabati lain, maka indeks viskositas minyak jarak pagar setara dengan rapeseed oil dan di bawah minyak kedelai. Apabila indeks viskositas minyak jarak pagar dibandingkan dengan pelumas dasar sintesis, dari Tabel 2 tampak bahwa indeks viskositas minyak jarak pagar lebih tinggi dari PAO dan hampir sama dengan POE.

Tabel 3. Indeks viskositas minimum beberapa pelumas dengan angka viskositas SAE

Table 3. Minimum viscosity index of some lubricant oils and its SAE viscosity

SAE viskositas rangkap (<i>Double SAE viscosity</i>)	Indeks viskositas minimum (<i>Minimum viscosity index</i>)
5W-20	127
5W-30	180
5W-50	230
10W-30	145
10W-40	169
10W-50	190
20W-40	113
20W-50	133

Sumber (*Source*) : La Puppung (1986)

Jika dibandingkan dengan pelumas dasar *ex-Arabian Light Crude*, maka berdasarkan Tabel 2, viskositas minyak jarak pagar pada 100°C sebesar 7,95 cSt terletak antara HVI-95 dan HVI 160S. Jika dibandingkan dengan tingkat viskositas pelumas motor seperti pada Tabel 4, maka viskositas minyak jarak pagar setingkat SAE 20. Berdasarkan Tabel 5 tentang klasifikasi pelumas industri menurut ISO (ASTM 2422), maka tingkat viskositas minyak jarak pagar setara dengan ISO VG 32. Nilai viskositas minyak jarak pagar ini, termasuk pada spesifikasi viskositas minyak mineral yang saat ini digunakan sebagai formulasi pelumas otomotif maupun industri. Gambar 2 menunjukkan viskositas dan indeks viskositas beberapa jenis pelumas dasar.

Tabel 4. Tingkat viskositas pelumas motor (SAE J 300, Maret 1982)
Table 4. Viscosity rate of motor lubricant (SAE J 300, March 1982)

Angka viskositas SAE (<i>SAE viscosity number</i>)	CCS viskositas maksimum (<i>Maximum CCS viscosity</i>)		Suhu tekanan maksimum (<i>Maximum borderline pumping temperature</i>) °C	Viskositas pada 100°C (<i>Viscosity at 100°C</i>) cSt	
	°C	Vd (Poise)		Minimum	Maksimum
0 W	-30	32,5	-35	3,8	-
5 W	-25	35	-30	3,8	-
10 W	-20	35	-25	4,1	-
15 W	-15	35	-20	5,6	-
20 W	-10	45	-15	5,6	-
25 W	-5	60	-10	9,3	-
20	-	-	-	5,6	< 9,3
30	-	-	-	9,3	<12,5
40	-	-	-	12,5	<16,3
50	-	-	-	16,3	<21,9

Sumber (*Source*) : La Puppung (1986)

2. Flash point

Flash point atau titik nyala digunakan untuk mengetahui saat awal pelumas akan terbakar atau timbul nyala api saat berada dalam mesin. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa *flash point* minyak nabati lebih tinggi dibandingkan dengan minyak mineral dan *flash point* minyak jarak pagar adalah sebesar 270°C, data ini menunjukkan bahwa *flash point* minyak jarak pagar lebih besar dibandingkan dengan minyak mineral yang biasanya digunakan untuk formulasi pelumas (minimum 204°C) dan hampir sama dengan POE (pelumas dasar sintesis).

3. Pour point

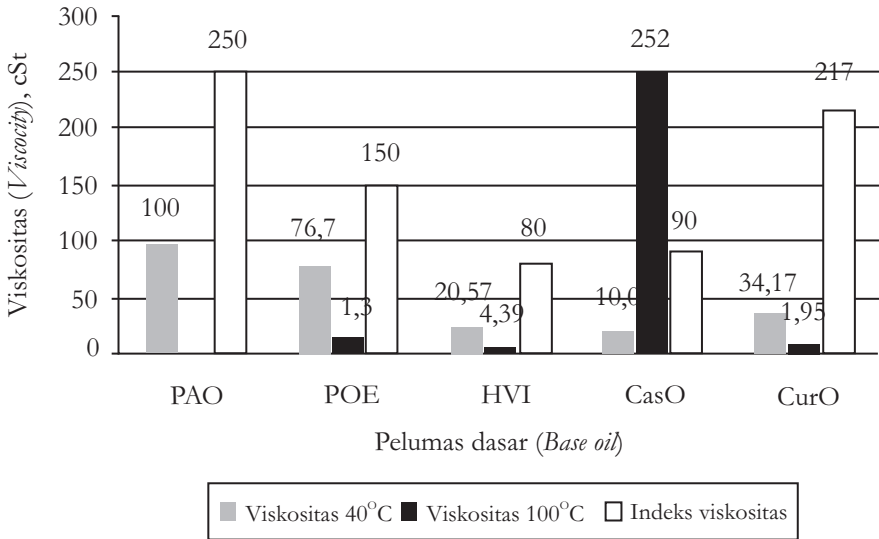
Pour point atau titik tuang menunjukkan temperatur terendah di mana pelumas masih dapat mengalir, khususnya pada saat mesin akan dihidupkan. Titik tuang minyak jarak pagar lebih rendah dibandingkan dengan pelumas dasar mineral. Jika titik tuang minyak jarak pagar dibandingkan dengan minyak nabati lain, nilainya lebih tinggi. Sebagian besar minyak nabati mempunyai titik tuang dibawah 0°C sedangkan minyak jarak pagar 0°C. Jika dibandingkan dengan pelumas dasar sintesis (PAO), maka titik tuang minyak jarak pagar berada di atasnya.

Gambar 3 menunjukkan perbedaan *flash point* dan *pour point* beberapa jenis pelumas dasar yaitu pelumas dasar sintesis (PAO), POE dan minyak mineral terhadap minyak jarak pagar.

Tabel 5. Klasifikasi pelumas industri menurut ISO (ASTM 2422)
Table 5. Classification of lubricant for industry according to ISO (ASTM 2422)

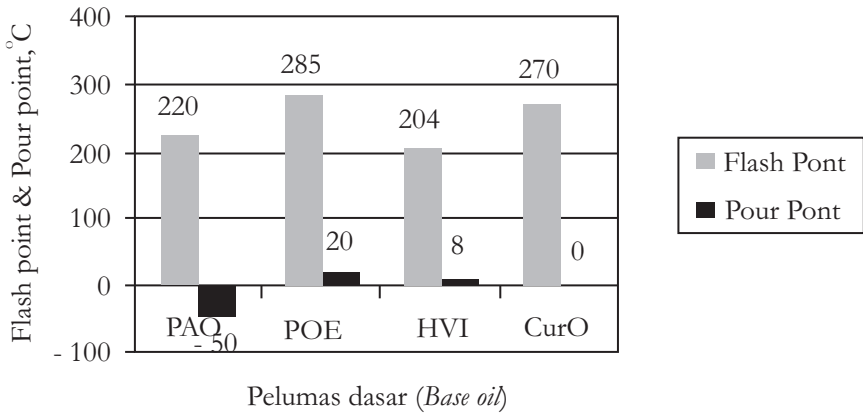
Identifikasi kualifikasi sistem viskositas (<i>Viscosity system grade identification</i>)	Titik tengah viskositas pada 40° C (<i>Mid-point viscosity at 40°C, cSt</i>), mm ² /s	Limit kinematik viskositas pada 40°C (<i>Kinematic viscosity limits at 40°C cSt</i>), mm ² /s	
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	50,6
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

Sumber (*Source*) : La Puppung (1986)



Keterangan (Remarks): PAO = Polyalphaolefin; POE = Polyolester; HVI = Indeks viskositas tinggi (High viscosity index); CasO = Minyak jarak (Castor oil); dan CurO = Minyak jarak pagar (Jatropha curcas oil)

Gambar 2. Viskositas dan indeks viskositas pelumas dasar (La Puppung, 1986)
Figure 2. Viscosity and viscosity index of lubricant base oil (La Puppung, 1986)

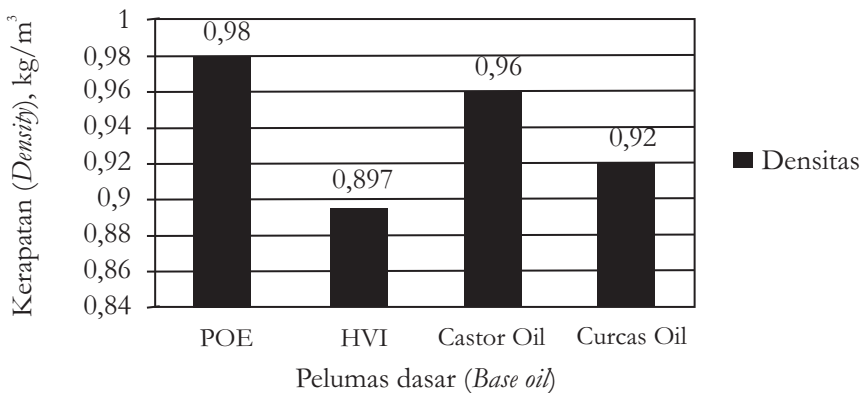


Keterangan (Remarks): PAO = Polyalphaolefin; POE = Polyolester; HVI = Indeks viskositas tinggi (High viscosity index); dan CurO = Minyak jarak pagar (Jatropha curcas oil)

Gambar 3. Perbedaan antara flash point dan pour point pelumas dasar (La Puppung, 1986)
Figure 3. The difference between flash point and pour point of lubricant base oil (La Puppung, 1986)

4. Kerapatan

Kerapatan merupakan berat persatuan volume. Tabel konversi yang meliputi kerapatan, berat jenis dan API gravity diberikan oleh *American Petroleum Institute* dan ASTM. Hubungan antara API gravity dan berat jenis adalah berbanding terbalik, dimana nilai API gravity yang tinggi akan memberikan berat jenis yang rendah. Pada pelumas dasar petroleum dan hidrokarbon, gravity digunakan untuk membedakan antara parafinik, naftenik, dan struktur aromatik. API gravity minyak binatang atau tumbuhan mempunyai nilai lebih rendah dan nilai berat jenis lebih tinggi dibandingkan dengan petroleum. Pada Gambar 4 terlihat bahwa kerapatan minyak tumbuhan lebih tinggi dibandingkan dengan petroleum.



Keterangan (*Remarks*): PAO = Polyalphaolefin; POE = Polyolester; HVI = Indeks viskositas tinggi (*High viscosity index*); dan CurO = Minyak jarak pagar (*Jatropha curcas oil*)

Gambar 4. Kerapatan beberapa pelumas dasar (La Puppung, 1986)
Figure 4. Density of some lubricant base oils (La Puppung, 1986)

C. Sifat Kimia Minyak Jarak Pagar

Minyak nabati merupakan minyak yang larut dalam air, yang berasal dari tumbuhan. Kandungan utama minyak nabati adalah ester gliserol dari asam lemak yang disebut trigliserida. Trigliserida merupakan ester dari satu molekul gliserol dengan tiga molekul asam lemak. Jenis asam lemak dalam trigliserida sangat mempengaruhi sifat-sifat trigliserida yang dibentuknya. Pada umumnya asam lemak yang terkandung di alam memiliki jumlah atom C genap dan masing-masing asam lemak dibedakan antara satu dan lainnya berdasarkan jumlah atom karbon dalam rantai, jumlah dan letak ikatan rangkap antara atom karbon. Asam lemak yang membentuk trigliserida ada 2 macam yaitu asam lemak jenuh (*saturated*) yang tidak mengandung ikatan rangkap dan asam lemak tidak jenuh (*unsaturated*) yang mengandung ikatan rangkap satu (*monounsaturated*) atau lebih dari satu ikatan rangkap (*polyunsaturated*). Derajat ketidakjenuhan rata-rata dari asam lemak atau campuran asam lemak dinyatakan dengan bilangan iod. Asam lemak tidak jenuh kurang stabil bila dibandingkan dengan asam lemak jenuh.

Beberapa keuntungan minyak nabati apabila digunakan sebagai pelumas dasar adalah : *non-toxic*, *biodegradable*, terbarukan, sifat lubrisitasnya baik dan indeks viskositas tinggi. Beberapa kelemahan minyak nabati adalah ketidakstabilannya terhadap oksidasi dan sifat pada temperatur rendahnya jelek. Oksidasi terjadi karena molekul-molekul pelumas bereaksi secara kimiawi dengan oksigen. Produk-produk oksidasi yang terbentuk akan mengentalkan pelumas. Pengaruh jelek terhadap pelumas yang mengalami oksidasi adalah naiknya viskositas dan menyebabkan bilangan asam naik, sehingga akan mengakibatkan karat dan keausan pada logam yang akhirnya akan menimbulkan endapan (deposit). Pada Tabel 6 terlihat kandungan asam lemak tidak jenuh beberapa jenis minyak nabati dibandingkan dengan minyak jarak pagar.

Minyak nabati dengan bilangan iod antara 50 - 130 bisa digunakan sebagai fluida hidraulik. Fluida dengan bilangan iod dibawah 50 mempunyai *pour point* yang tinggi karena kekurangan ketidakjenuhan, dan minyak nabati dengan bilangan iod di atas 130 cenderung tidak stabil karena mudah teroksidasi. Dari Tabel 2 dan Tabel 6 terlihat bahwa minyak jarak pagar dengan bilangan iod antara 97 - 108,5 *pour point*nya rendah. Asam lemak dalam minyak nabati bersifat polar dan cenderung lebih efektif melekat pada permukaan logam dibandingkan dengan minyak mineral. Minyak jarak pagar dapat digunakan sebagai pelumas dasar, tetapi karena adanya ikatan rangkap (ketidakjenuhan) maka menjadi tidak stabil.

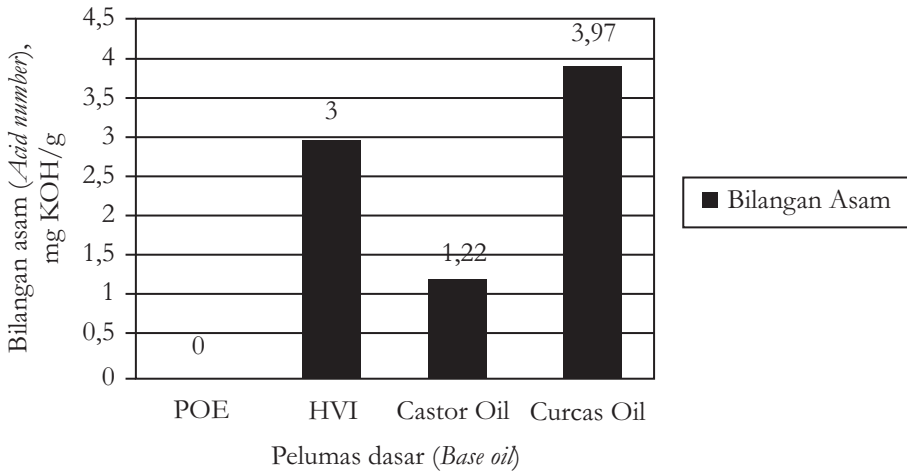
Tabel 6. Kandungan asam lemak tidak jenuh yang ada dalam beberapa minyak nabati

Table 6. Compositions and contents of some vegetable unsaturated oil

No.	Minyak nabati (<i>Vegetable oil</i>)	Asam lemak tidak jenuh (<i>Unsaturated fatty acid</i>)	Bilangan iod (<i>Iod number</i>)
1.	Minyak jarak pagar (<i>Jatropha curcas oil</i>)	Asam oleat, $C_{18}H_{34}O_2$ ($C_{18:1}$) = 47,929%	90 – 108,5
2.	Minyak jarak (<i>Castor oil</i>)	Asam risionelat, $C_{18}H_{34}O_3$ ($C_{18:1}$) = 89,5%	81 - 90
3.	Minyak kelapa (<i>Coco oil</i>)	Asam oleat, $C_{12}H_{24}O_2$ ($C_{12:0}$) = 48,0%	8,5
4.	Minyak kelapa sawit (<i>Palm oil</i>)	Asam oleat, $C_{18}H_{34}O_2$ ($C_{18:1}$) = 38%	83,8
5.	Minyak kedelai (<i>Soybean oil</i>)	Asam linoleat & Asam linolenat, $C_{18}H_{32}O_2$ ($C_{18:2}$) & $C_{18}H_{30}O_2$ ($C_{18:3}$) = 75%	107 - 137

Sumber (*Source*) : La Puppung (1986)

Pada Gambar 5 terlihat perbandingan bilangan asam beberapa pelumas dasar (minyak nabati, minyak mineral dan pelumas dasar sintesis). Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas, serta dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak. Pada Gambar 5 terlihat bahwa bilangan asam minyak jarak pagar lebih besar dibandingkan dengan minyak jarak castor, hal ini disebabkan karena kenaikan bilangan asam yang terjadi karena proses hidrolisa atau oksidasi pada minyak terutama terhadap ikatan rangkapnya.



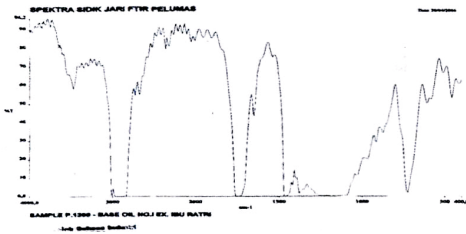
Keterangan (Remarks): POE = Polyolester; HVI = Indeks viskositas tinggi (*High viscosity index*); CaO = Minyak jarak (*Castor oil*); dan CurO = Minyak jarak pagar (*Jatropha curcas oil*)

Gambar 5. Bilangan asam beberapa pelumas dasar (La Puppung, 1986)
Figure 5. Acid number of some lubricant base oils (La Puppung, 1986)

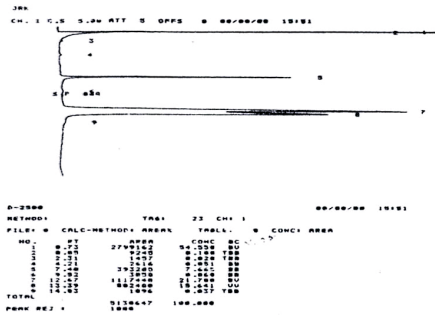
Ikatan rangkap pada minyak nabati ditunjukkan dari bilangan iod-nya, terlihat pada Tabel 5. Semakin tinggi bilangan asam semakin besar kemungkinan terjadinya korosi. Jika dibandingkan dengan pelumas ester sintesis *polyolester* (POE), yaitu ester yang dibuat dari minyak nabati atau hewani dengan mono-, di- atau poli-alkohol dari petroleum. Oleokimia ini bersifat lebih stabil dibandingkan dengan *natural ester*, hal ini terlihat dari nilai bilangan asam minyak jarak pagar yang lebih besar dibandingkan dengan POE.

Pemeriksaan FTIR minyak jarak pagar memberikan spektrum yang dapat dilihat pada Gambar 6. Pada spektrum tersebut terlihat adanya pita serapan yang lebar di daerah bilangan gelombang = 2800-2980 cm^{-1} , yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H dari gugus CH_2 dan CH_3 serta 1 pita serapan kecil pada bilangan gelombang 3050 cm^{-1} untuk gugus tidak jenuh alkena $\text{CH}=\text{CH}$ -. Pita serapan pada panjang gelombang 1720 cm^{-1} menunjukkan bahwa adanya gugus karbonil $>\text{C}=\text{O}$ dari esternya.

Dari uji *Gas Chromatography* (GC) terhadap minyak jarak pagar, seperti terdapat pada Gambar 7 dan Tabel 6 terlihat bahwa kandungan tertinggi dalam minyak jarak pagar adalah asam oleat (47,9%) dengan satu ikatan rangkap.



Gambar 6. Hasil uji FTIR Minyak Jarak Pagar
 Figure 6. Results of FTIR analyses



Gambar 7. Hasil Uji Gas Chromatography
 Figure 7. Results of chromatography analyses

Sifat minyak nabati yang dapat digunakan sebagai pelumas dasar harus mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- ✎ Viskositas 40°C, cSt : 35 - 30
- ✎ Indeks viskositas : > 200
- ✎ Bilangan iod, gr/100 gr : 94 - 126
- ✎ Bilangan penyabunan, mg KOH/gr : 186 - 198
- ✎ Berat jenis, g/cm³ : 0,91 - 0,92
- ✎ Titik tuang, °C : -20
- ✎ Titik nyala, °C : 259

Pada Tabel 7 terlihat bahwa sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar dapat memenuhi persyaratan sebagai pelumas dasar, kecuali pada persyaratan bilangan penyabunan dan *pour point*. Hal ini disebabkan karena bilangan penyabunan menunjukkan jumlah minyak yang dapat tersabunkan, minyak dengan berat molekul tinggi akan mempunyai bilangan penyabunan yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak dengan berat molekul yang lebih rendah. *Pour point* minyak jarak pagar di atas spesifikasi pelumas dasar, hal ini menunjukkan bahwa minyak jarak pagar tidak bisa digunakan di daerah dengan suhu dibawah 0°C.

Berdasarkan pada sifat kimia dan fisik dan hasil penguraian FTIR dan GC, maka modifikasai terhadap minyak jarak pagar perlu dilakukan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimianya. Beberapa contoh modifikasi yang dapat dilakukan adalah interesterifikasi dengan minyak nabati berpotensi yang lain, *blending* dengan ester sintestis untuk meningkatkan sifat pada temperatur rendah, transesterifiikasi dengan beberapa polioliol, atau memodifikasi dengan mengurangi ketidakjenuhan. Sehingga minyak menjadi lebih stabil. Dari uraian sifat fisik dan kimia di atas, maka dapat disimpulkan bahwa minyak jarak pagar mempunyai potensi sebagai pelumas dasar, tetapi ada beberapa modifikasi yang perlu dilakukan untuk meningkatkan kestabilannya.

D. Sintesis Epoksi Minyak Jarak Pagar

Reaksi epoksidasi antara minyak jarak pagar dengan hidrogen peroksida dan asam asetat adalah untuk menghasilkan epoksidasi minyak jarak pagar yang akan dimanfaatkan oleh

Tabel 7. Sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar sebagai pelumas dasar
Table 7. Physical and chemical properties of *jatropha* oil as lubricant base oil

S i f a t (<i>Properties</i>)	Nilai (<i>Value</i>)
Kerapatan (<i>Density</i>), kg/m ³	0,9157
Titik nyala (<i>Flash Point</i>), °C	270
Titik tuang (<i>Pour Point</i>) °C	0
Viskositas (<i>Viscosity</i>) 40°C, cSt	34,17
Viskositas (<i>Viscosity</i>) 100°C, cSt	7,95
Indeks viskositas (<i>Viscosity index</i>)	217
Indeks bias 25°C	1,4655
Bilangan penyabunan (<i>Saponification number</i>), mg KOH/gr	96,7
Bilangan iod (<i>Iod number</i>), gr/100 gr	108,5

industri polimer dan plastik sebagai *plasticizer sekunder*. Tetapi dalam penelitian ini tujuan pembuatan epoksi adalah untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan polioli atau minyak pelumas nabati.

Dalam proses epoksidasi ini, untuk mengetahui pengaruh variabel pada proses epoksidasi minyak jarak, maka diperlukan berbagai macam variasi percobaan diantaranya, percobaan dilakukan pada suhu konstan dengan menggunakan katalis asam sulfat 1% v/v, dan menggunakan variabel perlakuan perbandingan konsentrasi hidrogen peroksida-asam asetat (H₂O₂) dengan (CH₃COOH) sebagai berikut : 1 : 0,07 ; 1 : 0,15 ; 1 : 0,22 dan 1 : 0,30. Lama proses bervariasi yaitu : 0 ; 0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 ; 3,0 ; 3,5 ; 4,0 ; 4,5 ; 5,0 dan 5,5 jam. Hasil penelitian pada variasi konsentrasi tersebut dapat di lihat pada Tabel 8.

Hasil penelitian yang terdapat pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa dari perbandingan pereaktan yang dilakukan, diperoleh bilangan oksiran, di mana pada variasi 1 : 0,07 mol diperoleh bilangan oksiran yang terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan hingga mencapai 4,25 % pada 30 menit ke-6. Hal ini disebabkan seiring dengan bertambahnya waktu reaksi, maka kesempatan molekul molekul zat pereaksi untuk saling bertumbukan semakin luas, sehingga diperoleh konversi minyak nabati yang semakin meningkat. Pada 30 menit ke-7 mengalami penurunan bilangan oksiran hingga mencapai 3,9% di mana hal ini dapat dimungkinkan karena epoksidasi merupakan reaksi bolak balik yang berpotensi untuk diikuti reaksi samping, sehingga epoksidasi sebaiknya dilakukan sesingkat mungkin. Kecepatan pembukuan rantai epoksi 9,10-epoksi stearat asam oleat terepoksidasi berlangsung 1%/jam pada 25°C dan 100% per 1 - 4 jam pada suhu 65°C - 100°C (Kirk dan Othmer, 1982).

Tabel 8. Pengaruh perbandingan konsentrasi hidrogen peroksida dengan asam asetat terhadap bilangan oksiran (suhu 60°C, katalis H₂SO₄ 1% v/v)
Table 8. Effect of hydrogen peroxide to acetic acid contraction ratio on oxyrane number

W a k t u (Time)	Bilangan oksiran (Oxyrane number)			
	1 : 0,07	1 : 0,15	1 : 0,22	1 : 0,30
0	0	0	0	0
0,5	2,12	2,65	3,91	3,30
1	3,55	3,38	4,15	4,24
1,5	3,80	3,78	4,37	4,59
2	4,07	4,07	4,59	4,94
2,5	4,16	4,32	4,68	4,96
3	4,26	4,74	4,78	4,96
3,5	3,93	4,75	4,86	4,89
4	-	4,81	4,93	4,75
4,5	-	4,82	4,63	4,70
5	-	4,90	4,3	4,60
5,5	-	4,71	-	-

Pada perbandingan 1 : 0,15 mol, bilangan oksiran terbaik adalah 4,9% pada 30 menit ke-10 dan kemudian mengalami penurunan pada 30 menit ke-11, dengan bilangan oksiran yang diperoleh 4,71%. Sedangkan pada variasi 1 : 0,22 mol dan 1 : 0,3 mol diperoleh bilangan oksiran yang hampir sama (cenderung konstan) dengan variasi perbandingan 1 : 0,15 mol yang memberikan kenaikan bilangan oksiran seiring dengan waktu reaksi, dengan bilangan oksiran yang diperoleh yaitu 4,93% pada 30 menit ke-8 dan 4,96% pada 30 menit ke-5.

Pada Tabel 8 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi zat pereaksi (asam asetat), dapat meningkatkan kecepatan reaksi. Hal ini dikarenakan, semakin besar konsentrasi zat pereaksi, maka frekuensi terjadinya tumbukan antara molekul molekul yang bereaksi juga semakin besar (Gan et.al, 1992). Dari data yang diperoleh terlihat bahwa, semakin besar konsentrasi asam asetat, maka waktu yang diperlukan untuk memperoleh bilangan oksiran yang tinggi juga lebih singkat, sehingga selain berfungsi sebagai pereaksi, juga dapat berfungsi sebagai semi katalis pada pembentukan asam perasetat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar, memenuhi persyaratan sebagai pelumas dasar kecuali pada persyaratan bilangan penyabunan dan *pour point*. Karakteristik tersebut adalah : kerapatan $0,9157 \text{ kg/m}^3$; flash point 270°C ; pour point 0°C ; viskositas 40°C (cSt) 34,17; viskositas 100°C (cSt) 7,95; viskositas indeks 217; indeks bias 25°C 1,4655; bilangan penyabunan 96,7 mg KOH/gr dan bilangan iod 108,5 gr/100 gr.
2. Sifat kimia dan fisik hasil pengujian FTIR dan GC menunjukkan perlunya perbaikan sifat fisik dan kimia minyak jarak pagar. Beberapa contoh modifikasi yang dapat dilakukan adalah interesterifikasi dengan minyak nabati yang lebih baik, *blending* dengan ester sintesis untuk meningkatkan sifat bahan pelumas pada temperatur rendah, mengurangi ketidakjenuhan sehingga minyak menjadi lebih stabil.
3. Perbedaan penambahan konsentrasi asam asetat dengan hidrogen peroksida berpengaruh terhadap bilangan oksiran pada senyawa epoksi yang dihasilkan.
4. Pada kisaran percobaan yang dilakukan, kondisi terbaik dicapai pada 3 jam operasi dengan suhu 60°C dan perbandingan konsentrasi hidrogen peroksida-asam asetat (H_2O_2) - (CH_3COOH) adalah 1 : 0,07 mol dengan besarnya bilangan oksiran 4,26%.
5. Masih diperlukan penelitian lanjutan khususnya mengenai teknologi pengolahan epoksi menjadi minyak pelumas (poliol).

DAFTAR PUSTAKA

- Askew, M.F. 2004. Bio-lubricants Markets Data Sheet. IENICA Inform Project.
- Gan, L.H., S.H. Goh. & K.S. Ooi. 1992. Kinetic Studies of Epoxidation and Oxirane Cleavages of Palm Olein Methyl Esters". JAOCS, Vol. 69.
- Güibitz, G.M., M. Mittelbach & M. Trabi. 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. Bioresource Tech. 67 : 73 - 82.
- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. 1982. Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 8 - 9, Third edition, John Wiley and Sons. New York.
- La Puppung. 1986. Minyak jarak memiliki potensi sebagai bahan dasar minyak pelumas. Lembaran Publikasi Lemigas 4 : 55 - 64. Jakarta.
- Nugroho, A. 2005. Ensiklopedia Otomotif. Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sudradjat, R. 2006. Memproduksi biodiesel jarak pagar. Solusi hasilkan biodiesel berkualitas tinggi. Penerbit Penebar Swadaya Seri Agritekno. Jakarta.