

# Pengaruh Waktu *Milling* LiOH Terhadap Karakteristik Gemuk Lumas Bio untuk Aplikasi Temperatur Tinggi

## The Milling Time's Effect of LiOH Powder to the Bio Grease Characteristics for High Temperature Applications

Milda Fibria<sup>1)</sup> dan Anne Zulfia<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: 62-21-7394422, Fax: 62-21-7246150

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

E-mail: mildafibria@yahoo.com

Teregistrasi I tanggal 21 Juli 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal 20 Agustus 2014

Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2014

### ABSTRAK

Penggunaan litium hidroksida (LiOH) sebagai bahan *thickener* dalam proses pembuatan gemuk lumas sangat umum digunakan. Gemuk sabun litium merupakan gemuk sabun sederhana yang banyak digunakan untuk aplikasi tujuan umum di mana suhu tidak melebihi 130°C dengan nilai *dropping point* biasanya 180°C. Dalam proses pembuatan sabun litium, LiOH tidak dapat larut dalam minyak, sehingga dibutuhkan air untuk melarutkannya. Sementara banyaknya air yang digunakan dalam pencampuran LiOH dapat berpengaruh terhadap ketidakstabilan gemuk lumas. Oleh sebab itu LiOH perlu dihaluskan untuk dapat menghasilkan suspensi LiOH dalam air yang jumlahnya terbatas. Penghalusan LiOH dilakukan dalam variasi waktu *milling* 0 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam dan 10 jam yang menghasilkan gemuk lumas dengan karakteristik yang berbeda-beda. Dari hasil-hasil percobaan menunjukkan bahwa dengan waktu *milling* selama 3 jam, diperoleh nilai karakteristik gemuk lumas yang optimum. Dengan perlakuan *milling* terhadap serbuk LiOH selama tiga jam, gemuk lumas bio mampu diaplikasikan pada suhu tinggi. Pada kondisi ini, gemuk lumas tersebut mempunyai *dropping point* sebesar 222°C dan *scar* diameter 0,39 mm.

**Kata Kunci:** LiOH, *milling*, waktu *milling*, karakteristik gemuk lumas

### ABSTRACT

*Lithium hydroxide (LiOH) powder is commonly used as a raw material in the manufacturing process of grease thickener. Lithium soap greases are simple soap greases which are widely used for general purpose applications, where the temperature does not exceed 130 °C and dropping point values of approximately 180 °C. However, during the manufacture process of lithium soap, LiOH is not quite soluble in oil, consequently some water is required to dissolve this compound. On the other hand, the amount of water used in dissolving LiOH may affect the instability of greases. Milling of LiOH, therefore, is needed to produce a refined suspension of LiOH in limited water. LiOH treatments were conducted with a variable milling time of 0, 1 hour, 2 hours, 3 hours, 5 hours and 10 hours. These treatments produce greases with different characteristics. Based on the experimental results, the optimum characteristic of greases is obtained at the milling time of 3 hours. By using LiOH treated for 3 hours milling, bio greases can be*

*applied for high temperature operation. In such circumstances, the bio greases have dropping point and scar diameter of 222°C and 0.39 mm respectively.*

**Keywords:** *LiOH, milling, milling time, the characteristics of greases*

## I. PENDAHULUAN

Proses suhu tinggi seringkali digunakan dalam industri material. Sementara itu, penggunaan suhu tinggi pada proses produksi berimbas terhadap material mesin-mesin yang bekerja serta sistem pelumasannya. Untuk bisa bekerja pada suhu tinggi dibutuhkan pelumas yang memiliki nilai *dropping point* yang tinggi yang mampu bertahan dan bekerja pada temperatur tinggi, disamping performa lain yang juga penting, seperti kemampuan menahan aus dan korosi.

Pelumas yang dikenal dan digunakan masyarakat merupakan hasil pencampuran *base oil* dan aditif dengan komposisi tertentu (Robert W.M. 1993). Pelumas gemuk, seperti semua jenis pelumas lainnya baik pelumas cair maupun padat, bekerja dengan cara membentuk lapisan pada permukaan, mencegah kontak langsung antar dua permukaan yang bergesekan, agar berkurang keausan (*wear*) dan kehilangan energinya akibat gesekan (*friction*) tersebut (Yousif A.E. 1982). Dengan demikian keberadaan lapisan gemuk lumas dimaksudkan untuk memudahkan gerakan pada setiap elemen mesin, terutama bantalan peluru dan roda gigi, yang selanjutnya berkontribusi menaikkan efisiensi mesin (Booser E.R. 1992).

Di lain sisi, pemakaian gemuk lumas mendapat perhatian dari masyarakat peduli lingkungan. Hal ini karena setelah habis masa pakainya semua gemuk akan dibuang, tanpa dapat didaur ulang, padahal sebagian besar gemuk komersial masih dibuat menggunakan minyak mineral yang tak ramah lingkungan (Dresel W. 1994). Sebagian besar gemuk yang dijumpai di pasaran, yaitu sekitar 98% adalah gemuk mineral. Gemuk ini menggunakan minyak dasar dari pelumas mineral, yaitu pelumas dari minyak bumi yang sampai saat ini tersedia cukup banyak dan relatif lebih murah harganya (Lansdown A.R. 2004). Di beberapa negara, gemuk berbasis minyak mineral dibatasi secara ketat penggunaannya, bahkan pemerintahnya memberikan insentif kepada konsumen maupun produsen pelumas yang berpartisipasi mengurangi penggunaan gemuk

berbasis mineral dan menggantikannya dengan gemuk ramah lingkungan (Jeffrey .S.M. 2014).

Saat ini terdapat beberapa penelitian yang mencoba mengembangkan gemuk lumas dari bahan dasar minyak jarak, karena berdasarkan penelitian minyak jarak memiliki stabilitas oksidasi yang lebih tinggi dibanding minyak nabati yang lain. Selain mudah terdegradasi, minyak jarak juga memiliki sifat daya lekat pada logam yang lebih baik diminyak nabati lainnya (Lou H. & Erwin R. 2011). Minyak jarak jenis *Ricinus communis L* memiliki asam risinoleat 89-94 %, linoleat 4-5 %, sejumlah kecil oleat dan asam lemak jenuh lainnya (Kirk R.E and Othmer D. F. 1993).

Bahan pengental (*thickener*) sabun sebagai komponen dalam gemuk lumas dibuat dengan mereaksikan asam 12-Hidroksistearat (HSA) dan litium hidroksida untuk menghasilkan gemuk lumas yang memiliki resistensi yang tinggi terhadap air dan mampu bekerja pada suhu tinggi (Barriga J.A. 2006; Theo M. & Wilfried 2007). Komposisi pengental 10 s/d 20% untuk menghasilkan tingkat kekerasan gemuk lumas NLGI 2 (Wiggins,1997; Sukirno & Ludi 2007). Kemampuan *thickener* menahan lepasnya minyak dapat meningkatkan *dropping point* gemuk lumas. Semakin tinggi nilai *dropping point*, maka gemuk lumas berpotensi digunakan pada temperatur tinggi.

*Thickener* pada gemuk lumas memberikan karakteristik kekakuan atau konsistensi terhadap gemuk lumas yang merupakan ukuran resistensi terhadap deformasi oleh gaya yang diberikan (Sukirno 2009). Prinsip kerja *thickener* dalam memerangkap *base oil* pada gemuk lumas digambarkan seperti *spons* yang bisa menyerap air di dalamnya. Ketika struktur *spons* memiliki rongga yang semakin kecil, maka ia semakin banyak menyerap air dan memerangkapnya dengan kuat. Deskripsi ini dapat membantu dalam pengembangan *thickener* yang lebih baik jika melihat dari *fiber structure thickener* (Mortier R.M. ed. 2010).

Untuk menghasilkan *fiber structure* yang lebih baik pada *thickener* sabun, cara yang lazim digunakan adalah dengan penambahan *complexing agent*

sehingga dihasilkan sabun yang kompleks. Akan tetapi pembuatan sabun litium kompleks lebih panjang dan lebih mahal dibanding litium biasa, sehingga dicari cara untuk meningkatkan kemampuan *thickener* guna menghasilkan gemuk lumas yang memiliki nilai *dropping point* yang tinggi.

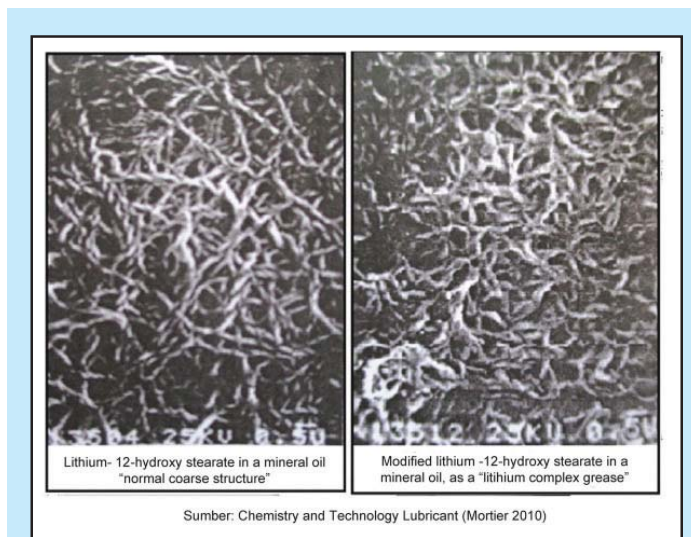
Beberapa penelitian terhadap minyak jarak sebagai bahan dasar gemuk lumas adalah dengan penambahan beberapa jenis aditif untuk meningkatkan performanya. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil salah satunya yaitu nilai uji *dropping point* tertinggi pada 175°C dan 192,5°C (Ulfiati R. 2009, 2011).

Penelitian ini dilakukan dengan maksud meningkatkan performa gemuk lumas dengan cara mengembangkan bahan *thickener*-nya. Sehingga pada penelitian ini dilakukan *milling treatment* terhadap serbuk LiOH pada variasi waktu tertentu. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap karakteristik fisika kimia gemuk lumas berbahan dasar minyak jarak khususnya nilai *dropping point*.

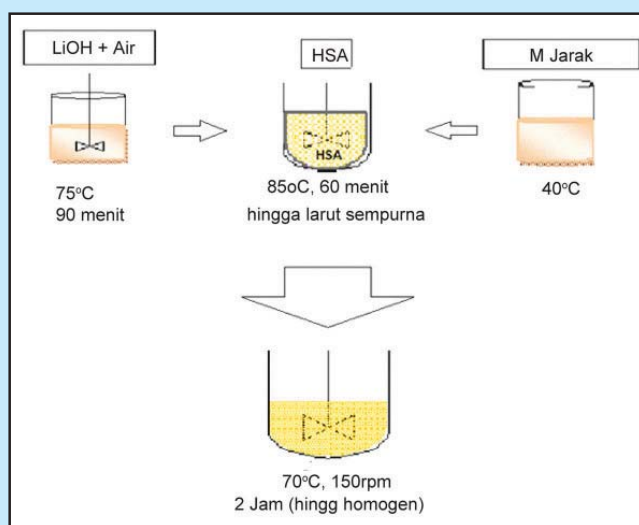
## II. BAHAN DAN METODE

Proses pembuatan gemuk lumas dalam penelitian ini menggunakan sistem *cold set* di mana suhu yang digunakan adalah suhu yang tidak terlalu tinggi diantaranya meliputi: Pemanasan asam 12-Hidroksistearat pada temperatur lelehnya yaitu 85°C selama 1 jam, pelarutan LiOH dalam air pada suhu 75°C, serta *blending* gemuk lumas yang dilakukan selama 90 s/d 120 menit sampai homogen dengan menjaga temperatur *blending* pada suhu 65-70°C. Skema pembuatan gemuk lumas dapat dilihat pada Gambar 3.

Serbuk LiOH di *milling* pada jangka waktu 0 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam, dan 10 jam. Pada masing-masing hasil *milling* LiOH digunakan sebagai bahan *thickener* gemuk lumas. Karakterisasi hasil akhir gemuk lumas yang dilakukan meliputi uji *dropping point*, uji *four ball*, penetrasi, dan uji korosi bilah tembaga.



Gambar 2  
Struktur serat sabun litium hidroksistearat



Gambar 3  
Skema pembuatan  
gemuk lumas sabun litium hidroksistearat

## III. HASIL DAN DISKUSI

Litium hidroksida tidak dapat larut dalam minyak, tetapi larut dalam air dengan bantuan suhu dan pengadukan seperti informasi dalam Tabel 1. Oleh sebab itu dilakukan proses penghalusan (*milling*) terhadap serbuk LiOH.

Proses *milling* terhadap LiOH pada mesin PBM menggunakan variasi waktu *milling* yaitu selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 5 jam, 10 jam, dan mendapatkan hasil seperti Gambar 4.

Serbuk LiOH mengalami perubahan fisik setelah dilakukan proses *milling*. Dari awalnya yang berbentuk *granular* seperti gula pasir yang sangat kasar (a), setelah di-*milling* selama satu jam serbuk menjadi lebih halus (b). Serbuk paling halus terlihat pada LiOH yang di-*milling* selama tiga jam (d), sementara pada *milling* selama lima jam mulai tampak terjadinya *aglomerasi* (e). *Aglomerasi* semakin besar terjadi pada serbuk LiOH yang di-*milling* selama 10 jam. Perbedaan waktu *milling* yang berpengaruh terhadap penampakan fisik serbuk LiOH tentunya juga akan mempengaruhi karakteristik gemuk lumas yang dihasilkan.

Dari serbuk yang telah di-*milling*, dilakukan uji SEM terhadap serbuk yang di-*milling* selama 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Hasil SEM dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Pelakuan *milling* terhadap serbuk LiOH menghasilkan butir serbuk yang berbeda-beda antara lamanya waktu *milling*.

Pada *milling* selama satu jam (Gambar 5a), diperoleh bentuk serbuk yang terlihat tidak merata, tidak halus, dan masih berupa pecahan-pecahan kasar bersudut tak beraturan. Ini menandakan *milling* yang belum sempurna.

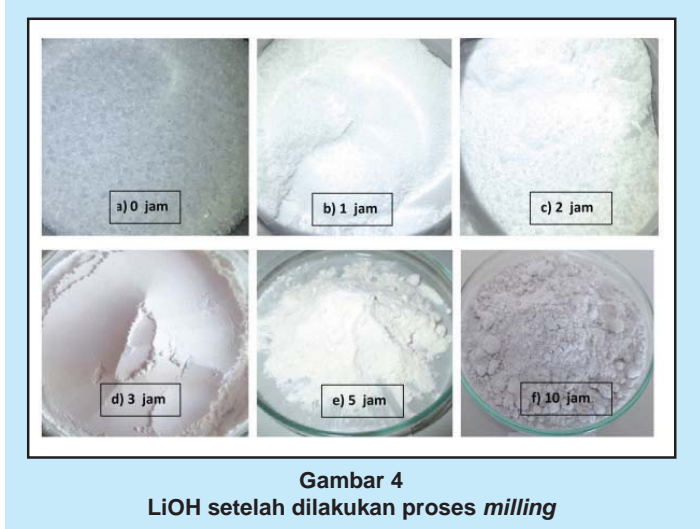
Pada *milling* selama tiga jam (Gambar 5b), diperoleh bentuk serbuk yang secara umum memiliki bentuk partikular (seperti bola-bola kecil) yang tidak merata namun halus tanpa sudut. Pada tahap ini mulai terlihat tanda-tanda adanya *aglomerasi* antar butirnya.

Pelakuan *milling* selama lima jam (Gambar 5c), diperoleh bentuk serbuk yang halus, namun cukup

**Tabel 1**  
**Kelarutan LiOH dalam air**

Kelarutan LiOH dalam air	
Anhydrate	Monohydrate
12,7 g/100 mL pada 0°C	22, 3 g/100 mL pada 10°C
12,8 g/100 mL pada 20°C	26,8 g/100 mL pada 80°C
17,5 g/100 mL pada 100°C	

sumber: Lide, David R., ed. (2006); Khosravi, Javad (2007)



besar. Besaran butir LiOH adalah akibat terjadinya *aglomerasi* (bersatunya) antar butir-butir halus LiOH. Semakin lama LiOH di-*milling*, akan semakin halus/kecil butirannya dan akan semakin rentan untuk terjadinya *aglomerasi*.

**A. Pengaruh waktu *milling* terhadap proses pembuatan gemuk lumas bio**

Menggunakan prosedur *blending* sesuai dengan skema pada Gambar 5 dengan formula sebagai berikut:

Jangka waktu *milling treatment* LiOH berpengaruh terhadap proses pencampurannya dalam air hingga mendapat suspensi LiOH dalam air yang sempurna, dapat dilihat pada Tabel 3. Hal ini dikarenakan ukuran butir LiOH yang sudah semakin halus.

Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap jangka waktu pembentukan suspensi LiOH dapat dilihat pada Gambar 6.

Sedangkan grafik pengaruh waktu *milling* LiOH

**Tabel 2**  
**Formula gemuk lumas**

Bahan	Komposisi	
	(%)	(gram)
Air	-	24,5
Li OH	1,4	7
HSA	17,5	87,5
Minyak Jarak	81,1	405,5





**Gambar 5**  
Hasil SEM serbuk LiOH di *milling* selama satu jam (a) dan tiga jam (b)

terhadap suhu pencampuran dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari kedua grafik diatas, penambahan waktu *milling* pada LiOH dapat menurunkan baik waktu pembentukannya maupun suhu pencampurannya.

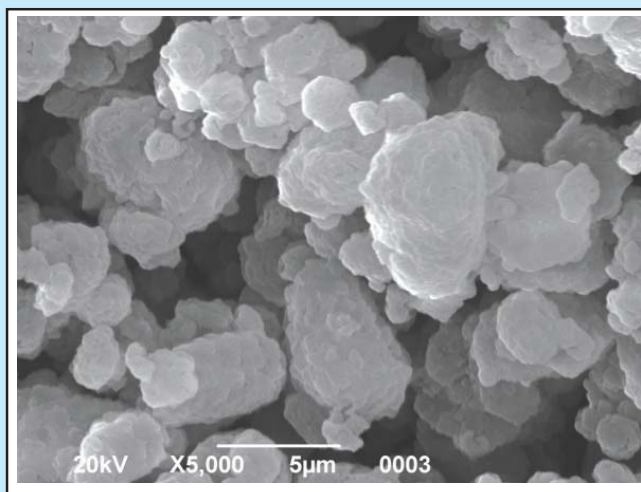
### B. Pengaruh waktu *milling* terhadap karakteristik gemuk lumas bio

Sementara waktu *milling* LiOH berpengaruh cukup signifikan terhadap hasil uji karakteristik gemuk lumas bio yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil uji karakteristik gemuk lumas sabun litium hidroksistearat, maka dapat dianalisa mengenai pengaruh rasio pencampuran LiOH dalam air terhadap hasil uji karakteristik gemuk lumas berdasarkan data laboratorium.

#### 1. Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap *dropping point* gemuk lumas

Hasil uji *dropping point* menunjukkan bahwa lamanya waktu *milling* dapat mempengaruhi nilai *dropping point*. Penambahan lamanya waktu *milling* selama satu jam memberi pengaruh terhadap kenaikan nilai *dropping point* secara signifikan hingga proses *milling* dilakukan selama tiga jam. Akan tetapi terjadi



**Gambar 5c**  
Hasil SEM serbuk LiOH di *milling* selama lima jam

**Tabel 3**  
Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap proses pembuatan gemuk lumas

Waktu <i>milling</i> (jam)	0	1	2	3	5	10
Lama pembentukan suspensi LiOH (menit)	90	15	10	10	8	8
Suhu pencampuran (°C)	65	60	50	40	35	35

penurunan nilai terhadap *dropping point* dari gemuk lumas yang menggunakan LiOH yang di-*milling* lima jam atau lebih. Pengaruh waktu *milling* LiOH

terhadap hasil uji *dropping point* gemuk lumas dapat dilihat pada Gambar 8.

Berdasarkan uji SEM terhadap butiran LiOH yang di-*milling* selama lima jam, terjadi aglomerasi butir yang mempengaruhi reaksi saponifikasi pada pembuatan *thickener*. Nilai optimal *dropping point* adalah pada nilai 220°C, dimana gemuk lumas ini menggunakan LiOH yang telah di-*milling* selama tiga jam dengan tingkat kehalusan butir yang merata berdasarkan uji SEM terhadap serbuknya.

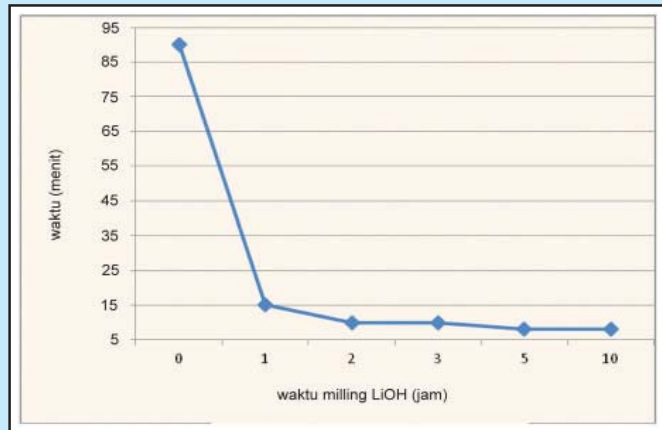
Dengan waktu *milling* LiOH yang optimal, dapat meningkatkan nilai *dropping point* hingga mencapai suhu 222°C. Nilai ini secara umum memenuhi kebutuhan gemuk lumas pada pemakaian suhu tinggi.

2. Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap kekerasan dan konsistensi gemuk lumas

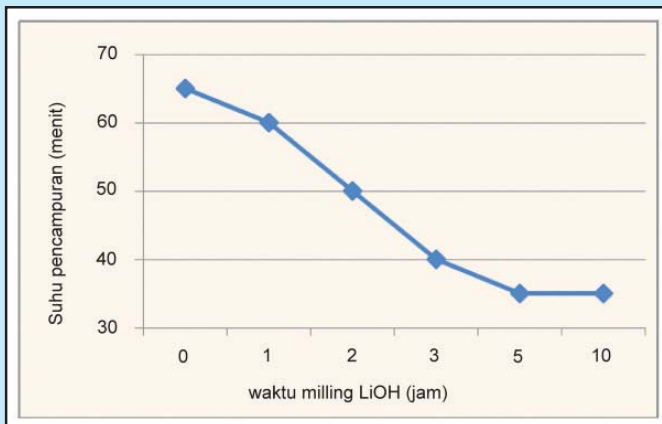
Tingkat kekerasan gemuk lumas diukur dari uji *cone penetration* terhadap gemuk lumas setelah dikenakan kerja, berdasarkan kelas NLGI nya. Sedangkan tingkat konsistensi diukur dengan uji *cone penetration* berdasarkan perubahan tingkat kekerasan sebelum dan sesudah dikenakan kerja. Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap kekerasan gemuk lumas serta konsistensinya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

Berdasarkan grafik di atas, lamanya waktu *milling* LiOH sangat mempengaruhi tingkat kekerasan gemuk lumas (*worked penetration*). Semakin lama waktu *milling* LiOH, maka semakin keras gemuk lumas yang dihasilkan. Hal ini kemungkinan terjadi akibat terbentuknya *thickener* dengan serat struktur yang semakin banyak pada proses saponifikasi.

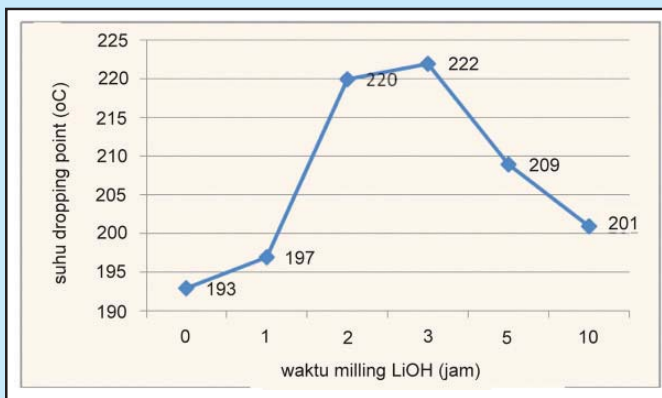
Sementara perubahan tingkat kekerasan gemuk lumas diukur berdasarkan perubahan dari hasil uji *unworked penetration* ke hasil uji *worked penetration*. Gambar 9 menunjukkan perubahan struktur gemuk lumas. Persentase perubahan tekstur gemuk lumas dapat dilihat pada Gambar 10, Grafik



**Gambar 6**  
Grafik pengaruh waktu *milling* LiOH Terhadap waktu pembentukan suspensi LiOH



**Gambar 7**  
Grafik pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap suhu pencampuran dalam air



**Gambar 8**  
Grafik pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap *dropping point* gemuk lumas

**Tabel 4**  
Hasil uji karakteristik gemuk lumas

Pengujian	Hasil uji berdasarkan lamanya waktu <i>milling</i>					
	GL 1	GL 2	GL 3	GL 4	GL 5	GL 6
	0 jam	1 jam	2 jam	3 jam	5 jam	10 jam
<i>Dropping point</i> ( $^{\circ}$ C)	193	197	220	222	209	201
<i>Unworked Penetration</i>	270	269	268	267	260	254
<i>Worked Penetration</i>	282	280	274	271	269	265
Perubahan kekerasan (%)	4,44	4,09	2,24	1,5	3,46	4,33
<i>Scar diameter</i> (mm)	0,596	0,454	0,399	0,393	0,391	0,391
Korosi bilah tembaga	1a	1a	1a	1a	1a	1a

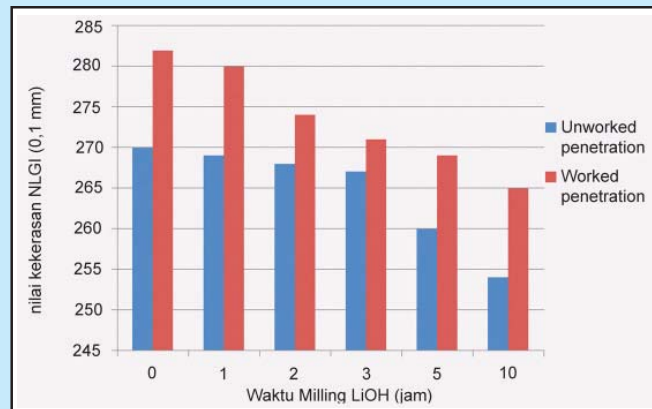
pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap perubahan tekstur gemuk lumas.

Berdasarkan data persentase perubahan tekstur (tingkat kekerasan) gemuk lumas, lamanya waktu *milling* LiOH mengakibatkan perubahan tingkat kestabilan gemuk lumas. Pada proses *milling* 3 jam, tingkat kestabilan berada pada nilai yang paling tinggi dengan perubahan tekstur *after work penetration* sebesar 1,5 %. Sedangkan pada waktu *milling* 5 jam dan 10 jam gemuk lumas mengalami perubahan struktur yang semakin besar *after work penetration*, hal ini menunjukkan penurunan tingkat kestabilan gemuk lumas.

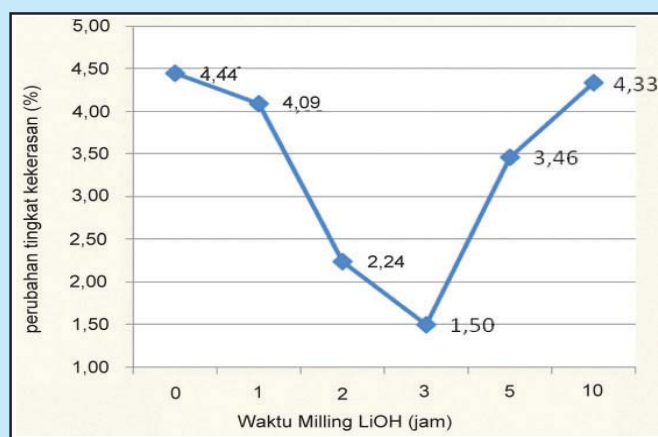
Dengan memperhatikan hasil SEM terhadap serbuk LiOH yang telah di-*milling*, bahwa adanya kandungan air dalam serbuk LiOH yang di-*milling* dengan waktu yang semakin lama, dirasa menjadi penyebab turunnya tingkat kestabilan gemuk lumas. Hal ini terlihat dari butir-butir LiOH yang menggumpal satu-sama lain (terjadi aglomerasi) setelah LiOH di-*milling* lebih dari tiga jam.

### 3. Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap *scar diameter*

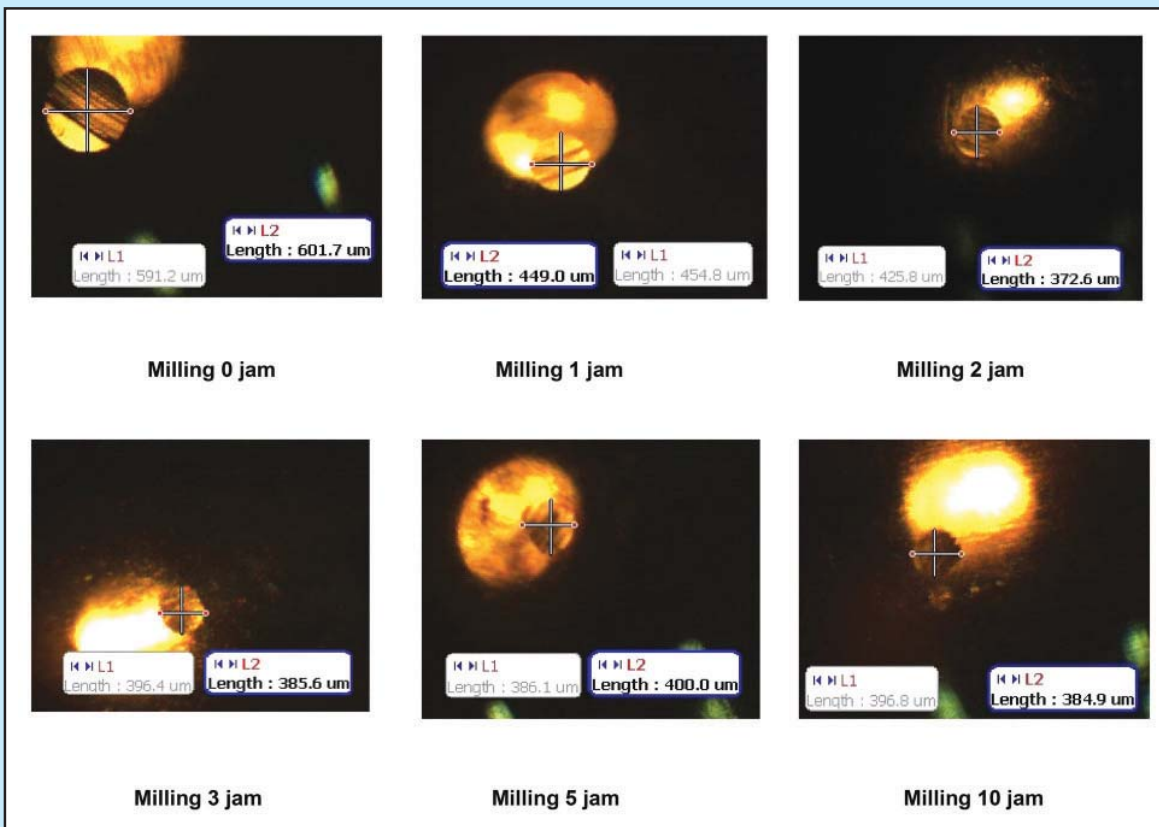
Berdasarkan hasil uji karakteristik gemuk lumas pada tabel 4, pengaruh waktu *milling* LiOH memberikan hasil *scar*



**Gambar 9**  
Grafik pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap penetrasi gemuk lumas



**Gambar 10**  
Grafik pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap kestabilan gemuk lumas

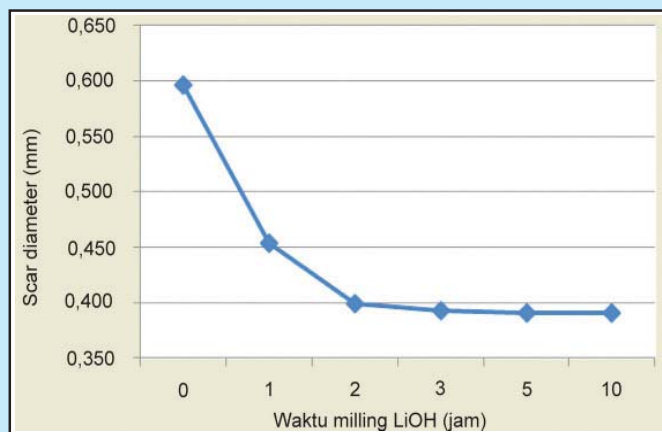


Gambar 11  
Perubahan Scar diameter pada uji *four ball* terhadap gemuk lumas dengan perbedaan waktu *milling* LiOH

diameter yang semakin mengecil pada bola baja yang digunakan dalam pengujian *four ball*. Gambar *scar* diameter pada uji *four ball* dapat dilihat pada Gambar 11.

Lamanya waktu *milling* LiOH memberikan hasil *scar* diameter pada uji *four ball* terhadap gemuk lumas. Perbandingan ukuran *scar* diameter antara gemuk lumas dapat dilihat pada Gambar 12.

Grafik diatas menunjukkan pengaruh proses *milling* terhadap *scar* diameter yang menurun dengan sangat signifikan terjadi setelah serbuk LiOH di- *milling* selama 1 jam dan 2 jam, setelah dilanjutkan proses *milling* dengan waktu *milling* 3 jam, 5 jam, dan 10 jam, besarnya *scar* diameter yang terbentuk menunjukkan penurunan ukuran *scar* diameter yang tidak signifikan. Semakin kecil ukuran *scar* diameter menandakan performa gemuk lumas yang semakin



Gambar 12  
Grafik pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap *scar* diameter

baik. Nilai 0,39 mm adalah ukuran *scar* diameter yang optimal dihasilkan oleh pengujian pada gemuk lumas berbahan dasar minyak jarak pada dirancang pada penelitian ini.



4. Pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap uji korosi bilah tembaga

Berdasarkan hasil uji korosi bilah tembaga yang ditampilkan pada Gambar 13 menunjukkan bahwa lamanya waktu *milling* LiOH tidak berpengaruh terhadap hasil uji korosi bilah tembaga yang ditandai dengan nilai yang sama antara nilai yang satu dengan nilai yang lain yaitu 1a, seperti terlihat pada gambar. Ini berarti gemuk lumas berbahan dasar minyak jarak mampu melindungi permukaan logam dari korosi akibat asam.

Setelah dilakukan evaluasi terhadap gemuk lumas yang dihasilkan dengan memberi perlakuan *milling* terhadap serbuk LiOH, maka didapat hasil optimum dengan nilai *dropping point* tertinggi yaitu 222°C, tingkat konsistensi dengan perubahan 1,5 % (stabil) dan perlindungan aus yang baik dengan nilai *scar* diameter sebesar 0,393 mm.

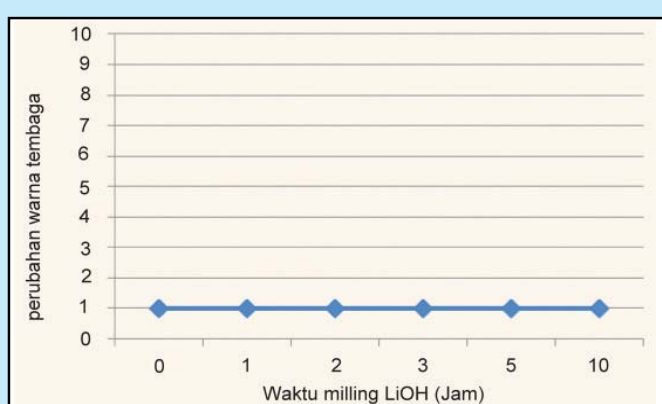
#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh waktu *milling* LiOH terhadap gemuk lumas bio untuk aplikasi temperatur tinggi sebagaimana yang telah diuraikan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Proses *milling* terhadap serbuk LiOH selama tiga jam untuk pembuatan sabun litium hidroksistearat sebagai *thickener* gemuk lumas dapat berpengaruh terhadap proses pembuatan maupun sifat dan karakteristik gemuk lumas diantaranya mempercepat pelarutan LiOH dalam air, meningkatkan nilai *dropping point* hingga mencapai 222°C sehingga mampu digunakan pada temperatur tinggi. Selain itu gemuk lumas yang dihasilkan dengan *milling treatment* terhadap LiOH nya, mampu melindungi permukaan logam lebih baik dan meningkatkan kestabilan gemuk lumas.

#### KEPUSTAKAAN

- Barriga J.A.**, 2006, “*Sunflower based grease for heavy duty applications*”, *Mecânica, Exp.*, 13, pp: 129-133.
- Booser E.R.**, 1992, “*Handbook of Lubrication*” Volume II, (8th ed). Boca Raton: CRC Press, Inc.
- Dresel W.**, 1994, “*Biologically Degradable Lubricating Greases Based on Industrial Crops*”. *Industrial Crops and Products*. 2, pp: 281-288.



**Gambar 13**  
Grafik pengaruh waktu *milling* terhadap *Copper strip corrosion*

- Jeffrey .S.M.** (2014), “*Renewable Lubricants Manual Biobased Oils, Fluids Greases*”, United Bio Lube. [www.biolumbriants.us/Renewable\\_Lubricants\\_Manual.html](http://www.biolumbriants.us/Renewable_Lubricants_Manual.html), Accessed: May 11, 2014.
- John J.L.**, 2009, “*An Investigation into the Use of Boron Esters to Improve the High- Temperature Capability of Lithium 12-Hydroxystearate Soap Thickened Grease*”, The Lubrizol Corporation Wickliffe, Ohio, USA, Presented at the NLGI 76th Annual Meeting Tucson, Arizona, USA June 13-16
- Kirk R.E & Othmer D. F.**, 1993.. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Volume: 5. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Lansdown A.R.**, 2004, “*Lubrications and Lubricant Selection*”, a Practical Guide, 3rd Edition, Professional Engineering Published Limited, Suffolk, UK, pp:128-131.
- Lou H. & Erwin R.**, “*Biobased Lubricants and Greases*” page 21, ISBN: 978-0-470-74158-0 , 2011, pp: 72-74.
- Leslie R.R.**, 2006, “*Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants*” 459, ISBN 1-57444-723-8, Pennsylvania, USA, pp: 3-5.
- Mortier R.M., Fox M.F., Orzulik S.T.**, 2010, (ed), “*Chemistry and Technology of Lubricants 3rd*” . Springer, London, pp: 413-414.
- Paul A.B. & David S.S.**, 1999, “*Synthetic Lubricants and High Performance Functional Fluids*”, New York, ISBN: 0-8247-0194-1, pp: 519-537.
- Purnami T.**, 2013, Laporan Penelitian “*Pembuatan Bahan Thickener Asam 12- Hidroksistearat Berbasis Minyak Jarak*”, PPPTMGB Lemigas.
- Robert W.M.**, 1993, “*Lubricants and their Applications*” ,67, Arizona,USA, ISBN 0-07-041992-2pp : 9-25; 67-68.

**Sukirno & Ludi.** (2007). “Biogrease Using Modified Palm Oil as Base Oil and Thickener Lithium Soap”, Seminar QIR Fakultas Teknik –UI, Depok.

**Theo M. & Wilfried D.** (2007), “Lubricants and Lubrication”, 2nd Edition, Wiley-VCH, Weinheim, pp: 648-658.

**Ulfiati R.** (2009),, “Formulasi Gemuk Lumas sabun Litium dengan Bahan Dasar Minyak Jarak” Lembar Publikasi

Lemigas, 98. Vol.43, No.2. 2009 ISSN 0125-9644pp: 98-106.

**Wartawan L.A.** (1998), “Pelumas Otomotif dan Industri”, Balai Pustaka, Jakarta, pp:117-136.

**Wiggins** (1997), “Biodegradable vegetable oil grease”. US Pat No 5,595,965

**Yousif A.E.** (1982),, “Rheological Properties of Lubricating Greases Wear”, 82 (13) pp: 13-25.