

## PENGARUH PENGGUNAAN ASAM AZELAT SEBAGAI *COMPLEXING AGENT* DALAM GEMUK LUMAS NABATI

### *(The Effect of Azelaic Acid Application as Complexing Agent in Bio-based Grease)*

M. Hanifuddin, Milda Fibria, Catur Y. Respatiningsih, dan Rona Malam K.

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

E-mail: [mhanif@lemigas.esdm.go.id](mailto:mhanif@lemigas.esdm.go.id); [milda@lemigas.esdm.go.id](mailto:milda@lemigas.esdm.go.id);  
[cyuliani@lemigas.esdm.go.id](mailto:cyuliani@lemigas.esdm.go.id); [ronamk@lemigas.esdm.go.id](mailto:ronamk@lemigas.esdm.go.id)

Teregistrasi I tanggal 5 Februari 2018; Diterima setelah perbaikan tanggal 11 April 2018;  
Disetujui terbit tanggal: 30 April 2018

#### ABSTRAK

Litium hidroksida (LiOH) sangat umum digunakan sebagai bahan *thickener* dalam proses pembuatan gemuk lumas dalam bentuk sabun. Gemuk sabun litium merupakan gemuk sabun sederhana yang banyak digunakan untuk aplikasi tujuan umum (*general purpose*) yang suhu operasinya tidak melebihi 130°C, dengan nilai *dropping point* biasanya 180°C. Performa gemuk lumas dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan bahan pengompleks ke dalam formulasinya. Beberapa jenis bahan pengompleks yang ditambahkan dalam gemuk lumas diantaranya asam azelat, asam adipat, asam benzoat dan asam salisilat. Dalam penelitian ini, digunakan penambahan asam azelat secara bertahap mulai dari 12,5 gr; 15gr; 17,5gr; 20 gr sebagai substitusi sebagian asam 12-HSA, dengan tujuan untuk mendapatkan gemuk lumas sabun litium kompleks. Penelitian menunjukkan gemuk lumas diperoleh yang diperoleh secara optimum memiliki nilai *dropping point* sebesar 251°C dan nilai konsistensi sebesar 286 atau masuk dalam kategori NLGI 2. Pada pengujian unjuk kerja didapat nilai scar diameter sebesar 0,37 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa asam azelat bekerja secara sinergis dengan sabun litium sebagai bahan pengompleks dalam gemuk lumas nabati.

**Kata Kunci:** asam azelat, *complexing agent*, gemuk lumas, minyak jarak

#### ABSTRACT

*Lithium hydroxide (LiOH) powder is commonly used as a raw material in the manufacturing process of soap-grease thickener. Lithium soap greases are simple soap greases which are widely used for general purposes applications, where the temperature do not exceed 130°C and dropping point values of approximately 180°C. The performance of greases can be improved by adding complexing agent in their formulation. Some of the complexing agents which can be added into grease formulations are azelic acid, adipic acid, benzoic acid and salicylic acid. In this study, a gradual increase of azelic acid starting from 12.5 g; 15gr; 17,5gr; 20 grams were added as a substitute of some 12-Hydroxy stearic Acid, which were designed to form lithium-complex soaps greases. The research found a type of grease which has been formulated optimally give dropping point value of 251°C and consistency of 286 or NLGI 2. Therefore, it can be concluded that azelic acid acts synergetically with lithium soap as the complexing agent in bio-based grease.*

**Keywords:** *azelaic acid, complexing agent, grease, castor oil*

## I. PENDAHULUAN

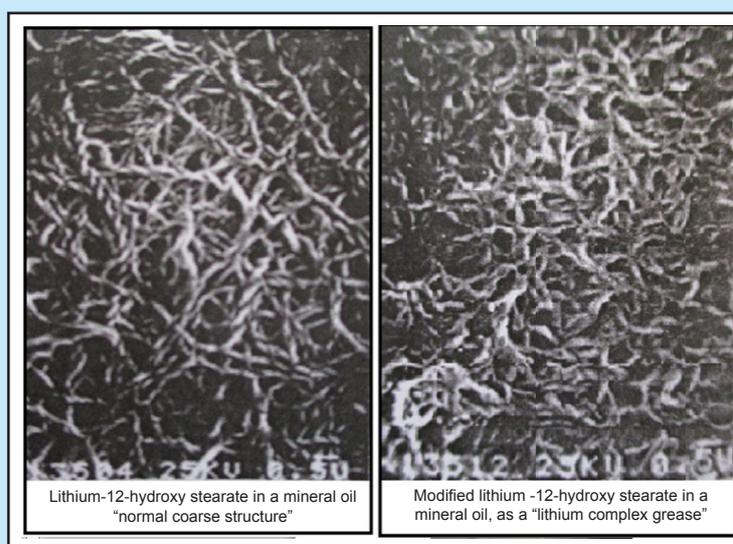
Gemuk lumas didefinisikan sebagai suspensi koloid yang terdiri atas bahan pengental (*thickener*), biasanya berupa sabun logam, yang terdispersi dalam minyak lumas dasar (NLGI 1994). Gemuk lumas digolongkan berdasarkan jenis *thickener* yang digunakan, yang jumlahnya biasanya sekitar 10-15% dari jumlah total komponen dalam grease. Pada saat ini jenis gemuk lumas yang paling umum digunakan di seluruh dunia adalah gemuk lumas litium (menggunakan *thickener* berupa litium) (Syahrir dkk. 2017). Gemuk lumas litium ini biasanya digunakan dengan minyak lumas dasar berupa minyak mineral maupun minyak sintetis (Lugt PM 2016).

Pengembangan gemuk lumas dari bahan dasar minyak jarak (*castor oil*) banyak dilakukan oleh para peneliti, karena berdasarkan beberapa referensi minyak jarak memiliki stabilitas oksidasi yang tinggi dibanding minyak nabati yang lain, memiliki sifat daya lekat yang sangat baik terhadap logam, minyak jarak juga memiliki sifat biodegradabilitas yang tinggi karena berasal dari nabati (Honary L & Ritcher E. 2011). Selain itu, minyak jarak juga dikenal memiliki karakteristik viskositas yang baik pada suhu rendah serta karakteristik pelumas yang baik pada temperatur tinggi (Zainal dkk. 2018). Di Indonesia, penelitian terhadap minyak jarak (*Ricinus communis L.*) sebagai bahan dasar (*base oil*) gemuk lumas nabati telah dilaksanakan, dengan menambahkan aditif diantaranya aditif anti oksidan, aditif korosi dan anti aus untuk menyempurnakan karakteristik minyak lumas dasar-nya dan mendapatkan hasil salah satunya yaitu nilai uji *dropping point* tertinggi pada 175°C (Ulfiati R. 2009). Pada umumnya, karakteristik pelumasan gemuk lumas nabati berbahan dasar minyak jarak dalam mengurangi friksi setara bahkan lebih baik bila dibandingkan dengan gemuk lumas litium konvensional (Sanchez dkk. 2011). Dengan sifat pelumasan yang baik dari gemuk lumas nabati berbahan dasar minyak jarak, serta karakteristik temperatur tinggi yang baik, maka gemuk lumas nabati ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai gemuk lumas untuk aplikasi pada temperatur tinggi, yang ditunjukkan dengan nilai *dropping point* yang tinggi.

*Thickener* dalam gemuk lumas menentukan karakteristik gemuk lumas meskipun komposisinya relatif

kecil dalam suatu formula gemuk lumas (Ischuk YL 2006). Karakteristik pelumasan gemuk lumas murni tergantung pada jenis minyak lumas dasar serta aditif yang digunakan, sedang proses pengentalan dan tekstur dipengaruhi oleh interaksi *thickener*, seperti proses saling mengait antara molekul-molekul *thickener* maupun interaksi molekuler antara *thickener* dengan *base oil*, di lain sisi jenis *thickener* menentukan jangkauan temperatur operasional suatu gemuk lumas (Lugt PM 2016). Pada aplikasi gemuk lumas untuk temperatur tinggi, biasanya digunakan bahan pengental kompleks (*complex thickener*) atau polyurea. Polyurea merupakan bahan yang dianggap tidak ter-biodegradasi sehingga penggunaannya dalam gemuk lumas nabati tidak dianjurkan. Tantangan selanjutnya adalah menentukan bahan pengental yang cocok untuk gemuk lumas nabati untuk aplikasi temperatur tinggi ini.

Bahan pengental sabun (*soap-thickener*) dibuat dengan mereaksikan bahan alami berupa asam lemak terhidrogenasi seperti asam 12-Hidroksistearat (HSA) dengan logam hidroksida seperti litium hidroksida (Barriga dkk. 2005) melalui reaksi penyabunan. Kandungan bahan pengental dalam gemuk lumas berkisar 10 s/d 20 %, umumnya digunakan untuk menghasilkan gemuk lumas dengan tingkat kekerasan di kelas NLGI 2 (Wiggins 1997) (Sukirno & Ludi 2007). Kualitas sabun ditentukan oleh *fiber structure* (struktur serat)-nya yang terbentuk dalam gemuk lumas karena minyak lumas dasar akan terstabilkan dalam matriks gemuk lumas oleh struktur serat tersebut (Mortier dkk. 2010). Struktur serat sabun litium dapat dilihat pada Gambar 1.

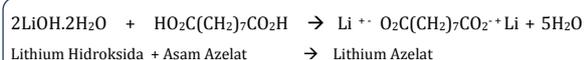


**Gambar 1**  
Struktur serat sabun litium hidroksistearat.

Untuk menghasilkan *fiber structure* yang lebih baik pada bahan pengental sabun, cara yang lazim digunakan adalah dengan menambahkan bahan pengompleks (*complexing agent*) sehingga dihasilkan sabun yang *complex*. Berdasarkan adanya teori sunflo bahwa struktur lemak dapat saja divisualisasikan sebagai jaringan tiga dimensi dari serat sabun, serat acak, serat berorientasi, dan sebagian kristalin (Wiggins 1997) (Yousif AE 1982) (Sukirno dkk. 2009). Matriks sabun lithium azelat merupakan matriks yang kuat. Matriks sabun yang kuat akan memerangkap base oil lebih kuat karena gaya tarik molekul yang besar, seperti yang digambarkan sebagai mekanisme saling mengunci pada jaring-jaring matriks (Gambar 1).

Penambahan bahan pengompleks ini juga turut meningkatkan kestabilan, dan ketahanan air, pada gemuk lumas konvensional seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Mekanisme sabun kompleks terjadi sesuai dengan reaksi berikut :



Gemuk lithium umumnya menggunakan bahan pengompleks dari golongan asam dikarboksilat seperti asam adipat, asam azelat dan asam sebasat (Mortier dkk. 2010). Pada umumnya gemuk lumas lithium menggunakan asam azelat sebagai bahan pengompleks untuk membentuk *complex thickener*. Asam azelat merupakan bahan turunan dari minyak jarak berupa asam di-karboksilat yang memiliki 9 atom karbon (Tuszynski dkk. 2008). Keunggulan lain penggunaan asam azelat yaitu minimnya efek bahaya terhadap tubuh dan lingkungan. Pada pengujian toksitas, dikemukakan bahwa gemuk lithium kompleks asam azelat tidak mengandung bahan berbahaya bagi tubuh. Menurut Barkley dan Stemmer pada pengujian gemuk yang dioleskan ke tubuh 50 tikus jantan dan 50 tikus betina, didapati

hanya 3% tumor yang timbul pada tikus tersebut. Indikasi positif tumor minimal 4% dari sampel, yang artinya gemuk dengan asam azelat tidak bersifat karsinogenik bagi tubuh (Huda Ikmalul 2011).

Penggunaan asam azelat sebagai bahan pengompleks telah dilaporkan, terutama menggunakan minyak lumas dasar polar dan non-polar, namun penggunaannya dalam gemuk lumas nabati belum pernah dilaporkan. Penggunaan asam azelat pada gemuk lumas nabati berbahan dasar minyak jarak berpotensi meningkatkan unjuk kerja gemuk lumas nabati pada temperatur tinggi serta berpotensi mengurangi komponen tidak terbiodegradasi dalam gemuk lumas nabati, yaitu litium hidroksida atau 12-HSA yang harga ekonomisnya lebih tinggi. Oleh karena itu, makalah ilmiah ini akan menampilkan hasil penelitian mengenai penggunaan asam azelat sebagai bahan pengompleks dalam gemuk lumas nabati berbahan dasar minyak jarak.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan-bahan

Secara teori, komposisi gemuk lumas terdiri dari minyak lumas dasar (*base oil*), bahan pengental (*thickener*), bahan tambahan (aditif). Dalam penelitian ini digunakan minyak jarak (*Ricinus communis L.*) sebagai bahan dasar gemuk lumas.

*Thickener* sabun yang digunakan merupakan hasil dari proses saponifikasi yang dilakukan dengan mereaksikan asam 12-Hidroksistearat (HSA) dengan litium hidroksida (LiOH) untuk menghasilkan sabun (*soap*). Asam azelat komersial ditambahkan sebagai bahan pengompleks untuk sabun litium.

### B. Metode Penelitian

Proses saponifikasi pada pembentukan *thickener* (bahan pengental) dibuat melalui proses penyabunan (saponifikasi) antara asam lemak atau lemak dengan alkali hidroksida, melalui tahapan proses yang diperlihatkan pada Gambar 2.

Tabel 1  
Perbandingan gemuk litium dan litium kompleks

Karakteristik	Gemuk Lumas Litium Mineral	Gemuk Lumas Lithium-Kompleks Mineral
Dropping Point	195 °C	260 °C
Stability	Baik	Sangat Baik
Water Resistance	Baik	Sangat Baik

source: www.machinerylubrication.com

Dalam penelitian ini, digunakan penambahan asam azelat secara bertahap mulai dari 12,5 gr; 15gr; 17,5gr; 20 gr sebagai substitusi sebagian asam 12-HSA, yang bertujuan mendapatkan sabun litium yang kompleks. Karakterisasi hasil akhir gemuk lumas yang dilakukan meliputi uji *dropping point*, uji konsistensi gemuk lumas menggunakan *penetrometer* serta uji ketahanan terhadap keausan menggunakan alat uji *four-ball*.

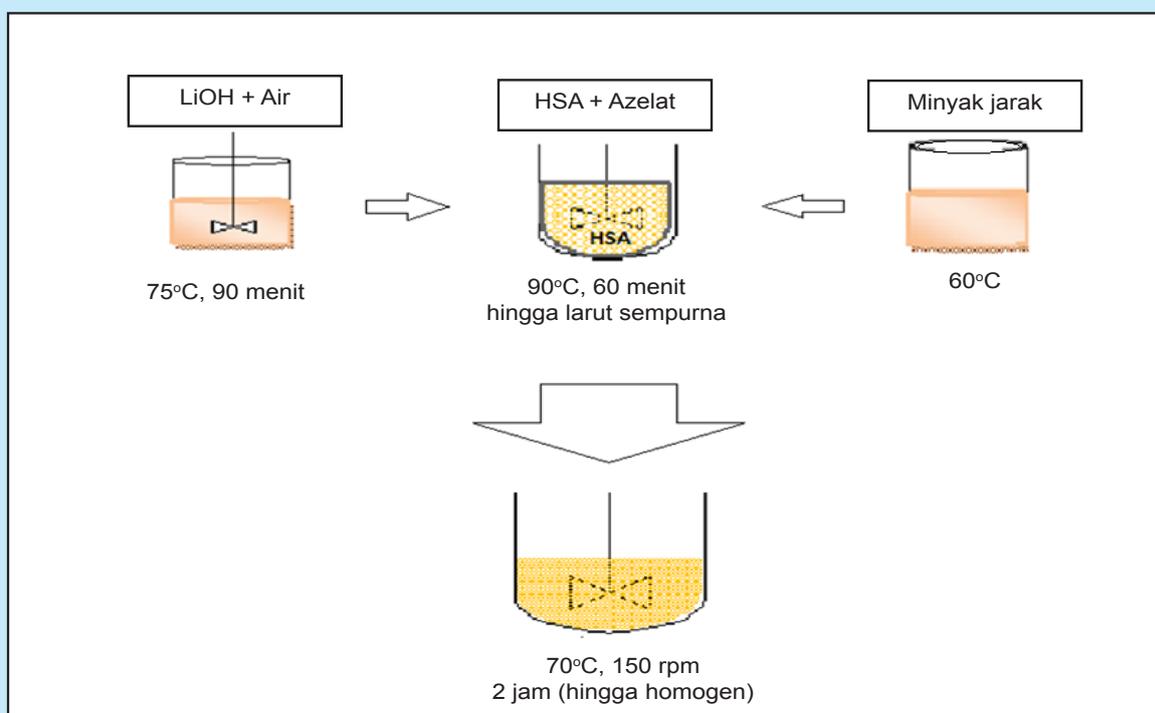
### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Pengaruh Penambahan Asam Azelat Terhadap Karakteristik Gemuk Lithium

Pada percobaan ini komposisi yang digunakan dalam pembuatan gemuk kompleks Li-Azelat adalah

komposisi dengan jumlah bahan-bahan pembentuk yang sama, seperti pada penggunaan lithium hidroksida dan minyak jarak. Hal ini dimaksudkan agar dapat lebih mudah dianalisis jika ada perbedaan hasil uji karakteristiknya. Sehingga dapat lebih jelas dilihat penyebab terjadinya perbedaan hasil adalah akibat penambahan asam azelat yang digunakan dalam pembuatan gemuk kompleks Li-Azelat.

Uji karakteristik dilaboratorium terhadap gemuk lumas yang dihasilkan, ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai *dropping point* masing-masing jenis gemuk lumas litium kompleks hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang tidak signifikan terjadi pada tingkat kestabilan gemuk lumas yang ditandai dengan perubahan



Gambar 2  
Skema pembuatan gemuk lumas sabun litium hidrosistearat.

Tabel 2  
Komposisi gemuk kompleks Li-Azelat dengan variasi massa asam azelat

No	Minyak Jarak (g)	LiOH (g)	12-HAS (g)	Asam Azelat (g)
1	405,5	7	87,5	0
2	405,5	7	75	12,5
3	405,5	7	72,5	15
4	405,5	7	70	17,5
5	405,5	7	67,5	20

tekstur gemuk lumas yang ditunjukkan dari perbedaan nilai konsistensi (*unworked* dan *worked penetration*). Sedangkan nilai pencegahan keausan yang merupakan karakteristik pelumasan tidak berbeda secara signifikan.

### B. Pengaruh Penambahan Bahan Pengompleks Pada Pembuatan Gemuk Lithium Kompleks Terhadap *Dropping Point*

Pada pengujian ini akan dilihat pengaruh penambahan *complexing agent* terhadap *dropping point* gemuk yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Gambar 3.

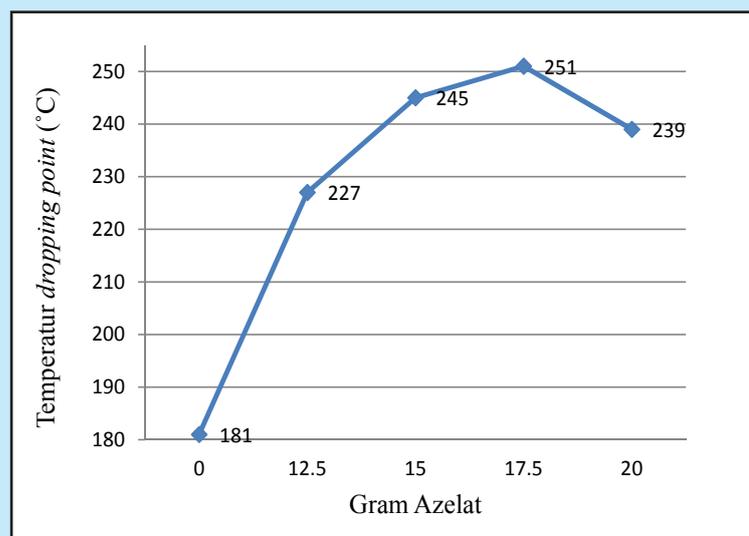
Gemuk lithium tanpa bahan pengompleks memiliki nilai *dropping point* 181°C. Penambahan bahan pengompleks meningkatkan *dropping point* gemuk lumas. Peningkatan nilai *dropping point* terjadi karena adanya reaksi antara sabun konvensional dengan bahan pengompleks yang ditambahkan, sehingga matriks ikatan pada gemuk kompleks Li-Azelat menjadi lebih kuat untuk memerangkap *base oil*, dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan ini. Energi yang digunakan untuk memutuskan ikatan tersebut adalah dengan energi panas (kenaikan temperatur).

Berdasarkan gambar grafik diatas, maka pengaruh penambahan asam azelat sebagai bahan pengompleks dalam pembuatan gemuk lithium kompleks dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan pengompleks dapat meningkatkan *dropping point* gemuk lumas secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya matriks ikatan yang lebih kuat, sehingga minyak tidak mudah menetes akibat kenaikan suhu. Pada penambahan 20

gram asam azelat terjadi penurunan nilai *dropping point*, artinya penambahan 20 gram asam azelat sudah tidak lagi optimum. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya litium sebagai material basa dalam proses saponifikasi sabun *lithium complex*. Untuk mengetahui lebih lanjut, dapat dilakukan formulasi dengan menggunakan perhitungan stoikiometrinya. Dengan demikian dapat terlihat bahwa penggunaan asam azelat dapat meningkatkan range aplikasi gemuk lumas nabati.

### C. Pengaruh Penambahan Asam Azelat Terhadap Uji Penetrasi

Parameter pengujian penetrasi dinyatakan dengan kekerasan (*Consistency*), pengelompokannya ditentukan oleh *National Lubricating Grease Institute* (NLGI) yang membagi kekerasan gemuk lumas menjadi 9 tingkat kekerasan, dari tingkat kekerasan 000 sampai tingkat kekerasan 6. Makin besar angka NLGI, makin keras gemuk lumasnya.



Gambar 3 Grafik pengaruh penambahan bahan pengompleks terhadap *Dropping Point* gemuk lithium kompleks.

Tabel 3 Hasil uji karakteristik gemuk lithium kompleks

Gemuk Lumas	Zero Azelat	Azelat 1	Azelat 2	Azelat 3	Azelat 4
	0 (g)	12,5 (g)	15 (g)	17,5 (g)	20 (g)
Dropping Point	181 °C	227 °C	245 °C	251 °C	239 °C
Unworked Penetration	236	218	217	233	219
Worked Penetration	291 / NLGI 2	287 / NLGI 2	283 / NLGI 2	286 / NLGI 2	295 / NLGI 2
Scar diameter (by Four ball)	0,39	0,37	0,40	0,37	0,37

Tingkat kekerasan gemuk lumas diukur dengan melakukan uji penetrasi sebelum dan sesudah perlakuan kerja yang diterima oleh gemuk lumas. Penetrasi sesudah perlakuan kerja (*worked penetration*) dimaksudkan untuk melihat tingkat kekerasan gemuk lumas.

Berikut kekerasan yang didapat dari penelitian ini terangkum dalam Gambar 4.

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa penambahan bahan pengompleks tidak terlalu mempengaruhi konsistensi gemuk yang dihasilkan baik itu *unworked* maupun *worked*. Gemuk kompleks Li-Azelat yang didapat tidak mengalami peningkatan atau penurunan nilai konsistensi yang signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh interaksi yang terjadi baik antara molekul-molekul *thickener* maupun antara molekul *thickener* dengan *base oil* yang menghasilkan gaya Van der Waals maupun gaya kapiler yang sama dari masing-masing komposisi gemuk lumas nabati dalam penelitian ini (Lugt PM 2016).

#### D. Pengaruh Penambahan *Complexing Agent* Pada Pembuatan Gemuk Lithium Kompleks Terhadap *Scar Diameter*

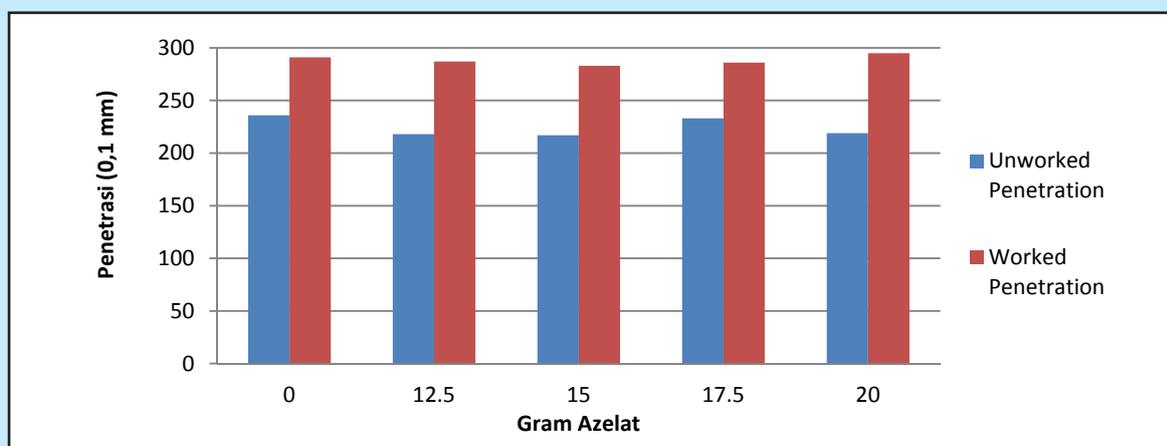
Berdasarkan hasil uji karakterisasi gemuk lithium kompleks, penambahan bahan pengompleks dalam pembuatan gemuk litium kompleks memberikan hasil *scar diameter* uji semi unjuk kerja gemuk lithium kompleks dengan metode *four ball* pada Gambar 5.

Penambahan bahan pengompleks pada pembuatan gemuk lithium kompleks memberikan hasil *scar diameter* pada uji *four ball* terhadap gemuk litium kompleks, perbandingan ukuran *scar diameter* antara

gemuk lumas dapat dilihat pada gambar 6. grafik *scar diameter* gemuk lithium kompleks.

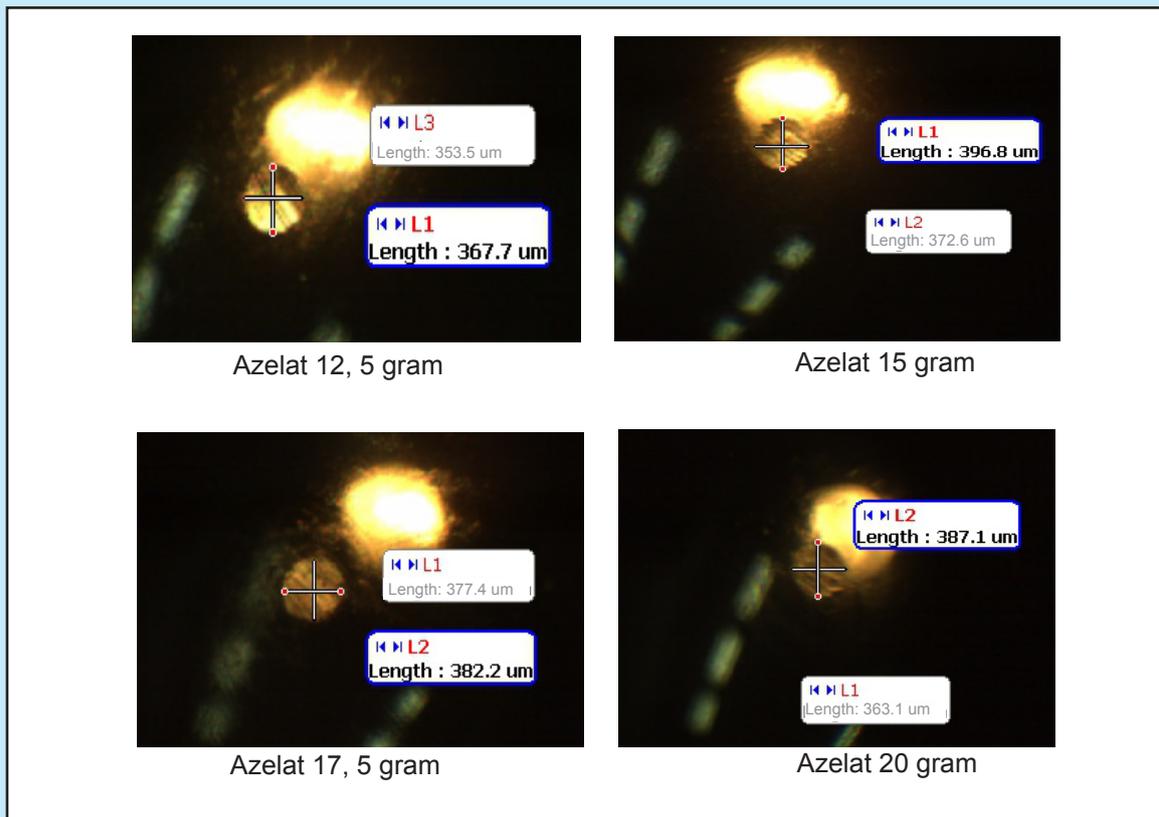
Hasil uji *four ball* menunjukkan bahwa penambahan bahan pengompleks tidak terlalu mempengaruhi terjadinya *scar* pada permukaan bola uji, hal ini terlihat terjadinya penurunan dan kenaikan *scar diameter* pada bola uji yang tidak signifikan. Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Lugt, yakni bahwa sifat pelumasan, termasuk pengurangan friksi dan pencegahan keausan gemuk lumas hanya dipengaruhi oleh jenis minyak lumas dasar dan aditifnya (Lugt PM 2016).

Pengujian yang sangat dianjurkan dalam penelitian selanjutnya adalah uji SEM untuk melihat struktur serat gemuk seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya. Struktur ini adalah bagian yang cukup penting dalam menganalisa kualitas gemuk yang dihasilkan. SEM yang digunakan oleh laboratorium-laboratorium di Indonesia ternyata belum mampu untuk melakukan pencitraan terhadap gemuk yang memiliki fasa semi solid. Hal ini dikarenakan teknologi di tempat pengujian SEM seperti LEMIGAS, UI, LIPI, dan BATAN, mengharuskan sampel SEM tidak mengandung air atau minyak untuk proses pencitraan. Sampel yang di citrakan harus benar benar kering dan padat. Jika sampel mengandung air atau minyak, ketika proses pencitraan akan mengganggu perpindahan electron yang diberikan dari alat yang biasanya berakibat pada hasil pencitraan yang tidak fokus dan terkadang tidak bisa diabadikan gambarnya. Hal ini bertolak belakang dengan gemuk yang bahan dasarnya adalah minyak. Alat yang ada pada tempat tersebut mengharuskan gemuk untuk benar benar kering tidak mengandung air dan minyak. Jika

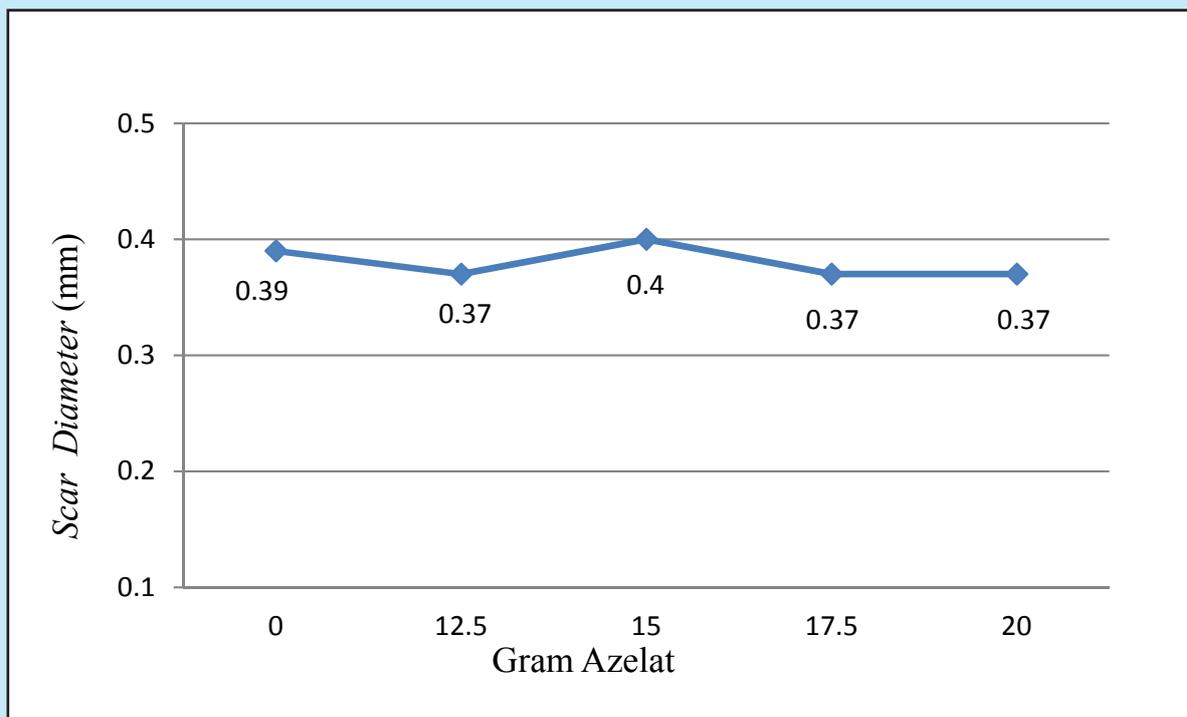


Gambar 4

Grafik pengaruh penambahan *Complexing Agent* terhadap penetrasi gemuk lithium kompleks.



Gambar 5 Hasil scar diameter uji four ball.



Gambar 6 Grafik pengaruh penambahan bahan pengompleks terhadap Scar Diameter gemuk lithium kompleks.

hal ini dilakukan dikhawatirkan dapat merusak struktur gemuk dan alat yang digunakan, sehingga esensi pengamatan SEM tidak dapat dilakukan.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

Penggunaan asam azelat sebagai bahan pengompleks dapat membentuk matriks sabun yang kuat pada gemuk lumas lithium.

Matriks sabun yang kuat akibat adanya bahan pengompleks berpengaruh pada peningkatan karakteristik gemuk lumas pada temperatur tinggi, yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai *dropping point*.

Penambahan asam azelat sebagai bahan pengompleks efektif meningkatkan *dropping point* pada penambahan 17,5 gr dalam 500 gr gemuk lumas.

#### KEPUSTAKAAN

- Barriga, J., Igartua, A. and Aranzabe, A.**, 2005, January. Sunflower based grease for heavy duty applications. In World Tribology Congress III (pp. 481-482). American Society of Mechanical Engineers.
- Huda, Ikmalul**, 2011, Asam Azelat sebagai complexing agent dalam pembuatan gemuk kalsium sulfonat berbasis minyak sawit, Skripsi, UI-Depok, pp: 16-17
- Honary, L. and Richter, E.**, 2011. Biobased lubricants and greases: Technology and products (Vol. 17). John Wiley & Sons.
- Ishchuk, Y.L.**, 2006. Lubricating grease manufacturing technology. New Age International.
- Lugt, P.M.**, 2016. Modern advancements in lubricating grease technology. Tribology international, 97, pp.467-477.
- Mortier R.M., Fox M.F., Orzulik S.T.**, (2010), (ed), "Chemistry and Technology of Lubricants 3rd" . Springer, London, pp: 413-414.
- NLGI**. 1994, Lubricating Greases Guide, NLGI, Kansas City, MO.
- Sanchez, R., Fiedler, M., Kuhn, E. and Franco, J.M.**, 2011. Tribological characterization of green lubricating greases formulated with castor oil and different biogenic thickener agents: a comparative experimental study. Industrial Lubrication and Tribology, 63(6), pp.446-452.
- Syahir, A.Z., Zulkifli, N.W.M., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., Alabdulkarem, A., Gulzar, M., Khuong, L.S. and Harith, M.H.**, 2017. A review on bio-based lubricants and their applications. Journal of Cleaner Production, 168, pp.997-1016.
- Sukirno & Ludi**, 2007. Biogrease Using Modified Palm Oil as Base Oil and Thickener Lithium Soap, Seminar QIR Fakultas Teknik –UI, Depok.
- Sukirno, Fajar, R. Bismo and Nasikin, M.**, "Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener: Evaluation of Antiwear Property". World Applied Sciences Journal. 6 (33) 2009, pp: 401-407
- Tuszynski, W., Tullytown, P.A., Bessette, P.A., Dartmouth, M.A.**, (2008). "An Evaluation on Sebasic Acid and Azelaic Acid as Thickener in Lithium Complex Grease". Published in the NLGI Spokesman.
- 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
- 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.
- Zainal, N.A., Zulkifli, N.W.M., Gulzar, M. and Masjuki, H.H.**, 2018. A review on the chemistry, production, and technological potential of bio-based lubricants. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, pp.80-102.