

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN  
OPTIMASI FORMULA *BIOGREASE LITHIUM COMPLEX*  
DENGAN PERHITUNGAN STOIKIOMETRI  
DI PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI “LEMIGAS”  
(1 April – 31 Mei 2016)**

Diajukan sebagai salah satu syarat akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH :**

<b>ANNYSSA SETIAWATI</b>	<b>1512006</b>
<b>FRILLY EKA PUTRI</b>	<b>1512023</b>

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
2016**

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN  
OPTIMASI FORMULA *BIOGREASE LITHIUM COMPLEX*  
DENGAN PERHITUNGAN STOIKIOMETRI  
DI PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI “LEMIGAS”  
(1 April – 31 Mei 2016)**

Diajukan sebagai salah satu syarat akademik  
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



**OLEH :**

<b>ANNYSSA SETIAWATI</b>	<b>1512006</b>
<b>FRILLY EKA PUTRI</b>	<b>1512023</b>

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
2016**

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN  
OPTIMASI FORMULA *BIOGREASE LITHIUM COMPLEX*  
DENGAN PERHITUNGAN STOIKIOMETRI  
DI PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI “LEMIGAS”  
(1 April – 31 Mei 2016)**



**OLEH :**

<b>ANNYSSA SETIAWATI</b>	<b>1512006</b>
<b>FRILLY EKA PUTRI</b>	<b>1512023</b>

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
2016**

**LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN  
OPTIMASI FORMULA *BIOGREASE LITHIUM COMPLEX*  
DENGAN PERHITUNGAN STOIKIOMETRI  
DI PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI “LEMIGAS”  
(1 April – 31 Mei 2016)**



**OLEH :**

<b>ANNYSSA SETIAWATI</b>	<b>1512006</b>
<b>FRILLY EKA PUTRI</b>	<b>1512023</b>

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
2016**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Laporan yang berjudul “Optimasi Formula *Biogrease Lithium Complex* dengan Perhitungan Stoikiometri” dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Diploma IV Politeknik STMI Jakarta, d.h. Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian RI, Jakarta.

Penelitian di Jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta dimaksudkan untuk melatih mahasiswa dalam menerapkan teori dan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa kuliah. Dengan tugas penelitian ini, diharapkan mahasiswa memiliki keterampilan dalam melakukan analisis, sintesis, analogi, generalisasi, mengembangkan hipotesis, mengembangkan konsep, melakukan percobaan dan mengambil keputusan.

Dalam penyusunan Laporan Penelitian ini, penyusun mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Mustofa, ST, MT selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, sekaligus menjadi dosen pembimbing penyusun yang telah memberikan banyak motivasi dan bimbingan.
3. Ibu Fitria Ika Aryanti S.T., M. Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Parulian Leonard M, MM, selaku dosen pembimbing penelitian yang telah membimbing penyusun dalam menyusun Laporan Penelitian dan telah memberikan banyak motivasi.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan banyak ilmu kepada penyusun.

6. Bapak Dr. Ir. Bambang Widarsono, M.Sc selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
7. Ir. Daru Siswanto selaku Kepala Bidang Afiliasi dan Informasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
8. Ir. Maymuchar, MT selaku Koordinator Kelompok Pelaksana Penelitian dan Pengembangan Teknologi Aplikasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
9. Bapak Setyo Widodo, ST, MT selaku Ketua Kelompok Pelumas Aplikasi Produk Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS” yang telah banyak membimbing dan menuntun penyusun serta memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini.
10. Ibu Milda Fibria, ST, MT dan Ibu Catur Yuliani Respatiningsih, S.Si selaku pembimbing lapangan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS” yang dengan sabar membimbing dan memberikan arahan yang bermanfaat kepada penyusun selama pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini, terima kasih juga atas masukan dan telah bersedia meluangkan waktu untuk membantu penyusun dalam penyusunan laporan ini.
11. Seluruh Analis Laboratorium Uji Pelumas Aplikasi Produk (Bapak Albert, Mas Gustri, Mas Andri, Kak Cae, Ibu Erna, Mas Maje, Mas Rizki, Ibu Ana, Mas Mul, dan Mas Supri) yang telah banyak membimbing dan memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian ini.
12. Orang tua kami yang telah memberikan cinta dan kasih sayangnya baik secara moril maupun materil dan selalu berdoa untuk kesuksesan penyusun.
13. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Kimia Polimer angkatan 2012, dan juga kakak-kakak senior yang telah banyak memberikan saran kepada penyusun.
14. Rekan-rekan seperjuangan pada pelaksanaan penelitian di Laboratorium Uji Pelumas, PPPTMGB (Ukris, Youngky, Eben, dan Adim) yang telah banyak

berbagi ilmu, informasi, serta canda tawa selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga telah meramaikan hari-hari kami selama penelitian dan segala keseruan saat kita berkumpul bersama merupakan kenangan yang terindah yang akan selalu kami kenang. Semoga kita semua dapat sukses dalam perkuliahan dan pekerjaan nanti.

15. Sahabat kami yang selalu menemani dalam suka dan duka, saat-saat kebersamaan kita menjadi kenangan yang tak terlupakan.
16. Serta seluruh pihak yang tak dapat penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu pada proses pelaksanaan maupun penyusunan laporan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa Laporan Penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Mohon maaf apabila terdapat kekurangan atau kesalahan. Penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak yang berkaitan dengan Penelitian ini. Akhir kata, semoga Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat berguna sebagai bahan penambah ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juni 2016

Penyusun

## ABSTRAK

*Grease* atau gemuk lumas merupakan suatu produk dispersi sabun dalam minyak. Sabun yang diperoleh biasanya mengandung logam-logam alkali atau alkali tanah seperti kalsium dan litium. Percobaan yang dilakukan menggunakan bahan dasar minyak jarak yang merupakan komponen utama pembuatan gemuk lumas, litium 12-hidroksistearat sebagai pengentalnya, dengan penambahan *complexing agent* asam azelat. Asam azelat digunakan sebagai *complexing agent* untuk mendapatkan improvisasi *fiber structure* gemuk yang berpengaruh terhadap kualitas gemuk yang dilihat dari uji karakteristik seperti uji konsistensi, uji *dropping point*, uji *water washout*, serta uji *four ball*. Penambahan asam azelat dengan perhitungan stoikiometri mampu meningkatkan karakteristik gemuk lumas berdasarkan pengujian laboratorium. Gemuk lumas terbaik dihasilkan berdasarkan perhitungan stoikiometri dengan komposisi 417,25 gram minyak jarak; 56,30 gram 12-HSA; 9,00 gram LiOH; 45,00 gram air; dan 17,5 gram asam azelat sebagai *complexing agent*-nya dengan nilai *dropping point* 257°C, konsistensi pada NLGI grade 2, *scar diameter* 0,37 mm, dan ketahanan air dengan berat yang hilang sebesar 24%.

**Kata kunci** : Asam azelat, *complexing agent*, *grease*, *lithium grease*, stoikiometri.

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
ABSTRAK .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Gemuk Pelumas ( <i>Grease</i> ) .....	5
2.2 Gemuk Pelumas Bio ( <i>Biogrease</i> ) .....	7
2.3 Komposisi Gemuk Lumas .....	8
2.3.1 Minyak Lumas Dasar ( <i>Base Oil</i> ).....	9
2.3.2 Bahan Pengental ( <i>Thickener</i> ) .....	13
2.3.2.1 Litium Hidroksida (LiOH) .....	16
2.3.2.2 Asam 12-Hidroksistearat .....	18
2.3.3 Bahan Tambahan ( <i>Additive</i> ).....	21
2.3.4 <i>Complexing Agent</i> dan Asam Azelat .....	22
2.3.4.1 <i>Complexing Agent</i> .....	22
2.3.4.2 Asam Azelat .....	23
2.4 Stoikiometri .....	25
2.5 Jenis Gemuk Lumas .....	27

2.5.1	Gemuk Sabun Litium .....	27
2.5.2	Gemuk Sabun Kalsium .....	27
2.5.3	Gemuk Sabun Natrium .....	28
2.6	Pembuatan Gemuk Lumas .....	28
2.6.1	Gemuk Didih atau Gemuk <i>Boiled</i> .....	29
2.6.2	Gemuk <i>Cold-Sett</i> .....	29
2.7	Spesifikasi Produk Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor .....	30
2.7.1	Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor Kode L (LA, LB)	30
2.7.2	Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor Kode G (GA, GB, GC) .....	31
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>32</b>
3.1	Tempat dan Waktu .....	32
3.2	Alat dan Bahan .....	32
3.2.1	Alat .....	32
3.2.2	Bahan .....	32
3.3	Komposisi Bahan Pembuat Gemuk Lumas Litium Kompleks	32
3.4	Variabel Penelitian .....	35
3.4.1	Variabel Tetap .....	35
3.4.2	Variabel Bebas .....	35
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	35
3.6	Prosedur Pembuatan Gemuk Litium Kompleks .....	35
3.6.1	Persiapan Bahan .....	35
3.6.2	Proses Saponifikasi .....	37
3.6.3	Proses <i>Blending</i> .....	37
3.6.4	Pendinginan Pada Kondisi Ruang .....	37
3.7	Uji Karakterisasi .....	37
3.7.1	Penetrasi ( <i>Penetration</i> ) ASTM D 217 .....	38
3.7.2	<i>Dropping Point</i> ASTM D 566 .....	39
3.7.3	<i>Four Ball</i> ASTM D 2596 dan ASTM D 2266 .....	40
3.7.4	<i>Water Washout</i> ASTM D 1264 .....	42

<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks dengan Formulasi Perhitungan Stoikiometri .....	45
4.2 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam Penggunaan <i>Complexing Agent</i> Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium .....	45
4.2.1 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam <i>Complexing Agent</i> Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji <i>Dropping Point</i> .....	48
4.2.2 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam <i>Complexing Agent</i> Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji Kekerasan (Penetrasi) dan Konsistensi Gemuk Lumas .....	49
4.2.3 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam <i>Complexing Agent</i> Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji <i>Water Washout</i> .....	52
4.2.4 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam <i>Complexing Agent</i> Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji <i>Four</i> <i>Ball</i> .....	53
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
5.1 Kesimpulan .....	56
5.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komposisi Gemuk Lumas .....	8
Gambar 2.2	Struktur Kimia Minyak Bumi n-Parafinik .....	9
Gambar 2.3	Struktur Kimia Minyak Bumi Iso Parafinik .....	9
Gambar 2.4	Struktur Kimia Minyak Bumi Naftenik .....	10
Gambar 2.5	Struktur Kimia Minyak Bumi Aromatik .....	10
Gambar 2.6	Struktur Asam Risinoleat .....	12
Gambar 2.7	Penggambaran Serat Pengental Sabun dalam Gemuk Lumas ....	15
Gambar 2.8	Litium Hidroksida (LiOH) .....	16
Gambar 2.9	Mekanisme Reaksi Hidrogenasi Asam Risinoleat dengan Katalis Nikel .....	18
Gambar 2.10	Struktur Serat Sabun Litium Hidroksistearat .....	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian Gemuk Litium Kompleks.....	36
Gambar 3.2	Alat Uji Penetrometer .....	39
Gambar 3.3	Alat Uji <i>Dropping Point</i> (a) Manual, (b) Otomatis .....	40
Gambar 3.4	Alat Uji <i>Four Ball</i> .....	42
Gambar 3.5	Alat Uji <i>Water Washout</i> .....	44
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji <i>Dropping Point</i> .....	48
Gambar 4.2	Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji Penetrasi .....	50
Gambar 4.3	Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Tingkat Perubahan Konsistensi Gemuk Lumas .....	50
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Terhadap Perubahan Struktur Gemuk Lumas Litium Kompleks .....	51
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Penggunaan Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji <i>Water Washout</i> .....	52

Gambar 4.6	Hasil <i>Scar Diameter</i> Uji <i>Four Ball</i> Pada Li-Azelat .....	53
Gambar 4.7	Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Terhadap <i>Scar Diameter</i> Gemuk Lumas Litium Kompleks .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Kimia Fisika Minyak Jarak ( <i>Risinus communis L</i> ) .	11
Tabel 2.2	Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak ( <i>Risinus communis L</i> ) ....	12
Tabel 2.3	Karakteristik SRMO dan Minyak Jarak Sebagai Bahan Dasar Pelumas .....	13
Tabel 2.4	Karakteristik Litium Hidroksida (LiOH) .....	17
Tabel 2.5	Karakteristik Fisika-Kimia Asam 12-Hidroksistearat .....	19
Tabel 2.6	Jenis Pengental dan Karakteristiknya .....	20
Tabel 2.7	Perbandingan Gemuk Litium dan Litium Kompleks .....	23
Tabel 2.8	Komposisi Gemuk Litium Kompleks .....	25
Tabel 2.9	Hasil Uji Karakteristik Pada Komposisi Gemuk Litium Kompleks Dengan Variasi Massa Asam Azelat .....	26
Tabel 2.10	Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas <i>Chassis</i> Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LA dan LB .....	30
Tabel 2.11	Spesifikasi Karakteristik Fisikaa Kimia Gemuk Lumas Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GA, GB, Dan GC .....	31
Tabel 3.1	Komposisi Gemuk Litium Kompleks dengan Variasi Massa Asam Azelat .....	33
Tabel 3.2	Komposisi Gemuk Lumas Litium Komplex dengan Perhitungan Stoikiometri .....	34
Tabel 3.3	Tingkat Kekerasan Gemuk Lumas .....	38
Tabel 4.1	Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks dengan Formulasi Perhitungan Stoikiometri .....	45
Tabel 4.2	Komposisi Gemuk Kompleks Li-Azelat .....	46
Tabel 4.3	Hasil Uji Karakteristik Gemuk Lumas Litium Kompleks .....	47
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Uji <i>Four Ball</i> Gemuk Lumas .....	54

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam memilih pelumas, jenis kegunaan, kekentalan, dan mutu merupakan tiga hal yang menentukan. Dari kegunaannya, selain pelumas cair yang biasa digunakan pada mesin otomotif, ada juga pelumas berbentuk setengah padat yang biasa disebut *grease* atau gemuk lumas. Begitu kentalnya gemuk lumas sehingga akan menempel terus pada komponen yang dilumasi dan tidak akan menetes, sehingga cocok untuk komponen-komponen terbuka seperti engsel pintu, sendi-sendi batang, lengan suspensi, dan lain sebagainya.

Gemuk lumas merupakan kombinasi minyak lumas, bahan pengental (*thickener*), aditif, dan *filler*. Gemuk lumas (*grease*) merupakan pelumas dalam bentuk setengah padat (semi solid) tetapi lembut, masyarakat mengenal jenis pelumas ini dengan sebutan gemuk atau vaselin (Wartawan, L.A., 1998). Keberadaannya dapat mencegah kontak langsung antar dua permukaan yang bergesekan, agar berkurang keausan (*wear*), dan kehilangan energinya akibat gesekan (*friction*) tersebut (Yousif A.E., 1982).

Pada umumnya gemuk lumas terbuat dari minyak mineral dengan bahan dasar minyak bumi. Tetapi penggunaan minyak mineral dalam pembuatan gemuk lumas berbahaya bagi kesehatan karena mengandung senyawa sulfur dan aromatik, serta bersifat *degradability* rendah sehingga menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Selain itu, ketersediaan minyak bumi juga semakin menipis sehingga diperlukan penelitian untuk membuat gemuk lumas bio berbahan dasar minyak jarak yang merupakan bahan lokal, ramah lingkungan, dan aman bagi kesehatan (*Centers For Disease Control and Prevention* (CDC), 2011).

Minyak jarak (*castor oil*) dihasilkan dari biji tanaman jarak (*Ricinus communis L*) yang dengan mudah tumbuh di daerah tropis dan subtropis salah satunya seperti di Indonesia. Pada tahun 2000, luas area tanaman jarak di Indonesia telah mencapai 12.791 hektar dengan produksi biji jarak sebesar 1.504 ton/tahun.

Produksi biji jarak di Indonesia terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Sampai akhir tahun 2003, produksi biji jarak Indonesia telah mencapai 2.978 ton/tahun (Maysaroh, 2013).

Ada dua jenis bahan pengental yang digunakan dalam pembuatan gemuk lumas, yaitu pengental sabun (*soap thickener*) dan pengental bukan sabun (*non-soap thickener*) (Paul A.B., 1999). Bahan pengental (*thickener*) dalam gemuk lumas dibuat salah satunya dengan mereaksikan asam 12-Hidroksistearat (HSA) dan litium hidroksida untuk menghasilkan gemuk lumas yang memiliki resistensi yang tinggi terhadap air dan mampu bekerja pada temperatur tinggi (Barriga J.A., 2006 ; Theo M. & Wilfried, 2007). *Thickener* memberikan karakteristik kekakuan terhadap gemuk lumas yang merupakan ukuran resistensi terhadap deformasi oleh gaya yang diberikan (Sukirno, 2009).

Gemuk litium memiliki kelebihan yaitu secara fisik memiliki tekstur yang halus (*smooth*), warna yang agak terang, memiliki kinerja yang baik pada temperatur yang tinggi dan temperatur rendah, serta memiliki kestabilan oksidasi yang baik, tetapi kelemahan gemuk litium adalah ketahanannya terhadap air kurang baik (Kenneth Ludema, 1996 & NLGI).

Prinsip kerja *thickener* dalam memerangkap *base oil* pada gemuk digambarkan seperti *spons* yang bisa menyerap air didalamnya. Ketika struktur *spons* semakin kuat, memiliki rongga yang kecil yang bisa memerangkap air, maka semakin banyak air yang bisa diserap *spons* dan semakin kuat *spons* terhadap gaya yang diberikan. Deskripsi ini dapat membantu dalam pengembangan *thickener* yang lebih baik jika melihat dari *fiber structure thickener* (Mortier, et al, 2010). Untuk menghasilkan *fiber structure* yang lebih baik pada *thickener* sabun, cara yang lazim digunakan adalah dengan penambahan *complexing agent* sehingga dihasilkan sabun kompleks.

Pada penelitian ini, akan dibuat gemuk lumas menggunakan minyak jarak sebagai *base oil* dengan *thickener* sabun litium hidroksistearat, serta penambahan asam azelat sebagai *complexing agent*. Gemuk lumas bio yang dihasilkan akan diuji karakteristiknya menggunakan peralatan uji gemuk lumas meliputi sifat fisika dan uji performa.

Minyak jarak bisa digunakan untuk berbagai alternatif produk, diantaranya sebagai *base oil* gemuk lumas dari hasil pengolahan minyak jarak. Diharapkan dengan adanya variasi pemanfaatan produk bisa menambah nilai produk minyak jarak di Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang penelitian ini, maka masalah yang ingin diangkat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mendapatkan formula optimal pada komposisi *thickener* dan *complexing agent* dengan menggunakan perhitungan stoikiometri?
2. Bagaimana mendapatkan karakteristik gemuk lumas yang lebih baik dengan cara menambahkan asam azelat dengan perhitungan stoikiometri pada komposisi gemuk lumas?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini diantaranya :

1. *Base oil* yang digunakan adalah minyak jarak (*castor oil*) yang dihasilkan dari biji tanaman jarak (*Ricinus communis L.*).
2. Pengental yang digunakan adalah pengental sabun litium hidroksida (LiOH).
3. *Complexing agent* yang digunakan adalah asam azelat.
4. Baik pembuatan sabun *thickener* beserta sabun *complex*-nya dihitung berdasarkan perhitungan reaksi stoikiometri.
5. Untuk menilai kualitas dan tingkat performa gemuk bio yang diperoleh, beberapa parameter mutu yang digunakan yaitu tingkat kekerasan gemuk lumas dengan uji penetrasi (ASTM D 217), titik jatuh dengan uji *dropping point* (ASTM D 566), jumlah besaran keausan spesimen dengan uji *four ball* (ASTM D 2266), dan ketahanan oleh air dengan uji *water washout* (ASTM D 1264).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan utama penelitian ini yaitu untuk :

1. Mengetahui formula optimal pada komposisi *thickener* dan *complexing agent* dengan menggunakan perhitungan stoikiometri.
2. Mendapatkan karakteristik gemuk lumas yang lebih baik dengan cara menambahkan asam azelat dengan perhitungan stoikiometri pada komposisi gemuk lumas.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Didapatkannya perbandingan mengenai penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* dengan gemuk lumas litium (*Li-Complex Azelat*) dengan menggunakan perhitungan stoikiometri dan dengan yang tanpa perhitungan stoikiometri.
2. Didapatkan prosedur pembuatan gemuk lumas litium (*Li-Complex Azelat*).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Gemuk Pelumas (*Grease*)

Istilah gemuk pelumas pada awalnya berasal dari bahasa latin yaitu “*crassus*” yang berarti lemak. Gemuk pelumas (*grease*) merupakan pelumas dalam bentuk setengah padat (semi solid) tetapi lembut, masyarakat mengenal jenis pelumas ini dengan sebutan gemuk atau veselin (Wartawan, L.A., 1998).

Gemuk pelumas dibuat dari minyak lumas dasar yang ditambah aditif dan bahan pengental (*thickening agent*). Ada dua tipe utama dari bahan pengental (*thickening agent*) yang biasa dipergunakan, yaitu *metallic soap* dan *non metallic soap*. Tipe *metallic soap* dipakai pada sebagian besar gemuk lumas. Bentuk setengah padat dari gemuk pelumas ini merupakan dispersi sabun dalam minyak (Wartawan, L.A., 1998).

Gemuk pelumas, 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 energi akibat gesekan (*friction*) tersebut. Dengan demikian keberadaan lapisan gemuk pelumas dimaksudkan untuk memudahkan gerakan pada setiap elemen mesin, terutama bantalan peluru dan roda gerigi, yang selanjutnya berkontribusi menaikkan efisiensi mesin. Sampai saat ini bahan pelumas yang umumnya digunakan adalah gemuk pelumas dari bahan dasar minyak mineral. Saat ini dikembangkan gemuk pelumas dari bahan minyak jarak, karena berdasarkan penelitian 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 (Yousif, A.E, 1982 ; Paul A. Bessette and David S.Stone, 1999).

Untuk membuat gemuk lumas dapat juga digunakan minyak sintetis sebagai pengganti minyak mineral dengan ditambahkan bahan kimia lainnya, untuk

menjaga supaya tidak terjadi pemisahan antara minyak dan sabun (Wartawan, L.A., 1998).

Penggunaan gemuk lumas tidak dapat digantikan oleh minyak lumas, karena gemuk lumas mempunyai beberapa sifat yang tidak dimiliki oleh minyak lumas. Beberapa alasan digunakannya gemuk lumas untuk melumasi bagian mesin adalah sebagai berikut :

1. Gemuk lumas memiliki karakteristik fisik yang memadai untuk dapat diterapkan di dalam tugasnya melayani mesin.
2. Gemuk lumas dapat bersifat sebagai penyekat (*seal*) untuk menahan masuknya kotoran dan air.
3. Gemuk lumas dapat menahan kebocoran dan penetasan pelumas dari permukaan yang dilumasi.
4. Gemuk lumas dapat memberi perlindungan permukaan yang dilumasi dari terjadinya korosi.
5. Gemuk lumas dapat memberikan perubahan tahanan pada kerja mekanis yang diterima permukaan yang dilumasi.

Ditinjau dari perbedaan antara pengguna gemuk lumas dan minyak lumas dalam melumasi mesin, gemuk lumas tampak lebih ekonomis dibandingkan minyak lumas. Hal ini karena beberapa alasan, yaitu :

1. Melumasi dengan menggunakan gemuk lumas tidak perlu sering menggantinya.
2. Dalam menjalankan tugas, gemuk lumas juga berfungsi sebagai penyekat untuk menahan masuknya kotoran dan debu ke dalam bantalan.
3. Penetasan dan penyemprotan tidak terjadi pada pelumasan yang menggunakan gemuk lumas sebagai pelumasnya.
4. Gemuk lumas dapat melekat lebih baik pada permukaan logam yang dilumasi dibandingkan minyak lumas.
5. Gemuk lumas lebih cocok digunakan pada beberapa kondisi kerja yang ekstrim, seperti temperatur tinggi, tekanan tinggi, kecepatan rendah, adanya beban kejutan dari bantalan yang beroperasi dengan kondisi mesin yang berjalan atau berhenti dan berputar balik berulang kali.

Disamping banyak keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan gemuk lumas pada mesin, terdapat pula beberapa segi kerugian yang tidak dapat dihindari. Gemuk lumas pada kenyataannya bukan bahan yang baik untuk digunakan sebagai media pendingin. Sebaliknya, minyak lumas merupakan bahan pendingin yang baik digunakan pada sistem pendinginan pada mesin. Selain itu, gemuk lumas juga memiliki beberapa kekurangan lainnya yaitu pada saat pengisian dan pengantiannya yang sulit. Cara memberi gemuk lumas pada bagian mesin adalah dengan menggunakan bedil gemuk (*grease gun*) (Wartawan, L.A., 1998).

Karena banyaknya jenis gemuk lumas yang beredar di pasaran, penggunaan gemuk lumas harus disesuaikan dengan perangkat yang akan dilumasi. Apalagi setiap gemuk lumas memiliki kemampuan kerja yang berbeda. Gemuk lumas khusus untuk *chassis* misalnya, harus memiliki spesifikasi tahan terhadap air, kotoran, tekanan, dan guncangan. Hal ini disebabkan *chassis* mobil selalu berhubungan dengan kotoran, debu, dan lumpur.

## **2.2 Gemuk Pelumas Bio (*Biogrease*)**

Gemuk pelumas bio (*biogrease*) adalah gemuk pelumas yang memiliki sifat-sifat ramah lingkungan seperti mudah diuraikan dilingkungan, memiliki kandungan racun terhadap lingkungan yang sangat rendah akan tetapi tetap memenuhi standar pelumas yang telah ditetapkan. Gemuk pelumas bio (*biogrease*) berbahan dasar minyak nabati seperti minyak kelapa sawit, minyak jarak, dan lain sebagainya. Gemuk pelumas bio (*biogrease*) memiliki beberapa keunggulan apabila dibandingkan dengan minyak dasar berbasis minyak bumi, antara lain :

1. Lebih cepat diuraikan bakteri karena berasal dari bahan organik.
2. Kandungan racun yang rendah karena tidak mengandung sulfur dan senyawa aromatik yang berasal dari minyak bumi.
3. Ramah lingkungan.
4. Sifat pelumasan yang baik.

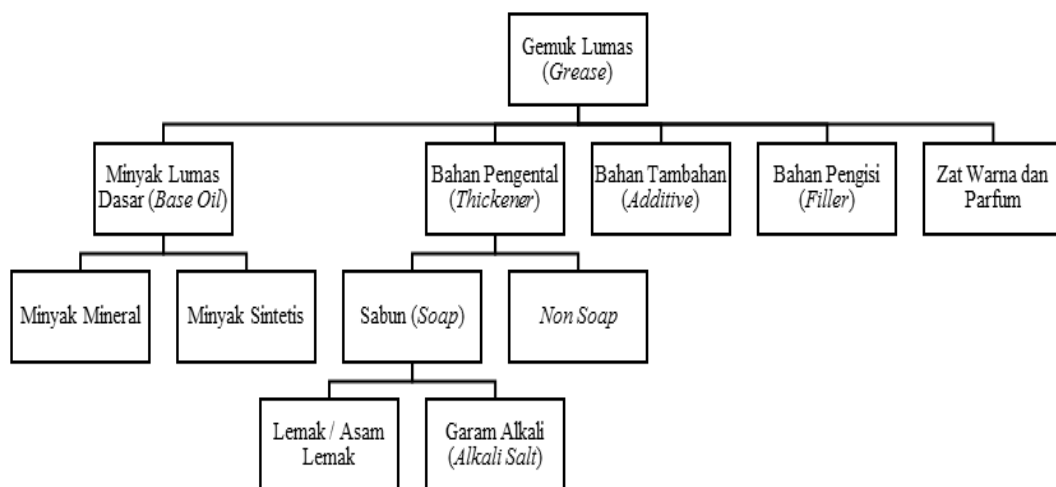
Akan tetapi gemuk pelumas bio (*biogrease*) juga memiliki kelemahan yang disebabkan komposisi dari minyak nabati. Minyak nabati memiliki beberapa kekurangan, yaitu struktur rantainya yang banyak mengandung ikatan tidak jenuh

sehingga mudah teroksidasi dan membentuk asam lemak yang dapat menyebabkan korosi pada komponen mesin yang terbuat dari logam. Selain itu, minyak nabati sangat mudah membentuk emulsi dengan air sehingga sulit dalam hal pemisahannya.

Minyak nabati yang dapat digunakan dalam pembuatan gemuk pelumas bio adalah minyak kelapa sawit, minyak kacang kedelai, *canola oil*, minyak biji bunga matahari, minyak zaitun, minyak jarak, dan sebagainya. Minyak lumas dasar yang digunakan pada penelitian ini merupakan minyak jarak yang diperoleh dari biji tanaman jarak (*Ricinus communis L*). Minyak jarak (*Ricinus communis L*) adalah minyak nabati yang berpotensi menggantikan minyak mineral sebagai bahan dasar minyak lumas karena minyak jarak lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan minyak mineral, dapat terdegradasi secara biologis (*biodegradable*) dan juga dapat diperbaharui (*renewable*).

### 2.3 Komposisi Gemuk Lumas

Gemuk lumas terdiri dari minyak lumas dasar (*base oil*), bahan pengental (*thickener*), bahan tambahan (*additive*), bahan pengisi (*filler*), zat warna dan parfum (Tim Pelaksana Kerja Sama Direktorat Jendral Litbang (AURI) dengan LEMIGAS, 1970). Komposisi gemuk lumas secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Komposisi Gemuk Lumas**

Sumber : Tim Pelaksana Kerja Sama Direktorat Jenderal Litbang (AURI) dengan LEMIGAS (1970)

### 2.3.1 Minyak Lumas Dasar (*Base Oil*)

Komposisi terbesar pada gemuk lumas adalah minyak lumas dasar (*base oil*), yaitu sekitar 75 – 95%. Minyak lumas dasar (*base oil*) dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu : (1) Minyak mineral, yang berasal dari proses pengolahan minyak bumi; (2) Minyak nabati, yang berasal dari tumbuh-tumbuhan contohnya : minyak jarak, minyak kelapa, dan lain-lain; (3) Minyak sintesis, yang merupakan hasil rekayasa ahli kimia untuk membuat minyak lumas baru yang lebih baik kualitasnya contohnya : *Polyalphaolefin*.

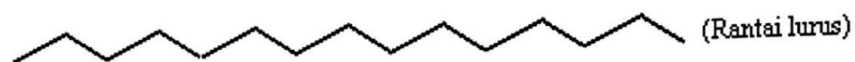
#### 1. Minyak mineral (*Mineral base oil*) (Caines, A.J. dan R.F. Haycock, 1996)

Minyak mineral umum digunakan sebagai minyak lumas dasar (*base oil*) dalam pembuatan pelumas. Menurut HEPPLER (1967), bahan dasar pelumas adalah fraksi minyak bumi dengan atau tanpa aditif yang mempunyai kisaran titik didih antara 380 – 550°C dan digunakan untuk tujuan pelumasan.

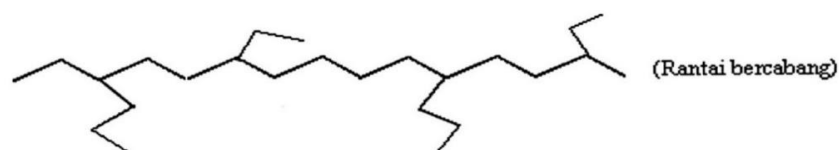
Minyak bumi atau biasa disebut minyak mineral terdiri dari campuran senyawa yang kompleks, mengandung bermacam-macam senyawa hidrokarbon yang bercampur menjadi satu. Menurut Guthrie, V.B. (1960), komposisi dan jenis hidrokarbon minyak bumi dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu :

##### a. Minyak bumi parafinik

Minyak bumi parafinik memiliki rantai karbon yang berbentuk lurus ataupun isoparafin (bercabang). Golongan ini mengandung tidak kurang dari 75% hidrokarbon parafinik. Struktur kimia minyak bumi n-parafinik dan iso parafinik dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3 :



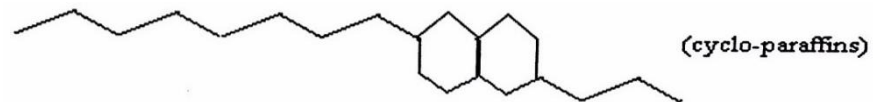
Gambar 2.2 Struktur Kimia Minyak Bumi n-Parafinik



Gambar 2.3 Struktur Kimia Minyak Bumi Iso Parafinik

b. Minyak bumi naftenik

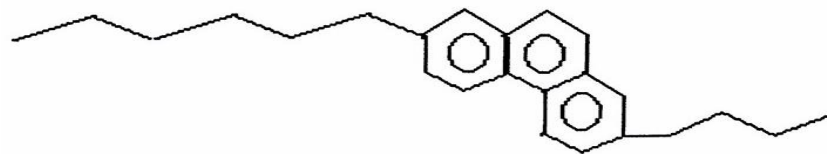
Minyak bumi naftenik memiliki rantai atom karbon jenuh yang tertutup atau siklo parafin, struktur kimia minyak bumi naftenik dapat dilihat pada Gambar 2.4 :



**Gambar 2.4 Struktur Kimia Minyak Bumi Naftenik**

c. Minyak bumi aromatik

Minyak bumi ini memiliki struktur hidrokarbon cincin benzene aromatik dan turunan-turunannya. Struktur kimia minyak bumi aromatik dapat dilihat pada Gambar 2.5 :



**Gambar 2.5 Struktur Kimia Minyak Bumi Aromatik**

d. Minyak bumi campuran

Merupakan minyak bumi campuran antara parafinik, naftenik, dan aromatik, ataupun antara parafinik dengan naftenik, naftenik dengan aromatik, dan parafinik dengan aromatik.

2. Minyak nabati

Salah satu minyak nabati yang diusulkan sebagai bahan dasar pelumas menggantikan minyak mineral adalah minyak jarak (*castor oil*) yang diperoleh dari biji tanaman jarak (*Ricinus communis L*). Jarak (*Ricinus communis L*) adalah jenis tanaman yang termasuk dalam famili *Euphorbiaceae* berasal dari Afrika Timur dan Utara, sudah tersebar dan tumbuh baik di berbagai daerah tropis maupun subtropis (Leslie R. Rudnick, 2006).

Minyak jarak (*Ricinus communis L*) adalah minyak nabati yang berpotensi menggantikan minyak mineral sebagai bahan dasar minyak lumas karena minyak jarak lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan minyak mineral, dapat terdegradasi secara biologis (*biodegradable*) dan juga dapat diperbaharui (*renewable*). Namun minyak jarak memiliki stabilitas oksidasi yang kurang baik sehingga lebih mudah teroksidasi (Leslie R. Rudnick, 2006).

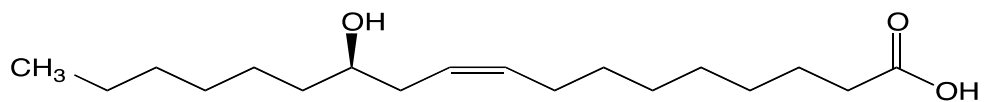
Minyak jarak dapat larut di dalam etil alkohol 95% pada temperatur ruang, dapat larut pada pelarut organik polar dan sedikit larut di dalam golongan hidrokarbon alifatis (Wartawan, L.A., 1998; Krik dan Othmer, 1993). Minyak jarak berbeda dari minyak nabati lainnya, karena minyak jarak mempunyai bobot jenis, viskositas, bilangan asetil, dan kelarutan dalam alkohol yang tinggi. Karakteristik kimia dan fisika minyak jarak jenis *Ricinus communis L* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Karakteristik Kimia dan Fisika Minyak Jarak (*Ricinus communis L*)**

<b>Karakteristik Minyak Jarak</b>	<b>Nilai</b>
Viskositas 25°C (cSt = mm <sup>2</sup> /s)	615 – 790
Bobot Jenis 15,5/15,5°C	0,957 – 0,967
Bilangan Asam	0,3 – 6,0
Bilangan Penyabunan	177 – 187
Bilangan Tidak Tersabunkan (%)	0,3 – 1,0
Bilangan Iod (Wijs)	80 – 90
Warna ( <i>Appearance</i> )	Bening
Indeks Bias, 25°C	1,476 – 1,478
Kelarutan dalam <i>Alcohol</i> , 20°C	“no turbidity”
Bilangan Asetil	144 – 150
Titik Nyala ( <i>Tag Close Cup</i> ), °C	230
Titik Nyala ( <i>Cleveland Open Cup</i> ), °C	285
Temperatur Pembakaran, °C	499
Titik Api, °C	322
Putaran Optik (polarimeter, 200 mm)	+7,5 – 9,0
Titik Tuang, °C	-23
Tegangan Permukaan Pada 20°C, dyne/cm	39,0

Sumber : Kirk dan Othmer (1993)

Ciri khas yang dimiliki minyak jarak ialah kandungan asam lemak tidak jenuh yang mengandung gugus hidroksil (*unsaturated hydroxyl fatty acid*), *cis* 9,12 *hydroxy octadecenoic acid*, yang umum disebut asam risinoleat (*ricinoleic acid*) dengan rumus molekul (Kirk dan Othmer, 1993) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 :



**Gambar 2.6 Struktur Asam Risinoleat**

Hasil penelitian terhadap 19 sampel minyak jarak yang berasal dari tanaman yang tumbuh di berbagai tempat di dunia, maka diperoleh komposisi campuran dari asam-asam lemak minyak jarak (*Ricinus communis L*) yaitu asam risinoleat 91,4 – 94,9%, linoleat 4,5 – 5,0%, dalam jumlah kecil oleat dan asam-asam lemak jenuh tidak lebih dari 1%.

**Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak (*Ricinus communis L*)**

Asam Lemak	Rumus Molekul	Komposisi	
		a	b
Risinoleat	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>3</sub>	89,5	89,0 – 89,4
Dihidroksistearat	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>4</sub>	0,7	1,3 – 1,4
Palmitat	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1,0	0,9 – 1,2
Stearat	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	1,0	0,7 – 1,2
Oleat	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	3,0	3,2 – 3,3
Linoleat	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	4,2	3,4 – 3,7
Linolenat	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,3	0,2
Eiscosanoat	C <sub>18</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0,3	Tidak disebut

Sumber : a. Kirk dan Othmer (1993)

b. Patterson

Minyak jarak memiliki ketahanan beban (ketahanan terhadap keausan) serta indeks viskositas yang lebih baik dibandingkan dengan *Super Refined Mineral Oil* (SRMO) yang merupakan bahan dasar pelumas. Hal tersebut dapat dilihat di Tabel 2.3 :

**Tabel 2.3 Karakteristik SRMO dan Minyak Jarak Sebagai Bahan Dasar Pelumas**

<b>Karakteristik Fisika Kimia</b>	<b>SRMO<sup>*)</sup></b>	<b>Minyak Jarak</b>
Bilangan iod	-	81
Viskositas pada 40°C, (mm <sup>2</sup> /s)	72	252
Viskositas pada 100°C, (mm <sup>2</sup> /s)	8,4	19,9
Indeks viskositas	83	90
Wear scar diameter (mm)	0,72	0,622

<sup>\*)</sup> SRMO : *Super Refined Mineral Oil*

Sumber : Asadauskas et al. (1997)

### 3. Minyak sintetik

Sumber lain dari pelumas adalah minyak sintetis. Secara tradisional, definisi sintetis adalah sebuah produk yang direaksikan secara kimia dari bahan dengan berat molekul rendah untuk menghasilkan cairan dengan berat molekul tinggi yang dirancang untuk memberikan sifat tertentu. Saat ini, ada dua jenis minyak dasar sintetis tersedia secara komersial, yaitu *polyalphaolefins* (PAO) dan minyak dasar *hydrocracked*. Hingga pertengahan 1990, PAO adalah yang paling banyak digunakan untuk pelumas sintetik konvensional di Amerika Serikat dan Eropa. PAO dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih molekul yang layak menjadi oligomer atau panjang rantai pendek polimer. Karena PAO adalah struktur hidrokarbon dan beban dari lilin, memiliki titik tuang yang rendah, biasanya dibawah -40°C, indeks viskositas yang sangat tinggi, dan stabilitas termal yang baik. Tetapi karena terbatasnya ketersediaan bahan baku, produksi PAO terbatas pada aplikasi yang sangat spesifik (*Techni-Tips*, 1998).

#### 2.3.2 Bahan Pengental (*Thickener*)

Bahan pengental merupakan bahan yang ditambahkan untuk mengentalkan minyak lumas dasar menjadi gemuk lumas. Kandungan bahan pengental dalam gemuk lumas sebesar 10 – 20% umum digunakan untuk menghasilkan gemuk lumas dengan tingkat kekerasan di kelas NLGI 2. *Thickener* memberikan karakteristik kekakuan atau konsistensi terhadap gemuk lumas yang merupakan ukuran resistensi terhadap deformasi oleh gaya yang diberikan (Sukirno, Fajar, R. Bismo dan Nasikim, M., 2009).

Ada dua jenis bahan pengental yang digunakan dalam pembuatan gemuk lumas, yaitu pengental sabun (*soap thickener*) dan pengental bukan sabun (*non-soap thickener*) (Wartawan, L.A., 1998 ; Paul A. B and David S.Stone, 1999).

1. Pengental sabun (*Soap thickener*)

Pengental sabun dibuat melalui melalui proses penyabunan (saponifikasi) antara asam lemak atau lemak dengan alkali hidroksida. Pengental sabun tidak hanya memberikan efek terhadap konsistensi gemuk lumas, tetapi juga ketahanan terhadap air dan panas serta terhadap sifat pemompaan. Jumlah bahan pengental yang ditambahkan tidak mempengaruhi jumlah aditif yang ditambahkan untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Akan tetapi, bahan pengental mempengaruhi proses saponifikasi, perubahan bentuk atau tekstur dan karakteristik gemuk lumas setelah digunakan secara mekanis pada temperatur tinggi, karena setiap jenis sabun memiliki karakteristik tersendiri. Reaksi antara asam lemak dengan alkali hidroksida tersebut disebut dengan proses saponifikasi. Proses saponifikasi ini dilakukan dengan mereaksikan satu jenis atau lebih lemak atau asam lemak tersebut di atas dengan logam hidroksida untuk menghasilkan sabun (*soap*) (Barriga J.A, 2006).

Pada reaksi penyabunan, asam lemak yang digunakan dapat berasal dari lemak hewan seperti lemak babi (*lard*), minyak ikan, atau dari lemak nabati seperti *olive*, *castor*, *soybean*, kacang, dan lainnya. Alkali yang umum digunakan adalah hidroksida dari logam seperti aluminium, kalsium, litium, dan sodium. Asam lemak rantai panjang, seperti stearat akan bereaksi dengan hidroksida logam, membentuk sabun. Sabun tersebut akan membentuk suatu gumpalan berserat yang akan memperangkap *base oil* sehingga terbentuk suatu material gemuk lumas. Konsentrasi sabun dapat divariasikan untuk menghasilkan kekerasan gemuk lumas yang dikehendaki. Kekentalan *base oil* juga dapat mempengaruhi kekerasan gemuk lumas. Oleh karena kualitas sabun juga ditentukan oleh jenis asam lemak yang digunakan, maka tidak semua sabun yang mengandung logam yang sama bersifat identik. Pemberian nama

sabun berkaitan dengan metal yang dipakai (kalsium, litium, dan lain-lain) pada saat pembuatan sabun (Barriga J.A, 2006).

Pengental yang paling banyak digunakan dalam formulasi gemuk adalah pengental sabun, yang berperan memberikan sifat semi padat kepada gemuk. Partikel sabun di dalam gemuk tidak berbentuk bulat atau butiran, melainkan merupakan struktur seperti jalinan benang sehingga memberikan tekstur berserat. Penggambaran secara sederhana dari struktur serat gemuk lumas seperti ditampilkan dalam Gambar 2.7.



**Gambar 2.7 Penggambaran Serat Pengental Sabun dalam Gemuk Lumas**

Sumber : Lansdown A.R. (2004)

## 2. Pengental bukan sabun (*Non-soap thickener*)

Salah satu bahan pengental bukan sabun adalah poliurea. Poliurea merupakan polimer organik dengan berat molekul yang rendah dan dibuat dengan mereaksikan senyawa amin dengan iso-sianat, yang menghasilkan pengental kimia yang dapat larut dalam minyak. Gemuk poliurea mempunyai ketahanan terhadap oksidasi yang sangat baik karena tidak mengandung sabun logam. Daya pelumasannya sangat baik untuk batasan temperatur yang lebar yaitu -20 sampai 177°C dan mempunyai umur pakai yang panjang. Ketahanan terhadap air sangat baik. Dapat digunakan pada material *seal elastomer* dan sangat sesuai untuk melumasi bantalan khususnya bantalan roda (Barriga J.A, 2006).

Jenis pengental bukan sabun lainnya adalah *organo clay*, umumnya digunakan sebagai pengental anorganik. *Clay* pada bentuk aslinya tidak larut

dalam minyak, tetapi karena proses kimia yang kompleks dirubah menjadi *pellet* yang mampu menahan minyak. Struktur pengental *organo clay* berbentuk seperti kristal dan seperti *gel* tanpa serat. Gemuk lumas ini memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap panas karena *clay* tidak dapat meleleh. Temperatur operasi maksimum ditentukan oleh temperatur penguapan dari minyak mineral yaitu sekitar 177°C. Titik leleh dari gemuk jenis ini adalah sekitar 260°C. Namun pada umumnya gemuk lumas ini dibuat dari minyak lumas dasar berviskositas tinggi untuk mencapai stabilitas termal yang tinggi, sehingga memiliki unjuk kerja yang baik pada temperatur tinggi. *Organo clay* memiliki ketahanan terhadap air yang baik tetapi membutuhkan aditif anti oksidan dan *corrosion inhibitor*. Karakteristik pemompaan dan separasi minyak juga baik untuk gemuk jenis ini (Barriga J.A, 2006).

Jenis pengental gemuk lumas yang bukan sabun lainnya adalah *silica gel*, biasanya digunakan untuk pemakaian temperatur tinggi (Barriga J.A, 2006).

### 2.3.2.1 Litium Hidroksida (LiOH)

Litium hidroksida merupakan senyawa anorganik dengan rumus LiOH. Berbentuk kristal putih dan merupakan material yang higroskopis. LiOH dapat larut dalam air namun sedikit larut dalam etanol. Umumnya tersedia secara komersial dalam bentuk anhidrat dan monohidrat, keduanya merupakan basa kuat.



**Gambar 2.8 Litium Hidroksida (LiOH)**

Litium hidroksida terutama digunakan untuk produksi gemuk litium. Gemuk litium yang sangat populer adalah litium stearat yaitu perpaduan litium hidroksida dengan asam lemak 12-Hidroksistearat. Tujuan umum gemuk lumas litium adalah karena resintensi yang tinggi terhadap air dan kegunaan pada kedua temperatur tinggi dan rendah (Theo Mang & Wilfried Dresel, 2007).

Informasi umum mengenai material litium hidroksida (LiOH) beserta karakteristiknya dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4 Karakteristik Litium Hidroksida (LiOH)**

<b>Properti</b>	
Rumus molekul	LiOH
Massa molar <sup>*)</sup>	23,95 g/mol ( <i>anhydrate</i> ) 41,96 g/mol ( <i>monohydrate</i> )
Penampilan	Higroskopis putih solid Tanpa bau
Titik lebur	426°C
Titik didih	924°C
Kelarutan dalam air <sup>*)</sup>	<i>Anhydrous:</i> 12,7 g/100 mL (0°C) 12,8 g/100 mL (20°C) 17,5 g/100 mL 100°C) <i>Monohydrate:</i> 22,3 g/100 mL (0°C) 26,8 g/100 mL (80°C)
Daya larut dalam metanol <sup>**)</sup>	<i>Anhydrous:</i> 9,76 g/100 g (20°C, 48 jam pencampuran) <i>Monohydrate:</i> 13,69 g/100 g (20°C, 48 jam pencampuran)
Kelarutan dalam etanol <sup>**)</sup>	<i>Anhydrous:</i> 2,36 g/100 g (20°C, 48 jam pencampuran) <i>Monohydrate:</i> 2,18 g/100 g (20°C, 48 jam pencampuran)
Daya larut dalam isopropanol <sup>**)</sup>	<i>Anhydrous:</i> 0 g/100 g (20°C, 48 jam pencampuran) <i>Monohydrate:</i> 0,11 g/100 g (20°C, 48 jam pencampuran)
Indeks bias (n D) <sup>**)</sup>	1,464 ( <i>anhydrate</i> ) 1,460 ( <i>monohydrate</i> )

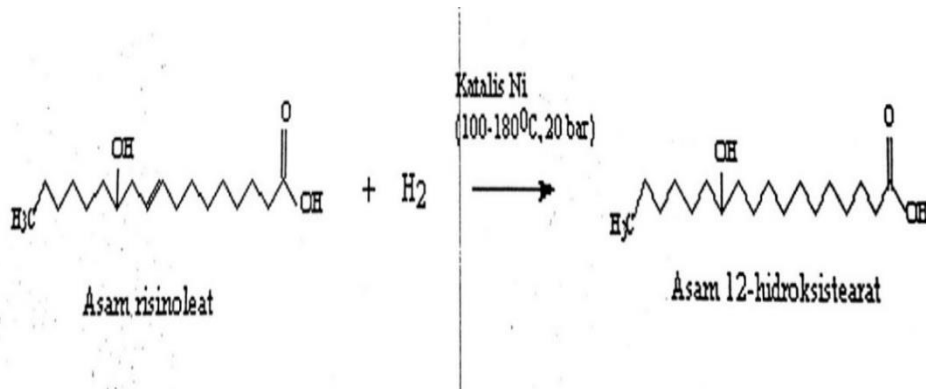
Sumber : \*) Lide, David R., ed. (2006)

\*\*) Khosravi, Javad (2007)

### 2.3.2.2 Asam 12-Hidroksistearat

Asam 12-hidroksistearat adalah senyawa turunan dari minyak jarak yang dimanfaatkan untuk bahan gemuk lumas. Asam 12-hidroksistearat merupakan asam lemak jenuh pada minyak jarak dengan karakteristik yaitu padatan berwarna putih, tidak beracun, tidak berbahaya, larut dalam sejumlah pelarut organik, dan tidak larut dalam air. Asam 12-hidroksistearat merupakan komponen dasar untuk pembuatan pengental/*thickener* pelumas bersama litium hidroksida. Pemanfaatan asam 12-hidroksistearat sebagai *thickener* dapat meningkatkan performa gemuk lumas, memberikan tekstur yang lebih baik serta meningkatkan *dropping point* pada gemuk lumas.

Asam 12-hidroksistearat dapat dibuat dari asam risinoleat minyak jarak, dengan reaksi hidrogenasi dilakukan untuk memutus ikatan rangkap pada rantai karbonnya dan membuatnya jenuh. Reaksi hidrogenasi asam risinoleat menjadi asam 12-hidroksistearat dapat dilihat pada Gambar 2.9 (Tri Purnami, 2013).



**Gambar 2.9 Mekanisme Reaksi Hidrogenasi Asam Risinoleat dengan Katalis Nikel**

Asam 12-hidroksistearat pada minyak jarak memiliki ikatan jenuh seperti Gambar 2.9 yang menyebabkan asam berbentuk padatan ini tidak tengik sehingga asam dapat disimpan lebih lama. Ikatan jenuh pada asam 12-hidroksistearat menyebabkan gugus hidroksil pada asam lebih stabil sehingga tidak mudah teroksidasi oleh udara dan panas.

**Tabel 2.5 Karakteristik Fisika-Kimia Asam 12-Hidroksistearat**

Rumus kimia	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>
Berat molekul	300 g/mol
Bentuk fisik	Padatan putih tulang
Titik lebur	72 – 84°C
Kelarutan dalam air	Tidak larut
Bilangan asam	170 <i>min</i>
Bilangan hidroksil	155
Bilangan iod	4 <i>max</i>
Bilangan penyabunan	180 <i>min</i>
<i>Colour</i>	5 <i>max</i>

Sumber : Tri Purnami (2013)

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*. Tidak seperti tetesan yang terdispersi dalam emulsi, partikel *thickener* tidak berbentuk *spherical*, melainkan berbentuk *fiber* (serat) (Booser E.R., 1992 dan Lansdown A.R., 2004).

Perbedaan pada bahan *thickener* menyebabkan perbedaan pada karakteristik gemuk lumas yang dihasilkan seperti terlihat pada Tabel 2.6.

Gemuk sabun litium merupakan gemuk sabun sederhana yang banyak digunakan untuk aplikasi tujuan umum dimana temperatur tidak melebihi 130°C (266°F). Gemuk dengan pengental litium hidroksistearat hasil formulasi litium bersama asam 12-hidroksistearat telah dianggap sebagai salah satu yang berkinerja baik pada temperatur rendah, sedangkan sabun litium kompleks telah dianggap sebagai salah satu yang berkinerja baik pada temperatur tinggi biasanya diformulasikan dengan sabun yang kompleks. Dalam hal ini, gemuk kompleks sering disebut sebagai gemuk temperatur tinggi karena peningkatan *dropping point* yang berasal dari sistem pengental dua bagian. Aditif modifikasi dengan penggabungan ester boron menjembatani kesenjangan antara kedua jenis lemak.

**Tabel 2.6 Jenis Pengental dan Karakteristiknya**

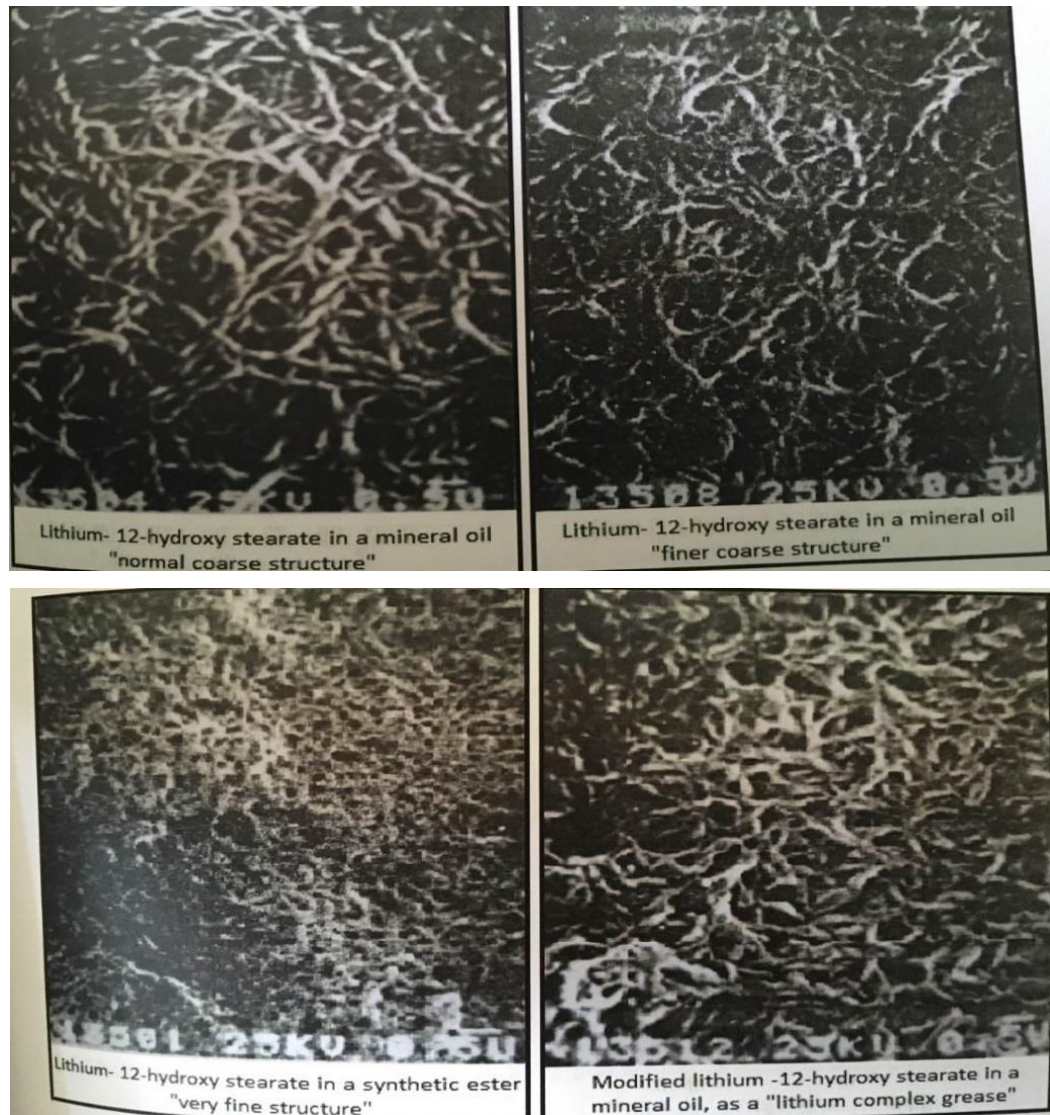
<i>Thickener</i>		<i>Penetration Worked</i>	<i>Oil Viscosity (Cst)</i>	<i>Dropping Point (°F)</i>
<b>Jenis</b>	<b>Komposisi (%)</b>			
<i>Aluminium Soap</i>	6 – 9	330 – 360	100 @ 210°F	200
	10 – 12	265 – 295	275 @ 100°F	195
<i>Barium Soap</i>	12 – 20	265 – 295	400 @ 100°F	375
<i>Calcium Soap</i>	7 – 9	355 – 385	300 @ 100°F	175
	10 – 12	310 – 340	300 @ 100°F	180
	12 – 14	265 – 295	300 @ 100°F	190
	14 – 16	220 – 250	300 @ 100°F	195
	17 – 20	175 – 205	300 @ 100°F	200
	21 – 25	130 – 160	300 @ 100°F	205
	4 – 6	<i>Semi fluids</i>	65 @ 210°F	285
	6 – 7	370 – 390	80 @ 210°F	190
	8 – 9	340 – 370	120 @ 210°F	200
<i>Lithium Soap</i>	5 – 7	355 – 385	300 @ 100°F	340
	7 – 9	310 – 340	700 @ 100°F	350
	9 – 11	265 – 295	700 @ 100°F	360
<i>Sodium Soap</i>	9 – 11	310 – 340	300 @ 100°F	320
	11 – 13	265 – 295	300 @ 100°F	330
	14 – 18	220 – 250	300 @ 100°F	340
<i>Sodium – Calcium Soap</i>	4 – 6	355 – 385	150 @ 210°F	320
	7 – 9	310 – 340	150 @ 210°F	330
	14 – 16	220 – 250	80 @ 210°F	335
<i>Modified Bentonite</i>	8 – 10	310 – 340	400 @ 100°F	*
<i>Fine Silica</i>	9 – 11	310 – 340	400 @ 100°F	*

Sumber : *Petroleum Products Handbook* (Guthrie, 1960)

Untuk menghasilkan *fiber structure* yang lebih baik pada *thickener* sabun, cara yang lazim digunakan adalah dengan penambahan *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 (Yousif, A.E, 1982 ; Sukirno, Fajar, R. Bismo and Nasikim, M., 2009 ; Wiggins, 1997).

Pengental sabun (*thickener*) tidak hanya memberikan sifat kekakuan/kekerasan gemuk lumas akan tetapi juga mempengaruhi sifat lain seperti

tahan air dan tahan panas, serta sifat *pompability* nya (Yousif, A.E, 1982 dan Wiggins, 1997).



**Gambar 2.10 Struktur Serat Sabun Litium Hidroksistearat**

Sumber : *Chemistry and Technology Lubricant* (Mortier, 2010)

### 2.3.3 Bahan Tambahan (*Additive*)

Selain tersusun oleh minyak lumas dasar (*base oil*), didalam gemuk lumas juga terdapat senyawa-senyawa yang sengaja ditambahkan untuk meningkatkan mutu atau kinerja gemuk lumas, yang disebut sebagai bahan aditif. Aditif yang ditambahkan ke dalam gemuk lumas mempunyai bermacam-macam fungsi, yang

pada dasarnya untuk memperbaiki karakteristik sifat kimia fisika yang dimiliki gemuk lumas secara alamiah, ataupun menambahkan karakteristik sifat kimia fisika yang baru, sehingga gemuk lumas yang dihasilkan dapat menjalankan fungsinya sebagai pelumas pada mesin sesuai dengan spesifikasinya. Untuk dapat menghasilkan kinerja pelumasan yang optimal, aditif dalam gemuk lumas harus memiliki beberapa sifat umum (Wartawan, L.A., 1998), yaitu:

1. Kelarutan, mudah larut didalam minyak lumas dasar.
2. Stabil dalam waktu yang lama. Bahan aditif harus mempunyai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan temperatur serta tahan terhadap hidrolisis, sehingga tidak terjadi dekomposisi pada saat penyimpanan.
3. Dapat bercampur dengan bahan aditif lain.
4. Sifat penguapannya rendah, sehingga saat pencampuran pada tempertur tinggi, tidak akan mengalami penguapan. Bila terjadi penguapan maka akan mengakibatkan penurunan konsentrasi dan efektivitas aditif tersebut.
5. Aktivitas aditif harus terkendali. Aditif yang digunakan harus bekerja secara efektif dan terkendali pada jangkauan temperatur operasi mesin yang dilumasi dan dilindungi.
6. Aditif harus memiliki sifat multiguna sehingga dapat mengurangi jumlah pemakaian beraneka ragam aditif.

### **2.3.4 *Complexing Agent* dan Asam Azelat**

#### **2.3.4.1 *Complexing Agent***

Semakin panjang rantai asam lemak pada sabun akan meningkatkan konsistensi (kekerasan) gemuk yang berpengaruh pada sifat gemuk lainnya. Oleh sebab itu perlu dilakukan modifikasi struktur serabut sabun litium dengan jalan penambahan asam lemak yang lebih pendek dari asam lemak pada sabun konvensional. Asam lemak yang lebih pendek ini direaksikan kembali dengan logam alkali yang selanjutnya disebut *complexing agent*. Dengan kombinasi beberapa asam lemak tersebut maka struktur sabun menjadi lebih kompleks sehingga bisa menghasilkan gemuk dengan tingkat temperatur operasi yang lebih tinggi.

Struktur sabun kompleks dapat dikaji dengan melihat *fiber structure* seperti pada sabun konvensional. Penambahan *complexing agent* pada sabun litium juga mampu mengubah *fiber structure thickener* yang berimbas pada karakteristik gemuk. Semakin panjang dan rapat struktur serabut yang diperoleh, maka kemampuan untuk bereaksi dan pembentukan ulang dengan struktur serabut yang berdekatan menjadi lebih reaktif. Imbas dari hal tersebut adalah peningkatan nilai konsistensi dan *dropping point* yang didapat akan semakin tinggi karena perlu energi lebih besar untuk bisa menguraikan struktur serabut.

Asam dari monokarboksilat, ester amide atau turunan asam karboksilat dapat digunakan sebagai *complexing agent*. Salah satu dasar inilah kemudian digunakan asam azelat yang memiliki 9 atom karbon sebagai *complexing agent* sabun litium.

#### 2.3.4.2 Asam Azelat

Gemuk litium paling banyak digunakan mulai dikembangkan ditahun 1942. Gemuk ini memiliki sifat yang lebih baik dibanding gemuk kalsium dan sodium hingga masih terus dikembangkan hingga saat ini. Pengembangan ini adalah menjadikan sabun kompleks sebagai *thickener* utamanya yang terbukti mampu meningkatkan kinerja gemuk litium hingga berkali lipat seperti kenaikan *dropping point* yang menjadikan gemuk dapat bekerja pada temperatur yang tinggi.

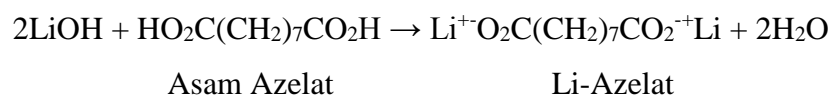
Peningkatan *dropping point* pada gemuk litium kompleks terjadi karena ada senyawa tambahan yang disebut *agent* pengompleks. Penambahan pengompleks ini juga turut meningkatkan kestabilan dan ketahanan air seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7 Perbandingan Gemuk Litium dan Litium Kompleks**

<i>Properties</i>	<i>Lithium Grease</i>	<i>Lithium Complex Grease</i>
<i>Dropping Point</i>	195°C	260°C
<i>Stability</i>	<i>Good</i>	<i>Very Good</i>
<i>Water Resistance</i>	<i>Good</i>	<i>Very Good</i>

Sumber : [www.machinerylubrication.com](http://www.machinerylubrication.com)

Sabun litium kompleks umumnya menggunakan asam adipat (C6), asam azelat (C9), dan asam sebasic (C10) sebagai *complexing agent* dengan penggunaan paling banyak pada asam azelat. Salah satu kelebihan utama penggunaan asam azelat adalah nilai *dropping point* lebih tinggi dibanding menggunakan pengompleks dengan rantai karbon yang lebih pendek. Hal inilah yang membuat gemuk litium kompleks lebih digemari dibanding gemuk jenis lain dalam kurun dekade terakhir (Mortier, et.al., 2010). Mekanisme sabun kompleks terjadi sesuai dengan reaksi berikut :



Litium kompleks yang terdiri dari sabun litium hidroksi stearat dan *complexing agent* asam azelat mempunyai kinerja yang baik pada temperatur yang rendah dan kinerja temperatur tinggi yang baik untuk *roller bearing*. Hal ini dibuktikan dengan pengujian perbandingan gemuk litium kompleks masing-masing menggunakan asam azelat dan asam sebasic sebagai agen pengompleks oleh Tuszynski dkk (2008). Pengujian dua gemuk tersebut menyimpulkan bahwa kedua jenis gemuk mempunyai keunggulan kerja yang lebih baik pada temperatur rendah mendekati -40°C.

Keunggulan lain penggunaan asam azelat yaitu minimnya efek bahaya terhadap tubuh dan lingkungan. Pada pengujian mengenai uji toksisitas, dikemukakan bahwa gemuk litium kompleks asam azelat tidak mengandung bahan berbahaya bagi tubuh. Menurut Barkley dan Stemmer (1984) 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.

Pada tahun 2008 dan 2010, di laboratorium DTK telah dihasilkan gemuk litium kompleks dengan agent pengompleks asam boric dan asam azelat. Hasil terbaik pada penelitian tersebut ditampilkan pada Tabel 2.8 :

**Tabel 2.8 Komposisi Gemuk Litium Kompleks**

<b>Tahun Penelitian</b>	<b>Jenis Sabun</b>	<b>Complexing Agent</b>	<b>Dropping Point</b>	<b>Penetrasi</b>	<b>Four Ball Test</b>
2008	Litium Kompleks	Asam Boric	235°C	175	2,12 mm
2010	Litium Kompleks	Asam Azelat	238°C	250	0,9 mm

Dari dua hasil tersebut, terlihat bahwa penggunaan asam azelat meningkatkan kualitas gemuk litium kompleks dari nilai *dropping point*, penetrasi dan uji keausan (*four ball test*). Hal ini dikarenakan struktur gemuk menjadi lebih panjang dan berserat sehingga meningkatkan konsistensi gemuk litium kompleks, dan dibutuhkan energi berlebih untuk bisa memutuskan ikatan dengan asam azelat sehingga *dropping point* nya pun meningkat. Kemampuan gemuk dalam melapisi dan masuk kedalam rongga-rongga logam juga meningkatkan kinerja keausan gemuk seperti terlihat pada penurunan nilai aus gemuk hingga mencapai 0,9 mm.

Dari beberapa *point* diatas, dapat dijadikan sumber acuan pengembangan gemuk litium kompleks menggunakan asam azelat sebagai *complexing agent*. Pengembangan juga umumnya dilakukan berdasarkan *trial and error*.

## 2.4 Stoikiometri

Stoikiometri merupakan ilmu kimia yang menyangkut hubungan kuantitatif antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia, baik sebagai pereaksi maupun sebagai hasil reaksi. Stoikiometri juga menyangkut perbandingan atom antar unsur-unsur dalam suatu rumus kimia. Asas-asas stoikiometri yaitu antara lain persamaan kimia dan konsep mol.

Persamaan kimia adalah persamaan yang menunjukkan perubahan zat-zat yang terjadi selama reaksi kimia berlangsung. Koefisien yang ditulis di sebelah kiri rumus kimia sebuah zat adalah koefisien stoikiometri, yang menggambarkan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi relatif terhadap zat yang lain. Suatu persamaan disebut setara jika jumlah suatu unsur pada sebelah kiri persamaan sama dengan jumlah unsur tersebut di sebelah kanan, dan dalam reaksi ionik jumlah total muatan harus setara juga.

Konsep mol biasanya digunakan untuk menyederhanakan jumlah partikel yang sangat kecil. Sedangkan mol digunakan untuk menyatakan satuan jumlah zat. Maka konsep mol adalah satuan jumlah zat yang menyatakan banyaknya partikel zat itu.

Pada penelitian sebelumnya pembuatan gemuk lumas litium kompleks dengan *complexing agent* asam azelat menggunakan metode *trial and error* pada komposisi massa asam 12-hidroksistearat dan asam azelat. Hal ini menyebabkan kurangnya massa litium sebagai material basa yang mengakibatkan penurunan pada uji *dropping point* pada penambahan 20 gram asam azelat.

**Tabel 2.9 Hasil Uji Karakteristik Pada Komposisi Gemuk Litium Kompleks dengan Variasi Massa Asam Azelat**

Uji Karakteristik	Gemuk Lumas				
	0 g	12,5 g	15 g	17,5 g	20 g
<i>Dropping point</i>	185°C	227°C	245°C	251°C	239°C
<i>Unworked penetration</i>	236/ NLGI 3	218/ NLGI 4-3	217/ NLGI 4-3	233/ NLGI 3	219/ NLGI 4-3
<i>Worked penetration</i>	291/ NLGI 2	287/ NLGI 2	283/ NLGI 2	286/ NLGI 2	295/ NLGI 2
Stabilitas konsistensi	55	69	66	53	76

Sumber : Buchori dan Willyam (2016)

Perhitungan stoikiometri pada pembuatan gemuk lumas litium kompleks ini digunakan untuk menentukan komposisi massa litium hidroksida, asam 12-hidroksistearat, dan *complexing agent* asam azelat pada reaksi penyabunan sabun litium kompleks. Perhitungan stoikiometri ini bertujuan agar massa litium sebagai material basa tidak mengalami kekurangan pada reaksi penyabunan sabun litium kompleks.

Sedangkan pada penelitian ini dalam menentukan komposisi gemuk lumas litium kompleks digunakan metode perhitungan stoikiometri pada reaksi penyabunan sabun litium kompleks.

## 2.5 Jenis Gemuk Lumas

Dilihat dari bahan dasar sabun yang dipergunakan (Wartawan, L.A., 1998 ; Caines, A.J. dan R.F. Haycock, 1996), secara umum gemuk lumas dapat digolongkan dalam jenis-jenis sebagai berikut :

### 2.5.1 Gemuk Sabun Litium

Gemuk sabun litium dibuat menggunakan sabun litium dengan reaksi saponifikasi litium hidroksida dan asam 12-hidroksistearat, pada temperatur 160 – 250°C, tergantung pada minyak dasar dan jenis reaktor yang digunakan (Mortier, R.M., Fox, M.F., Orzulik, S.T., 2010).

Gemuk ini diproduksi dan dikembangkan pada masa Perang Dunia II. Awalnya, jenis gemuk ini harganya masih sangat mahal. Kini gemuk sabun litium ini telah dipergunakan secara luas, bukan saja pada mesin pesawat, melainkan sudah merambah ke mesin industri ataupun otomotif, harganya pun sudah tidak lagi mahal. Gemuk sabun litium ini mempunyai sifat lembut, ketahanan terhadap air, stabilitas terhadap gesekan, respon terhadap aditif bagus, ketahanan kinerja yang baik pada temperatur yang tinggi, stabilitas oksidasi bagus. Oleh karena itu gemuk litium paling populer dan aplikasinya luas, dimulai dari gemuk litium EP berbasis pelumas mineral berviskositas tinggi ( $200 - 1000 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  pada 40°C) untuk aplikasi beban berat, sedangkan yang berviskositas sedang ( $60 - 120 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  pada 40°C) untuk aplikasi bantalan peluru. Gemuk litium adalah gemuk sabun tunggal paling besar, disusul gemuk kalsium, natrium, dan aluminium (Theo Mang & Wilfried Dresel, 2007 ; Lansdown A.R., 2004).

### 2.5.2 Gemuk Sabun Kalsium

Gemuk sabun kalsium atau gemuk *lime* merupakan gemuk lumas pertama yang diproduksi secara besar-besaran. Gemuk sabun kalsium dalam melayani operasi mesin, umumnya memiliki titik lebur sekitar 80°C sampai 90°C. Sampai saat ini produksi gemuk lumas sabun kalsium berjumlah kurang lebih separuh dari semua gemuk lumas yang diproduksi. Menurut sejarahnya, sudah lebih 50 tahun jenis gemuk lumas ini digunakan orang untuk melumasi bantalan dengan

memberikan penurunan gesekan pada mesin industri dan otomotif. Jenis gemuk lumas ini memiliki beberapa keuntungan, yaitu dapat dimodifikasi, jika perlu dengan menambahkan aditif seperti aditif tekanan ekstrim, harganya tidak mahal dan tahan terhadap air atau kedap air. Gemuk lumas jenis ini bentuk sabunya memiliki serat yang sangat kecil dibandingkan dengan serat sabun gemuk lumas lainnya, sehingga jenis gemuk lumas ini mempunyai sifat halus dan lembut. Sifat yang halus memberi pengaruh kepada gemuk yang dapat membantu dalam menghidupkan mesin dengan putaran lambat. Selain itu, dengan sifat ini gemuk lumas lebih mudah didistribusikan dalam sirkuit gemuk lumas yang ada pada mesin. Kelemahan gemuk ini adalah memiliki batasan temperatur yang lebih rendah dibanding gemuk litiun, berkisar hingga 100°C jika dibanding gemuk litium. Dari kelemahan ini perlu dilakukan modifikasi untuk mendapatkan gemuk dengan batasan temperatur yang lebih tinggi dengan penambahan *complexing agent*.

### **2.5.3 Gemuk Sabun Natrium**

Sabun natrium yang dibuat dari asam 12-hidroksistearat memiliki *dropping point* 165 – 175°C, dan temperatur operasi maksimalnya sekitar 120°C. Sabun ini memiliki struktur fibril panjang mencapai  $0,2 \times 100$  m dan menjadikannya memiliki kapasitas menahan beban tinggi pada roda gigi. Gemuk ini juga mampu memberikan perlindungan sangat baik terhadap korosi. Namun memiliki kelemahan, yaitu relatif mudah larut dalam air membentuk *gel* yang menyebabkan viskositasnya naik dan akhirnya merusak struktur gemuk. Gemuk natrium ini memiliki keunggulan lebih lengket. Sabun ini sedikit diminati dan hanya direkomendasikan untuk aplikasi tertentu, yaitu untuk motor listrik. Sifat gemuk sabun natrium yang mengabsorpsi air dan membentuk emulsi minyak di dalam air ini, menjadikan daya proteksinya menjadi terbatas (Wartawan, L.A., 1998 ; Theo Mang & Wilfried Dresel, 2007 ; Lansdown A.R., 2004).

## **2.6 Pembuatan Gemuk Lumas**

Hal yang paling penting pada pembuatan gemuk lumas adalah memilih dengan tepat minyak dasar dan sabun yang akan disenyawakan. Sabun yang

digunakan umumnya diperoleh dari lemak hewan atau tumbuh-tumbuhan yang bercampur dengan logam alkali. Unsur logam alkali yang sering dijumpai dalam ikatan sabun biasanya adalah kalsium dan natrium. Kedua logam ini biasanya disebut *lime* untuk kalsium dan soda untuk natrium dalam penyabunan. Disamping itu, kerap juga dijumpai sabun dengan logam litium yang digunakan untuk membuat gemuk.

Berdasarkan metode yang digunakan dalam membuat gemuk, secara umum dapat dibagi dalam dua bagian besar (Wartawan, L.A., 1998 ; Caines, A.J. dan R.F. Haycock, 1996 ; Pakan, T.S., 1991), yaitu :

### **2.6.1 Gemuk Didih atau Gemuk *Boiled***

Metode gemuk didih ini dilakukan dengan mencampurkan secara kimia dalam jumlah yang tepat bahan lemak dan logam alkali yang kemudian membentuk sabun, kemudian ditambahkan minyak lumas yang jumlahnya kira-kira sama dengan jumlah sabun. Campuran tersebut dapat ditempatkan dalam bejana tertutup dengan memberi tekanan pada campuran. Tekanan yang diberikan akan mempercepat pembuatan gemuk lumas. Selanjutnya, bejana yang berisi campuran tersebut dipanaskan hingga terbentuk sabun di dalam minyak, kemudian dialirkan ke dalam bejana terbuka lainnya. Minyak lumas seluruhnya dicampurkan ke dalam bejana yang terbuka dan kemudian diaduk-aduk tanpa henti sampai dingin sehingga diperoleh gemuk yang diinginkan. Pada pembuatan gemuk dengan bahan dasar sabun aluminium atau litium, yang mula-mula dilakukan adalah membuat sabun terlebih dahulu, setelah itu baru ditambahkan minyak lumas dasar. Campuran tersebut kemudian dipanasi hingga sabun menjadi larut dan mendispersi seluruhnya ke dalam minyak.

### **2.6.2 Gemuk *Cold-Sett***

Gemuk *cold-sett* dibuat melalui proses dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi. Sebagian besar gemuk *cold-sett* dibuat dari minyak nabati dan sabun yang berasal dari *lime* atau kalsium dan minyak yang digunakan sebagian merupakan minyak yang berasal dari pohon pinus. Caranya adalah sebagian dari minyak lumas

dasar yang digunakan dicampur dengan minyak pinus atau minyak nabati lainnya dan sebagian lagi dicampurkan secara terpisah dengan *lime* dan air. Kedua campuran itu disatukan pada temperatur yang cukup hangat, kemudian secara perlahan-lahan terbentuk sabun kalsium (sabun *lime*) di dalam minyak. Selanjutnya, dilakukan pengadukan hingga campuran menjadi dingin dan akhirnya terbentuk gemuk yang dimaksud. Pembuatan gemuk ini cukup sederhana dan murah.

Proses yang terjadi dalam pembuatan gemuk lumas baik secara gemuk didih atau gemuk *boiled* maupun gemuk *cold-sett* secara umum adalah :

1. Saponifikasi/penyabunan
2. Dispersi
3. Dehidrasi
4. Pemanasan (*heating*)
5. Pendinginan (*cooling*)

## 2.7 Spesifikasi Produk Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor

Standar dan mutu gemuk lumas kendaraan bermotor yang dipasarkan di Indonesia diatur berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 2808 K/20/MEM/2006 (Keputusan Menteri ESDM, 2006). Gemuk lumas kendaraan bermotor diklasifikasikan menjadi dua kode berdasarkan penggunaannya, yaitu :

### 2.7.1 Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor Kode L (LA, LB)

Gemuk lumas kendaraan bermotor kode LA dan kode LB digunakan untuk melumasi kendaraan bermotor khusus bagian *chassis* kendaraan bermotor, perbedaan karakteristik gemuk lumas kode LA dengan kode LB dapat dilihat pada Tabel 2.10 dibawah ini :

**Tabel 2.10 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas *Chassis* Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LA dan LB**

Karakteristik	Satuan	Spesifikasi		Metode Uji
		LA	LB	
Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 – 340	220 – 340	ASTM D 217

Karakteristik	Satuan	Spesifikasi		Metode Uji
		LA	LB	
NLGI <i>grade</i> *)		3 – 1	3 – 1	ASTM D 217
<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 80	Min. 150	ASTM D 566
Warna		Sesuai spes. produsen	Sesuai spes. produsen	Visual
Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. produsen	Sesuai spes. produsen	ASTM D 4628
Uji keausan ( <i>Four ball</i> ), <i>scar diameter</i> .	mm	Maks. 0,9	Maks. 0,6	ASTM D 2266

\*) Dapat dilihat pada Tabel 3.2

Sumber : Keputusan Menteri ESDM, 2006

### 2.7.2 Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor Kode G (GA, GB, GC)

Gemuk lumas kendaraan bermotor kode GA, GB dan kode GC digunakan untuk melumasi kendaraan bermotor bagian bantalan kendaraan bermotor. Perbedaan karakteristik gemuk lumas kode GA, GB, dan GC yaitu :

**Tabel 2.11 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GA, GB, dan GC**

Karakteristik	Satuan	Spesifikasi			Metode Uji
		GA	GB	GC	
Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 – 340	220 – 340	220 – 340	ASTM D 217
NLGI <i>grade</i> *)		3 – 1	3 – 1	3 – 1	ASTM D 217
<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 80	Min. 175	Min. 220	ASTM D 566
Warna		Sesuai spes. produsen	Sesuai spes. produsen	Sesuai spes. produsen	Visual
Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. produsen	Sesuai spes. produsen	Sesuai spes. produsen	ASTM D 4628
Uji keausan ( <i>Four ball</i> ), <i>scar diameter</i> .	mm	-	Maks. 0,9	Maks. 0,6	ASTM D 2266

\*) Dapat dilihat pada Tabel 3.2

Sumber : Keputusan Menteri ESDM, 2006

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kelompok Pelumas, KPPP Teknologi Aplikasi Produk, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”, Cipulir, Jakarta Selatan. Penelitian dilaksanakan selama dua bulan pada bulan April – Mei 2016.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. *Beaker glass*
2. *Electric hot plate*
3. Timbangan lab
4. *Laboratory agitator mixing*
5. Spatula

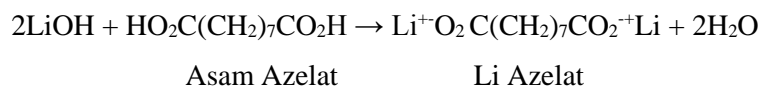
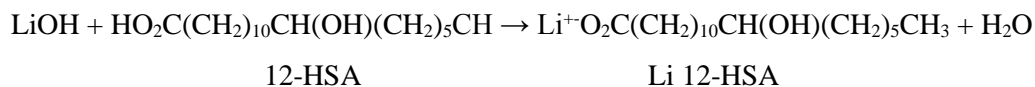
##### **3.2.2 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Minyak jarak (*Risinus communis L*)
2. Asam azelat
3. Asam 12-Hidroksistearat (12-HSA)
4. Litium hidroksida (LiOH)
5. *Aquadest*

#### **3.3 Komposisi Bahan Pembuat Gemuk Lumas Litium Kompleks**

Reaksi penyabunan dari litium hidroksida, asam 12-hidroksistearat, dan azelat sebagai berikut :



Pada penelitian sebelumnya pembuatan gemuk lumas litium kompleks dengan *complexing agent* asam azelat dalam penentuan komposisinya dilakukan tanpa perhitungan stoikiometri. Komposisi massa minyak jarak dan LiOH merupakan variabel tetap sedangkan pada komposisi massa asam 12-hidroksistearat dan asam azelat merupakan variabel bebas yang ditentukan dengan metode *trial and error*. Berikut merupakan komposisi gemuk lumas litium kompleks dengan variasi massa asam azelat tanpa perhitungan stoikiometri.

**Tabel 3.1 Komposisi Gemuk Litium Kompleks dengan Variasi Massa Asam Azelat**

No	Minyak Jarak (g)	LiOH (g)	Asam 12-HSA (g)	Asam Azelat (g)
1.	406,5	6	87,5	0
2.	406,5	6	75,0	12,5
3.	406,5	6	72,5	15,0
4.	406,5	6	70,0	17,5
5.	406,5	6	67,5	20,0

Pada penelitian ini komposisi bahan yang digunakan pada pembuatan gemuk lumas litium kompleks ini berdasarkan perhitungan stoikiometri. Berikut perhitungan stoikiometri salah satu komposisi yang pada penelitian ini :

- Reaksi penyabunan dan perhitungan sabun Litium Hidroksida

Diketahui : Mr LiOH = 24 gram/mol

Mr 12-HSA = 300 gram/mol

Mr Li-HSA = 306 gram/mol

Massa sabun litium hidroksida adalah 57,38 gram dalam total 76 gram atau sama dengan 75,5%.

$$n \text{ Li-HSA} = \frac{57,38 \text{ gram}}{306 \text{ gram/mol}} = 0,1875 \text{ mol}$$

sehingga  $\rightarrow n \text{ HSA} = n \text{ LiOH} = 0,1875 \text{ mol}$

massa HSA =  $0,1875 \text{ mol} \times 300 \text{ gram/mol} = 56,3 \text{ gram}$

massa LiOH =  $0,1875 \text{ mol} \times 24 \text{ gram/mol} = 4,5 \text{ gram}$

- Reaksi penyabunan dan perhitungan sabun Litium Azelat

Diketahui : Mr LiOH = 24 gram/mol

Mr Azelat = 188 gram/mol

Mr 2Li-Azelat = 200 gram/mol

Massa sabun litium azelat adalah 18,62 gram dalam total 76 gram atau sama dengan 24,5%.

$$n \text{ Li-Azelat} = \frac{18,62 \text{ gram}}{200 \text{ gram/mol}} = 0,093 \text{ mol}$$

sehingga  $\rightarrow n \text{ Azelat} = n \text{ LiOH} = 0,093 \text{ mol}$

massa Asam Azelat =  $0,093 \text{ mol} \times 188 \text{ gram/mol} = 17,5 \text{ gram}$

massa 2LiOH =  $2 \times 0,093 \text{ mol} \times 24 \text{ gram/mol} = 4,5 \text{ gram}$

Pada penelitian ini dilakukan variasi komposisi Li-Azelat yang digunakan dalam proses pembuatan gemuk litium kompleks. Komposisi yang digunakan dalam pembuatan gemuk lumas terdiri dari bahan-bahan pembentuk yang sama, namun dengan jumlah pembentuk sabun yang berbeda. Hal ini dimaksudkan agar penyebab terjadinya perbedaan hasil uji dapat diketahui dengan mudah. Komposisi bahan gemuk litium kompleks dengan perhitungan stoikiometri dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Komposisi Gemuk Lumas Litium Kompleks dengan Perhitungan Stoikiometri**

No	Li-Azelat	Minyak Jarak (g)	LiOH (g)	12-HSA (g)	Asam Azelat (g)
1.	21,00%	410,50	15,00	59,00	15,02
2.	25,00%	415,60	9,15	57,37	17,88
3.	24,50%	417,25	9,00	56,30	17,50

### **3.4 Variabel Penelitian**

#### **3.4.1 Variabel Tetap**

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini yaitu:

1. Temperatur pemanasan asam azelat dan asam 12-hidroksistearat yaitu 135°C.
2. Temperatur pemanasan minyak jarak dan LiOH + *aquadest* yaitu 80°C.
3. *Blending* dilakukan pada putaran 350 rpm.

#### **3.4.2 Variabel Bebas**

Variabel bebas adalah variabel yang divariasikan selama penelitian berlangsung. Variabel bebas bertujuan untuk mencari titik optimasi atau titik yang terbaik pada setiap penelitian. Variabel berubah yang digunakan yaitu :

1. Komposisi massa *complexing agent* asam azelat.
2. Komposisi massa asam 12-hidroksistearat.
3. Komposisi massa LiOH + *aquadest*.
4. Komposisi massa minyak jarak.

### **3.5 Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir penelitian ini dimulai dengan persiapan bahan baku yang dilanjutkan dengan pembuatan gemuk litium kompleks serta uji karakteristik gemuk lumas dimana alur penelitian selengkapnya akan diperlihatkan pada Gambar 3.1.

### **3.6 Prosedur Pembuatan Gemuk Litium Kompleks**

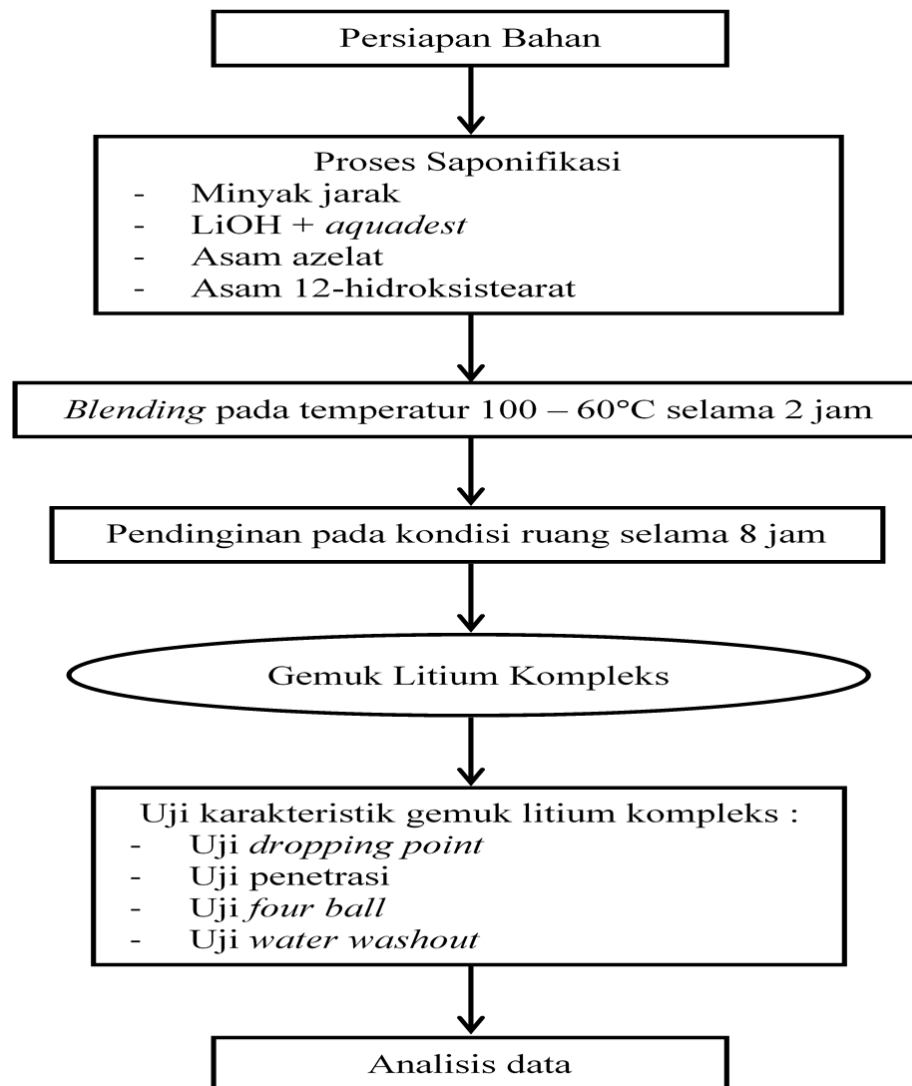
Prosedur dalam pembuatan gemuk litium kompleks menggunakan *complexing agent* asam azelat dapat dijabarkan pada tahap-tahap berikut ini :

#### **3.6.1 Persiapan Bahan**

1. Masukkan minyak jarak (*Risinus communis L*), asam azelat, asam 12-HSA, dan LiOH yang telah dicampurkan *aquadest* ke dalam masing-masing *beaker*

glass, kemudian timbang sesuai dengan komposisi bahan seperti pada Tabel 3.2. (Gambar kegiatan terlampir pada lampiran A Gambar A.1)

2. Pemanasan asam azelat dan asam 12-HSA pada temperatur 135°C dengan menggunakan *electric hot plate* hingga mencair dengan sempurna. (Gambar kegiatan terlampir pada lampiran A Gambar A.2)
3. Pemanasan minyak jarak dan LiOH yang telah dicampurkan dengan *aquadest* pada temperatur 80°C dengan menggunakan *electric hot plate* selama pemanasan asam azelat dan asam 12-HSA berlangsung. (Gambar kegiatan terlampir pada lampiran A, Gambar A.2)



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Gemuk Litium Kompleks**

### 3.6.2 Proses Saponifikasi

1. Dicampur minyak yang telah dipanaskan dengan larutan LiOH yang telah dipanaskan dan diaduk menggunakan spatula hingga membentuk campuran (campuran A).
2. Dicampur campuran A dengan asam azelat yang telah mencair dengan sempurna kemudian diaduk dengan menggunakan spatula hingga membentuk campuran (campuran B).
3. Dicampur campuran B dengan asam 12-HSA yang telah mencair dengan sempurna membentuk campuran C kemudian dilakukan *blending* hingga membentuk gemuk lumas.

(Gambar kegiatan terlampir pada lampiran B Gambar B.1)

### 3.6.3 Proses *Blending*

*Blending* gemuk lumas menggunakan *laboratory agitator mixing* dengan kecepatan 350 rpm selama 2 jam sampai homogen dengan temperatur awal *blending* 100°C dan setiap 30 menit temperatur diturunkan sebesar 10°C hingga temperatur akhir *blending* mencapai 60°C.

(Gambar kegiatan terlampir pada lampiran B Gambar B.2)

### 3.6.4 Pendinginan Pada Kondisi Ruang

Gemuk lumas yang telah selesai di *blending* didiamkan pada temperatur ruang selama 8 jam. Hal ini dilakukan agar gemuk lumas yang telah selesai di *blending* mengalami proses pendinginan dengan temperatur ruang.

### 3.7 Uji Karakterisasi

Uji karakteristik yang dilakukan pada penelitian mengenai pengaruh penambahan asam azelat dengan perhitungan stoikiometri adalah uji penetrasi, uji *dropping point*, uji *four ball*, dan uji *water washout*.

(Gambar kegiatan uji karakteristik terlampir pada lampiran C)

### 3.7.1 Penetrasi (*Penetration*) ASTM D 217

Pengukuran tingkat penetrasi dilakukan untuk menunjukkan tingkat kekerasan atau *consistency* gemuk lumas, dengan menggunakan *one quarter scale cone equipment*, seperti halnya tingkat kekentalan untuk minyak lumas, untuk gemuk lumas dinyatakan dalam kekerasan atau *consistency*, pengelompokannya ditentukan oleh *National Lubricating Grease Institute (NLGI)*.

NLGI adalah tingkat kekerasan gemuk lumas setelah *Work Penetration* pada temperatur  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  seperti terlihat pada Tabel 3.3, kekerasan gemuk lumas dibagi menjadi 9 tingkat kekerasan, dari tingkat kekerasan 000 sampai tingkat kekerasan 6 berdasarkan ASTM D 217 atau D 1403, dimana semakin besar angka NLGI, maka semakin keras gemuk lumas tersebut. Target NLGI pada penelitian ini adalah NLGI 2. Pengelompokan tingkat kekerasan gemuk lumas dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Tingkat Kekerasan Gemuk Lumas**

NLGI	Batasan Penetrasi Worked 25°C (0,1 mm)
000	445 – 475
00	400 – 430
0	335 – 385
1	310 – 340
2	265 – 295
3	220 – 250
4	175 – 205
5	130 – 160
6	85 – 115

Langkah pengujian uji penetrasi adalah sebagai berikut :

1. Wadah penguji, *cup sample*, dan *cone penetration* dibersihkan dengan menggunakan *wash benzene*.
2. Gemuk lumas dimasukkan ke dalam *cup sample* sampai terisi penuh.
3. Atur posisi *cone penetration* diatas permukaan gemuk, lalu dibiarkan berpenetrasi kedalam gemuk selama 5 detik
4. Kedalaman *cone penetration* yang masuk ke dalam gemuk lumas menunjukkan nilai konsistensi gemuk.



**Gambar 3.2** Alat Uji Penetrometer

### **3.7.2** *Dropping Point* ASTM D 566

*Dropping point* atau titik jatuh adalah temperatur dimana gemuk lumas mulai mencair dan terlepas ikatannya antara minyak dengan *thickener*nya. Untuk parameter *dropping point*, target hasil yang diharapkan adalah  $\geq 280^{\circ}\text{C}$ , *dropping point* tidak menunjukkan batasan maksimum temperatur kerja gemuk lumas, dimana pada umumnya temperatur kerja gemuk lumas jauh lebih tinggi dari *dropping point* nya. Analisa *dropping point* dilakukan sesuai metode ASTM D 566. Alat uji *dropping point* adalah *dropping point wide range* yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Prosedur pengujian *dropping point* yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Gemuk lumas dimasukkan ke dalam *cup* lalu dipadatkan dengan menggunakan batang pematik.
2. *Cup* dimasukkan ke dalam *test tube*.
3. Termometer dimasukkan ke dalam *cup* tanpa menyentuh gemuk lumas yang akan diuji.
4. Perangkat tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *aluminium block oven* yang sudah dimasukkan termometer pada bagian *waterbath*.
5. Setelah semua perangkat terpasang, panaskan *heater* hingga temperaturnya naik secara perlahan-lahan hingga terjadi tetesan gemuk lumas.

6. Dilakukan pengambilan nilai temperatur yang ditunjukkan kedua termometer ketika terjadi tetesan gemuk lumas pertama. Kemudian kedua nilai tersebut dijumlahkan dan dirata-ratakan.



(a)

(b)

**Gambar 3.3** Alat Uji *Dropping Point* (a) Manual, (b) Otomatis

### 3.7.3 *Four Ball* ASTM D 2596 dan ASTM D 2266

1. Metode ASTM D 2596

Pengujian untuk kerja tekanan ekstrim ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan gemuk lumas terhadap ketahanan ekstrim waktu digunakan pada mesin. Alat uji yang digunakan adalah mesin penguji tekanan ekstrim empat bola (*Four Ball Extreme Pressure Apparatus*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 dengan kecepatan rotasi  $1760 \pm 40$  rpm. Alat bantu lain adalah mikroskop yang dapat digunakan dengan ketelitian 0,01 mm, pengukur waktu (*timer*) dengan penyetelan waktu hitung mundur 10 detik, serta bola uji yang terbuat dari baja campuran *chrome*. Pengujian dengan mesin *four ball* ini akan mendapatkan tiga jenis nilai yaitu : *seizured load* (beban dasar bola mulai tampak luka), *welding point* (titik pengelasan), dan *load wear index* (indeks beban dasar). *Load wear index* merupakan indeks kemampuan gemuk lumas untuk mencegah keausan pada saat pembebanan.

2. Metode ASTM D 2266

Metode uji ini mencakup penetapan karakteristik kemampuan mencegah terjadinya keausan dari gemuk lumas, dalam aplikasi gesekan

antara baja dengan baja. Ketentuan ini tidak memprediksi karakteristik pencegahan keausan relatif pada logam kombinasi selain dari baja dengan baja atau untuk mengevaluasi karakteristik tekanan ekstrim dari gemuk lumas. Tiga bola baja berdiameter  $\frac{1}{2}$  inci dijepit menjadi satu dan diberi gemuk lumas uji. Sebuah bola keempat berdiameter  $\frac{1}{2}$  inci dipasang di atasnya, menekan ketiga bola di bawahnya dengan gaya 40 kgf. Temperatur gemuk lumas uji dikondisikan pada temperatur  $75^{\circ}\text{C}$ , kemudian bola bagian atas diputar dengan kecepatan 1200 rpm selama 60 menit. Karakteristik pencegahan keausan dari gemuk lumas kemudian dibandingkan dengan membandingkan luka goresan rata-rata yang terdapat pada ketiga bola uji tersebut.

Prosedur pengujian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Membersihkan empat bola uji yang akan digunakan dengan *wash benzene* dan *acetone*, lalu dikeringkan.
2. Menimbang berat bola.
3. Meletakkan setengah bagian *cup* bola dengan gemuk lumas lalu letakkan ketiga bola diatas permukaan gemuk lumas lalu lapiasi bola uji dengan gemuk lumas dan kencangkan baut penguncinya dengan kunci torsi alat *four ball*.
4. Pasang salah satu dari bola uji yang sudah dibersihkan ke dalam *chuck* pada *spindel* alat uji dan kencangkan.
5. Letakkan *cup* bola uji yang berisi ketiga bola uji dan gemuk lumas uji pada alat uji *four ball*. Hindari pembebanan kejut dengan cara menaikkan beban secara perlahan.
6. Setelah mencapai beban yang diinginkan, dihidupkan alat pengontrol temperatur dan atur ke temperatur uji  $75 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
7. Pada saat temperatur uji telah tercapai, langsung *start timer* dan motor penggerak yang telah diatur kecepatannya  $1200 \pm 60$  rpm.
8. Setelah motor penggerak berputar selama  $60 \pm 1$  menit, dimatikan *heater* dan motor penggerak dan buka *cup* bola uji dengan kunci torsi.

9. Diukur *Scar Diameter* pada ketiga bola uji dengan ketelitian 0,01 mm dengan metode ASTM D 2266.



**Gambar 3.4** Alat Uji *Four Ball*

#### **3.7.4** *Water Washout* ASTM D 1264

Pengujian dengan alat *Water Washout* ASTM D 1264 meliputi evaluasi ketahanan suatu gemuk lumas untuk *washout* oleh air pada bantalan, ketika diuji pada 38°C dan 79°C (100°F dan 175°F) dibawah kondisi laboratorium yang ditentukan.

Pada *grease* yang memiliki *highly volatile oils* akan terdapat berat yang hilang (*weight loss*) yang terjadi akibat adanya penguapan ketika pengeringan. Beberapa gemuk lumas mengandung komponen yang mengakibatkan kesulitan pengeringan sempurna pada temperatur  $77 \pm 6^\circ\text{C}$ . Pada kasus ini, temperatur pengeringan dapat ditingkatkan ke  $93 \pm 3^\circ\text{C}$ .

Prosedur pengujian *water washout* yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Cawan petri, *ball bearing*, dan *housing* ditimbang untuk mengetahui berat total spesimen.
2. Gemuk lumas diaplikasikan pada *ball bearing* sebanyak  $4,00 \pm 0,05$  gram.
3. *Aquadesh* ditambahkan ke dalam *reservoir* sesuai dengan batas yang telah ditentukan.
4. *Ball bearing* dan *housing* dipasang pada alat uji.
5. Temperatur diatur hingga 38°C atau 79°C (sesuai kebutuhan pengujian).

6. Tanpa menghidupkan motor penggerak *bearing*, pompa dihidupkan untuk sirkulasi air dengan kecepatan alir air 18 L/jam. Semprotan air dibelokkan dengan penahan yang terdapat pada *cover* penutup.
7. Ketika temperatur sudah mencapai 38°C atau 79°C, motor penggerak *bearing* dihidupkan dengan kecepatan putaran 600 rpm selama 60 menit.
8. Sekat penahan diputar 90° supaya semprotan air mengenai pelat penutup *bearing*.
9. Setelah 60 menit, putaran motor dan pemanasan akan berhenti. *Reservoir* akan mendingin setelah ditunggu  $\pm 1$  jam.
10. *Cover* penutup dibuka lalu rakitan spesimen dan sekat penahan dilepas, kemudian letakkan kedalam cawan petri.
11. Setelah selesai, alat uji dimatikan dan *aquadesh* dibuang dengan cara *valve* yang ada di sebelah kanan alat dibuka dan ditampung menggunakan *beaker glass*.
12. *n-hexane* disemprotkan ke dalam alat uji untuk menghilangkan gemuk lumas yang menempel, kemudian *acetone* disemprotkan untuk mengeringkan alat uji.
13. Spesimen dikeringkan dalam oven selama  $\pm 15$  jam pada temperatur 77°C.
14. Setelah dikeringkan selama 15 jam, spesimen didiamkan  $\pm 1$  jam hingga mencapai temperatur ruangan.
15. Spesimen ditimbang untuk mengetahui jumlah gemuk lumas yang hilang (*grease losses*).
16. Rata-rata hasil pengujian serta temperatur pada saat spesimen dirakit dan temperatur pengeringan dilaporkan untuk menunjukkan presentase *grease* yang hilang pada temperatur uji.



**Gambar 3.5** *Alat Uji Water Washout*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks dengan Formulasi Perhitungan Stoikiometri

Uji karakteristik yang dilakukan di laboratorium terhadap gemuk lumas dengan komposisi sesuai dengan Tabel 3.2 menunjukkan adanya perbedaan pada hasil pengujiannya. Hasil uji karakteristik gemuk litium kompleks dengan formulasi menggunakan perhitungan stoikiometri dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks dengan Formulasi Perhitungan Stoikiometri**

Uji Karakteristik	Gemuk Lumas		
	Li-Azelat 21%	Li-Azelat 24,5%	Li-Azelat 25%
<i>Dropping Point</i>	197,0°C	257,0°C	245,5°C
<i>Unworked Penetration</i>	367/ NLGI 0	249/ NLGI 3	243/ NLGI 3
<i>Worked Penetration</i>	382/ NLGI 0	278/ NLGI 2	273/ NLGI 2
Stabilitas Konsistensi	15	29	30

Dari hasil uji karakteristik *dropping point* dan penetrasi pada 3 percobaan dengan formulasi berdasarkan perhitungan stoikiometri maka formulasi yang paling optimal untuk pembuatan gemuk litium kompleks adalah Li-Azelat dengan persentase 24,5%. Hal ini dikarenakan hasil uji *dropping point* tinggi mencapai 257°C dan hasil uji penetrasi sudah masuk kedalam NLGI 2-3, serta kekerasan pada Li-Azelat 24,5% memiliki stabilitas konsistensi dengan beda 29.

#### 4.2 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam Penggunaan *Complexing Agent* Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium

Gemuk sabun litium mempunyai sifat lembut dan berbentuk seperti mentega. Gemuk ini merupakan gemuk sabun sederhana yang banyak digunakan untuk aplikasi dengan tujuan umum dimana temperatur tidak melebihi 130°C

(266°F). Gemuk dengan pengental litium hidrosistearat hasil formulasi litium bersama asam 12-hidrosistearat telah dianggap sebagai salah satu yang bekinerja baik, memiliki kemampuan menahan air, dan mencegah terjadinya karat pada permukaan logam. Penambahan *complexing agent* pada sabun litium juga mampu mengubah *fiber structure thickener* yang berimbas pada karakteristik gemuk.

Pada percobaan ini Li-Azelat 24,5% dengan perhitungan stoikiometri akan dibandingkan dengan Li-Azelat 17,5 gram tanpa perhitungan stoikiometri yang sebelumnya telah dilakukan oleh Buchori dan Willyam (2016) dengan komposisi yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Komposisi Gemuk Kompleks Li-Azelat**

No	Minyak Jarak (g)	LiOH (g)	1 2-HSA (g)	Asam Azelat (g)
1.	406,50	6	70	17,5
2.	417,25	9,00	56,30	17,5

Sumber :

1. Buchori dan Willyam (2016)
2. Data komposisi penelitian ini

Penelitian yang dilakukan oleh Buchori dan Willyam (2016) menghasilkan gemuk litium kompleks tanpa perhitungan stoikiometri dengan komposisi terbaik yaitu minyak jarak 406,50 gram, LiOH 6 gram, 12-HSA 70 gram, dan asam azelat 17,5 gram. Sedangkan pada penelitian ini menghasilkan gemuk litium kompleks dengan perhitungan stoikiometri dengan komposisi terbaik yaitu minyak jarak 417,25 gram, LiOH 9,00 gram, 12-HSA 56,30 gram, dan asam azelat 17,5 gram.

Uji karakteristik dilaboratorium terhadap gemuk lumas yang dihasilkan sesuai dengan komposisi pada Tabel 4.2 menunjukkan adanya perbedaan pada hasil pengujiannya. Seperti pada uji *dropping point* yang menunjukkan adanya peningkatan temperatur yang ditunjukkan oleh sampel gemuk lumas. Perbedaan yang terjadi pada tingkat kestabilan gemuk lumas yang ditandai dengan perubahan kestabilan konsistensi gemuk lumas. Pada uji *water washout* hasil *grease losses* menunjukkan adanya pengaruh perhitungan stoikiometri pada penambahan asam

azelat sebagai *complexing agent*. Hasil uji karakteristik gemuk lumas kompleks Li-Azelat berdasarkan hasil uji di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Lumas Litium Kompleks**

Uji Karakteristik	Standar Produk Gemuk Lumas	Gemuk Lumas	
		Li-Azelat Tanpa Stoikiometri*)	Li-Azelat Dengan Stoikiometri**)
<i>Dropping Point</i>	Min. 220°C	251,0°C	257,0°C
<i>Unworked Penetration</i>	-	233/ NLGI 3	249/ NLGI 3
<i>Worked Penetration</i>	220 – 340 (NLGI 3 – 1)	286/ NLGI 2	278/ NLGI 2
Stabilitas Konsistensi	-	53	29
% Perubahan Konsistensi	-	22,7%	11,6%
<i>Scar Diameter (by Four Ball)</i>	Maks. 0,6	0,37 mm	0,37 mm
<i>Grease Losses (by Water Washout)</i>	-	35%	24%

Keterangan :

\*) Buchori dan Willyam (2016)

\*\*) Data hasil penelitian ini

Penelitian yang dilakukan oleh Buchori dan Willyam (2016) menghasilkan gemuk litium kompleks tanpa perhitungan stoikiometri dengan komposisi terbaik asam azelat 17,5 gram dengan nilai uji *dropping point* sebesar 251°C, uji penetrasi menghasilkan nilai *unworked penetration* 233 yang masuk ke dalam NLGI 3 sedangkan nilai *worked penetration* 286 yang masuk ke dalam NLGI 2 dan menghasilkan stabilitas konsistensi sebesar 53 dengan persentase 22,7%. Uji *four ball* menghasilkan nilai *scar diameter* sebesar 0,37 mm dan uji *water washout* menghasilkan *grease losses* sebesar 35%.

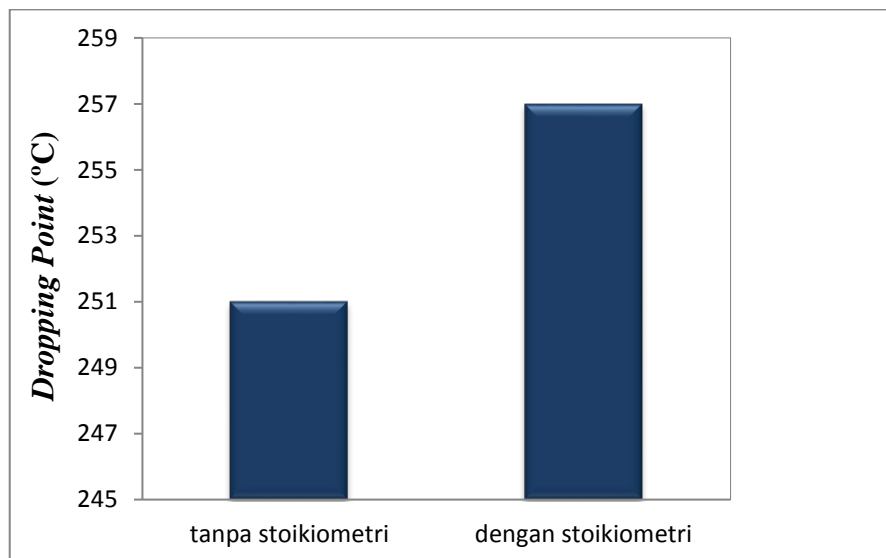
Sedangkan pada penelitian ini menghasilkan gemuk litium kompleks menggunakan perhitungan stoikiometri dengan komposisi terbaik Li-azelat 24,5% dengan nilai uji *dropping point* sebesar 257°C, uji penetrasi menghasilkan nilai *unworked penetration* 249 yang masuk ke dalam NLGI 3 sedangkan nilai *worked penetration* 278 yang masuk ke dalam NLGI 2 dan menghasilkan stabilitas konsistensi sebesar 29 dengan persentase 11,6%. Uji *four ball* menghasilkan nilai

*scar diameter* sebesar 0,37 mm dan uji *water washout* menghasilkan *grease losses* sebesar 24%.

#### 4.2.1 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam *Complexing Agent* Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji *Dropping Point*

*Dropping point* atau titik jatuh adalah temperatur dimana gemuk lumas mulai mencair dan terlepas ikatannya antara minyak dengan *thickener*nya. Untuk parameter *dropping point*, target hasil yang diharapkan adalah  $\geq 280^{\circ}\text{C}$ .

Pada pengujian ini pengaruh penambahan *complexing agent* asam azelat dengan perhitungan stoikiometri terhadap uji *dropping point* gemuk lumas yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji *Dropping Point***

Hasil uji *dropping point* menunjukkan bahwa gemuk litium yang diformulasi dengan menggunakan perhitungan stoikiometri mengalami kenaikan temperatur. Peningkatan nilai *dropping point* terjadi karena adanya matriks ikatan yang lebih sempurna pada gemuk kompleks Li-Azelat.

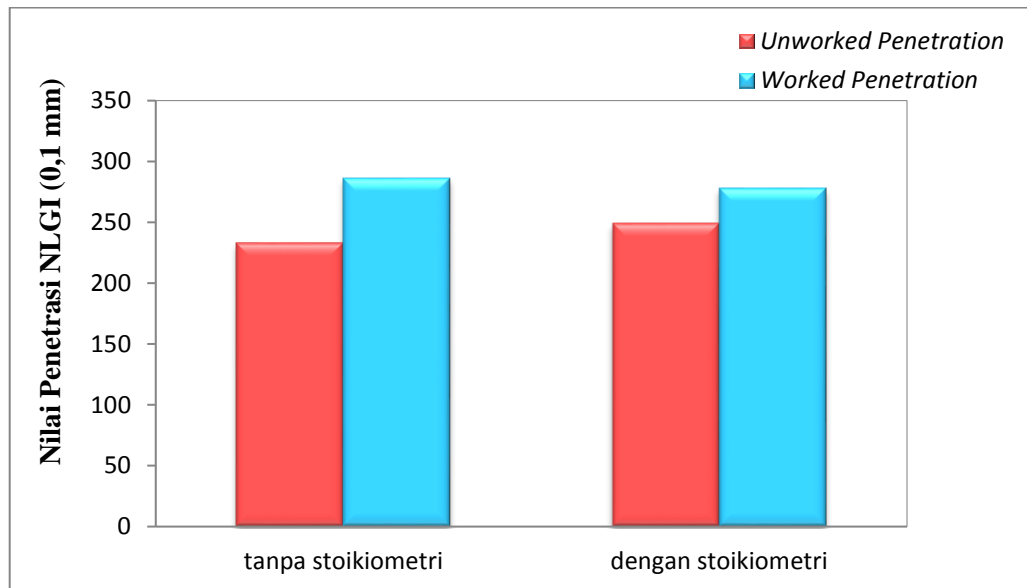
Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa formulasi dengan menggunakan perhitungan stoikiometri dalam pembuatan gemuk litium kompleks dapat meningkatkan nilai *dropping point* secara signifikan, sehingga asam azelat dikatakan *compatible* sebagai *complexing agent* untuk gemuk litium berbasis minyak jarak. Pada penelitian sebelumnya penambahan 20 gram asam azelat terjadi penurunan nilai *dropping point*, artinya penambahan 20 gram asam azelat sudah tidak lagi optimal maka dilakukan formulasi dengan menggunakan perhitungan stoikiometri untuk mendapatkan *biogrease lithium complex* dengan *dropping point* yang optimal. Hasil *dropping point* formulasi 17,5 gram dengan perhitungan stoikiometri adalah 257°C sehingga didapatkan kondisi asam azelat yang optimal.

#### **4.2.2 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam *Complexing Agent* Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji Kekerasan (Penetrasi) dan Konsistensi Gemuk Lumas**

Tingkat kekerasan pada 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 yang sesuai dengan kelas *National Lubricating Grease Institute* (NLGI).

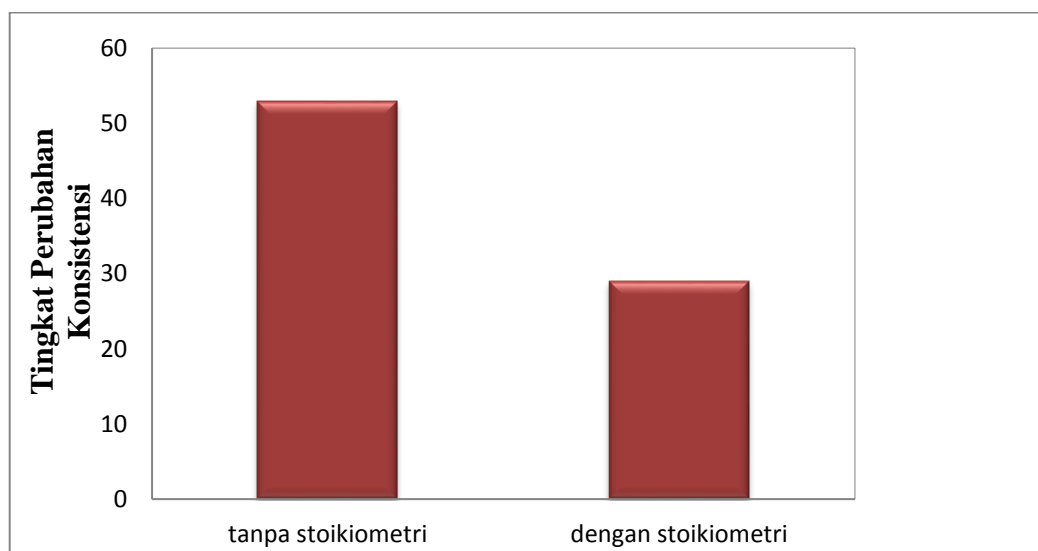
Pengelompokan kekerasan gemuk lumas yang telah ditentukan oleh *National Lubricating Grease Institute* (NLGI) dibagi menjadi 9 tingkat kekerasan, yaitu dari tingkat kekerasan 000 sampai tingkat kekerasan 6. Parameter ini digunakan oleh konsumen untuk menyesuaikan tingkat kekerasan gemuk lumas dengan kebutuhan mesin yang akan diberi gemuk lumas. Sedangkan penetrasi sebelum perlakuan kerja (*unworked penetration*) dimaksudkan sebagai nilai awal untuk mengukur perubahan tingkat kekerasan gemuk lumas agar dapat melihat kestabilannya.

Pengaruh formulasi perhitungan stoikiometri dalam *complexing agent* asam azelat terhadap kekerasan gemuk lumas serta konsistensinya dapat dilihat Gambar 4.2 :



**Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji Penetrasi**

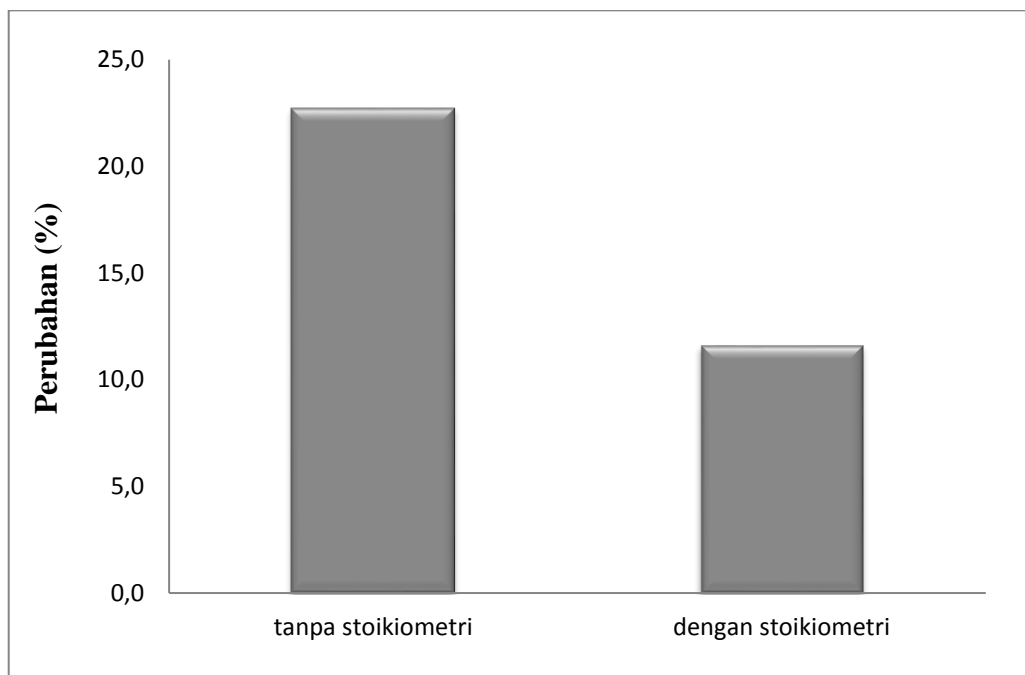
Pengaruh *complexing agent* asam azelat dengan perhitungan stoikiometri pada gemuk lumas litium terhadap tingkat perubahan konsistensi gemuk lumas dapat dilihat Gambar 4.3.



**Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Tingkat Perubahan Konsistensi Gemuk Lumas**

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa penambahan *complexing agent* dengan perhitungan stoikiometri mempengaruhi konsistensi gemuk lumas yang dihasilkan. Setelah gemuk lumas dikenakan perlakuan kerja, tingkat kepadatan (tekstur) gemuk lumas berubah. Data hasil *work penetration* menunjukkan adanya perubahan tingkat kepadatan yang berarti pada perubahan gemuk lumas tersebut. Hal ini dapat dilihat dari selisih antara *unwork penetration* dan *work penetration* yang mengalami kestabilan pada gemuk lumas litium yang menggunakan perhitungan stoikiometri.

Besarnya perubahan tekstur gemuk lumas dapat dihitung dengan menggunakan presentase perubahan nilai kekerasan. Dimana semakin kecil persentase perubahan nilai maka gemuk lumas akan semakin stabil. Presentase perubahan gemuk lumas dapat dilihat pada Gambar 4.4.



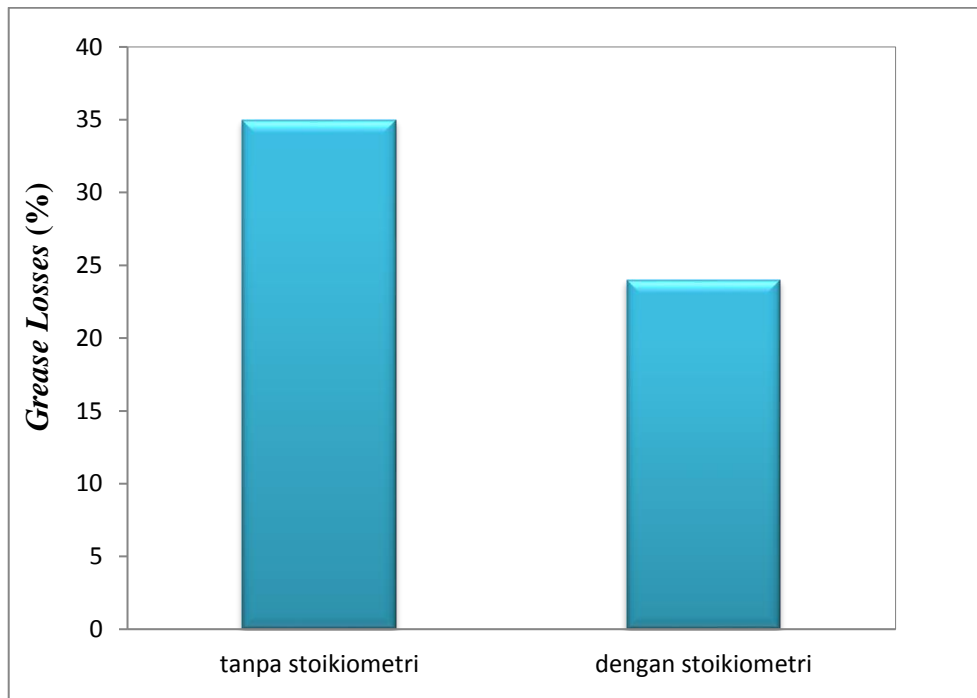
**Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Terhadap Perubahan Struktur Gemuk Lumas Litium Kompleks**

Berdasarkan data presentase perubahan tekstur gemuk lumas, penambahan *complexing agent* asam azelat dengan formulasi perhitungan stoikiometri pada gemuk litium mengakibatkan turunnya persentase perubahan konsistensi secara

signifikan dari 22,7% Li-Azelat 17,5 gram tanpa perhitungan stoikiometri hingga mencapai 11,6% Li-Azelat 17,5 gram menggunakan perhitungan stoikiometri. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan asam azelat dengan menggunakan perhitungan stoikiometri mampu meningkatkan kestabilan konsistensi gemuk lumas nabati. Formula *biogrease lithium complex* dengan perhitungan stoikiometri membuat kestabilan gemuk litium menjadi sangat baik.

#### 4.2.3 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam *Complexing Agent* Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji *Water Washout*

Berdasarkan hasil uji karakterisasi gemuk litium kompleks pada Tabel 4.3, penambahan *complexing agent* dalam pembuatan gemuk litium kompleks memberikan hasil presentase ketahanan gemuk lumas terhadap air uji semi unjuk kerja gemuk litium kompleks dengan metode *water washout* pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh Penggunaan Perhitungan Stoikiometri Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji *Water Washout*

Rasio pencampuran asam azelat dengan perhitungan stoikiometri dalam gemuk lumas memberikan hasil yang berbeda pada uji *water washout* terhadap gemuk lumas. Perbedaan komposisi sabun pada *lithium complex grease* azelat dengan perhitungan stoikiometri meningkatkan ketahanan gemuk lumas terhadap air.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* dengan perhitungan stoikiometri mampu memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik ketahanan gemuk lumas terhadap air. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 4.5 bahwa Li-Azelat dengan stoikiometri menghasilkan *grease losses* sebesar 24% sedangkan Li-Azelat tanpa stoikiometri menghasilkan *grease losses* sebesar 35%. Semakin kecil *grease losses* yang dihasilkan maka ketahanan gemuk lumas terhadap air semakin bagus.

#### 4.2.4 Pengaruh Formulasi Perhitungan Stoikiometri Dalam *Complexing Agent* Asam Azelat Pada Gemuk Lumas Litium Kompleks Terhadap Uji *Four Ball*

Berdasarkan hasil uji karakteristik gemuk litium kompleks pada Tabel 4.3, penambahan *complexing agent* dalam pembuatan gemuk litium kompleks memberikan hasil *scar diameter* uji semi unjuk kerja gemuk litium kompleks dengan metode *four ball* pada Gambar 4.6.



Biogrease tanpa  
perhitungan stoikiometri

Biogrease dengan  
perhitungan stoikiometri

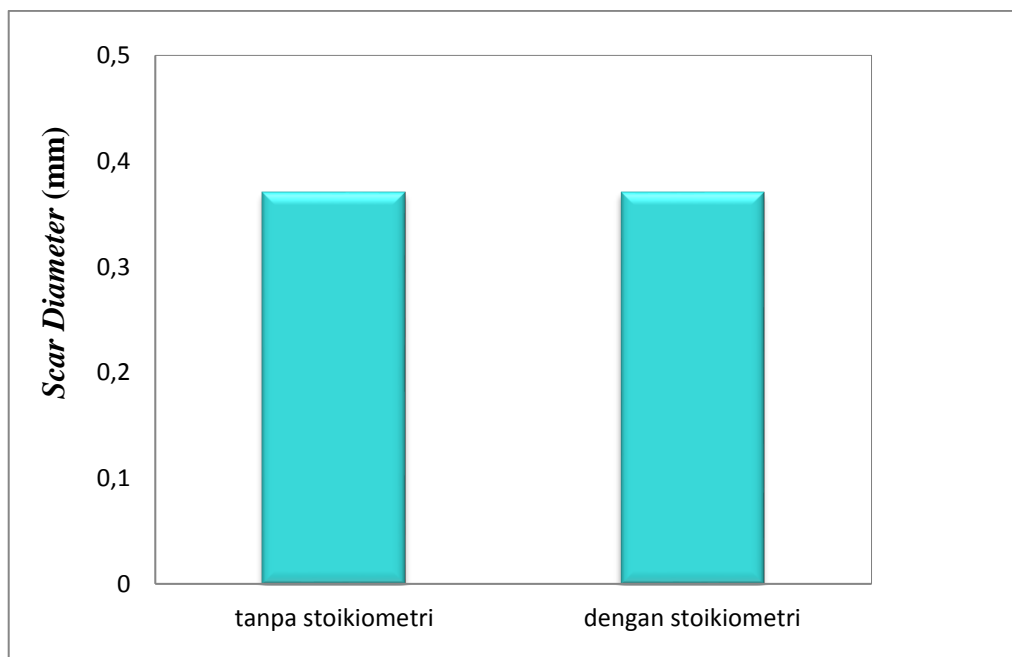
Gambar 4.6 Hasil *Scar Diameter Uji Four Ball* Pada Li-Azelat

Berdasarkan hasil pengujian diatas diperoleh data-data pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

**Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Uji *Four Ball* Gemuk Lumas**

Sampel	ASTM	Bola	Vertikal ( $\mu\text{m}$ )	Horizontal ( $\mu\text{m}$ )	Rata-rata ( $\mu\text{m}$ )	Hasil Akhir ( $\mu\text{m}$ )	<i>Scar Diameter</i> (mm)
Li-Azelat dengan stoikiometri	D 4172	1	387,1	363,1	375,1	370,2	0,37
		2	348,4	372,6	360,5		
		3	377,4	372,6	375,0		

Penambahan *complexing agent* pada pembuatan gemuk litium kompleks memberikan hasil *scar diameter* pada uji *four ball* terhadap gemuk litium kompleks dengan perbandingan ukuran *scar diameter* antara dua jenis gemuk lumas yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Perhitungan Stoikiometri Terhadap *Scar Diameter* Gemuk Lumas Litium Kompleks**

Hasil uji *four ball* menunjukkan bahwa penambahan *complexing agent* dengan perhitungan stoikiometri tidak mempengaruhi *scar diameter* pada

permukaan bola uji secara signifikan. Hal ini terlihat dari kestabilan *scar diameter*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan komposisi sabun pada *lithium complex grease azelat* dengan perhitungan stoikiometri tidak mempengaruhi besarnya keausan yang ditimbulkan pada permukaan logam. Hal ini dapat diartikan bahwa penambahan asam azelat dengan perhitungan stoikiometri tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik gemuk lumas dalam pencegahan keausan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* dengan perhitungan stoikiometri dalam pembuatan gemuk litium kompleks, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini dapat diketahui formula optimal gemuk lumas pada komposisi *thickener* 417,25 gram dan *complexing agent* asam azelat 17,5 gram dengan perhitungan stoikiometri menghasilkan *dropping point* tertinggi yaitu sebesar 257°C dan hasil uji penetrasi sudah masuk kedalam NLGI 2-3, serta memiliki stabilitas konsistensi dengan beda 29.
2. Penambahan *complexing agent* asam azelat dengan perhitungan stoikiometri pada komposisi gemuk lumas mendapatkan karakteristik gemuk lumas yang lebih baik. Perhitungan stoikiometri pada gemuk lumas mampu menaikkan temperatur pada uji *dropping point*, dapat menaikkan stabilitas konsistensi pada uji penetrasi yang dapat terlihat dari semakin kecilnya tingkat perubahan konsistensi pada uji penetrasi serta mampu menaikkan ketahanan gemuk lumas terhadap air pada uji *water washout* yang dapat terlihat dari kecilnya persentase *grease losses* yang didapatkan.

#### **5.2 Saran**

Untuk mendapatkan gemuk litium kompleks yang lebih optimal, dalam penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan perhitungan stoikiometri dengan *complexing agent* yang berbeda yang dapat membuat reaksi saponifikasi dalam pembuatan gemuk litium kompleks yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asadauskas, S. (1997). *Oxidative degradation of fluids based on synthetic and natural esters*.
- Barriga J.A. (2006), "Sunflower based grease for heavy duty applications", *Mecanica, Exp.*, 13, pp: 129-133.
- Booser E.R. (1992) "*Handbook of Lubrication*" Volume II, (8th ed). Boca Raton: CRC Press, Inc.
- Buchori, M. dan Willyam, M., 2016. Laporan Penelitian "Pengaruh Penambahan *Complexing Agent* (Asam Azelat) Terhadap *Lithium Grease* Dengan *Base Oil* Minyak Jarak". PPPTMG "LEMIGAS", Jakarta.
- Caines, A.J. dan R.F. Haycock, 1996. *Automotive Lubricants Reference Book*. Society of Automotive Engineers, Inc., USA.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), (2011). "*National diabetes fact sheet: national estimates and general information on diabetes and prediabetes in the united States, 2011*". Atlanta, GA: US Departement of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, 2011.
- Guthrie, V.B., 1960, *Petroleum Product Handbook*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Hepple, P. (1967). *Joint Problems of the oil and water industries*.
- Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor : 2808 K/20/MEM/2006 Tentang Standar Dan Mutu (Spesifikasi) Pelumas Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri, <http://jdih.esdm.go.id/peraturan/kepmen-esdm-2808-k-20-mem-2006.pdf>.
- Khosvari, Javad (2007). "9: Results". "*Production of Lithium Peroxide and Lithium Oxide In An Alcohol Medium*". ISBN 978-0-494-38597-5.
- Kirk, R.E. dan Othmer D.F. (1993)., *Encyclopedia of Chemical Technology*, Volume: 5. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.

- Lansdown A.R. (2004), *"Lubrifications and Lubricant Selection"*, a Practical Guide, 3rd Edition, Professional Engineering Published Limited, Suffolk, UK, pp: 128-131.
- Leslie R. Rudnick, (2006), *"Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants"* 459, ISBN 1-57444-723-8, Pennsylvania, USA, pp: 3-5.
- Lide, David R., ed. (2006). *"CRC Handbook of Chemistry and Physics"* (87th.ed.).
- Ludema, K.C. (1996). *Friction, wear, lubrication: a textbook in tribology*. CRC press.
- Maysaroh (2013), "Sintesis Asam Azelat Dari Risinolet Yang Terkandung Dalam Minyak Jarak, *Castor Oil*".
- Mortier, R.M., Fox, M.F., Orzulik, S.T., (2010), (ed), *"Chemistry and Techonology of Lubricant 3<sup>rd</sup>"* . Spinger, London, pp: 413-414.
- Pakan, T.S. (1991), "Gemuk Pelumas (Grease)", PPPTMGB "LEMIGAS", Jakarta.
- Paul A. Bessette and David S.Stone (1999), *"Synthetic Lubricants and High Performance Functional Fluids"*, New York, ISBN: 0-8247-0194-1, pp: 519-537.
- Petrucci Ralph H., dkk (1972), (ed 10), *"General Chemistry : Principles and Modern Applications"*, Canada. pp: 116-118.
- Sukirno, Fajar, R. Bismo and Nasikim, M. (2009), *"Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener: Evaluation of Antiwear Property"*. *World Applied Sciences Journal*. 6 (33) pp: 401-407.
- Techni-Tips (1998), *"Lubricant Base Stocks"*, A Publication of The Lubrication Engineers Technical Departement, Number: 116, <http://www.le-inc.com> LI20116 Rev. 05-98.
- Theo Mang & Wilfried Dresel, (2007), *"Lubricants and Lubrication"*, 2nd Edition, Wiley-VCH, Weinheim, pp: 648-658.

Tim Pelaksana Kerja Sama Direktorat Jendral Litbang (AURI) dengan LEMIGAS, 1970, Penelitian Pembuatan *Aviation Lubricating Grease*, Research Report No. LR-15/70. PPPTMG "LEMIGAS", Jakarta.

Tri Purnami (2013), Laporan Penelitian "Pembuatan Bahan Thickener Asam 12-Hidroksistearat Berbasis Minyak Jarak", PPPTMGB Lemigas.

Wartawan, L.A., 1998, Pelumas Otomotif dan Industri, Balai Pustaka, Jakarta.

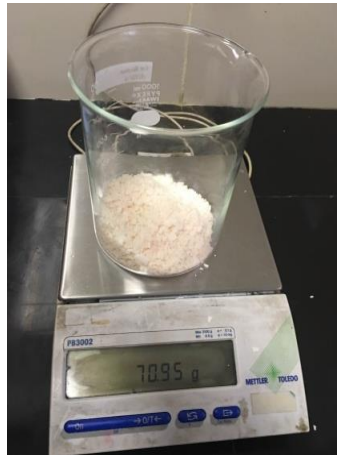
Wiggins (1997), "Biodegradable vegetable oil grease". US Pat No 5,595,965

Yousif, A.E (1982)., "Rheological Propertis of Lubricating Greases Wear", 82 (13) pp: 13-25.

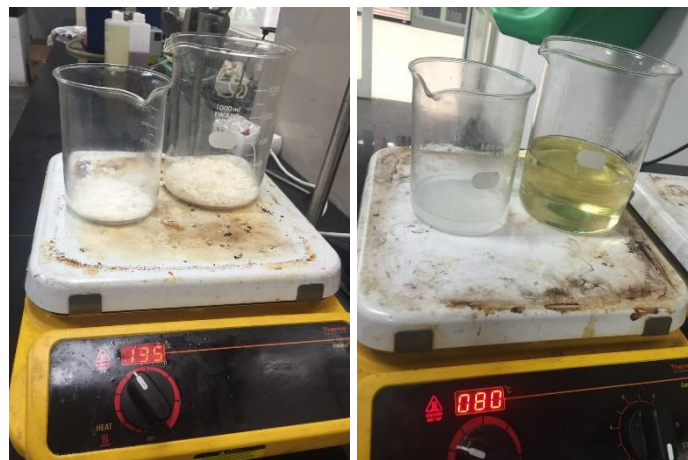
# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A

### A.1 Proses Persiapan Bahan Baku



**Gambar A.1 Proses Penimbangan Bahan Baku**



**Gambar A.2 Proses Pemanasan Bahan Baku**

## LAMPIRAN B

### B.1 Proses Saponifikasi



Campuran A

Campuran B

Campuran C

Gambar B.1 Proses Saponifikasi

### B.2 Proses *Blending*



Gambar B.2 Proses *Blending* Gemuk Litium Kompleks

## LAMPIRAN C

### C.1 Uji Karakterisasi *Dropping Point*



**Gambar C.1** Proses Uji  
*Dropping Point*



**Gambar C.2** Alat Uji  
*Dropping Point*

### C.2 Uji Karakterisasi Penetrasi

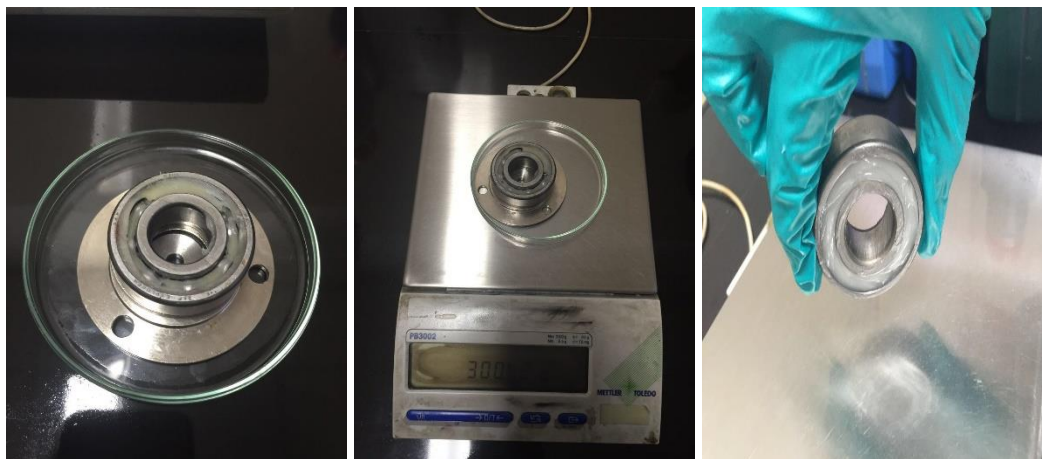


**Gambar C.3** Proses Uji Penetrasi



**Gambar C.4 Alat Uji Penetrasi**

### **C.3 Uji Karakterisasi *Water Washout***



**Gambar C.5 *Bearing* pada Uji *Water Washout***



**Gambar C.6 Proses Uji *Water Washout***



**Gambar C.7 Alat Uji *Water Washout***

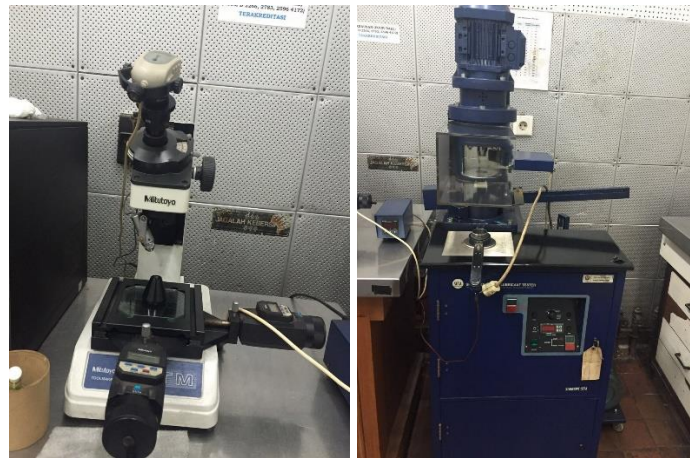
#### C.4 Uji Karakterisasi *Four Ball*



Gambar C.8 Proses Uji  
*Four Ball*



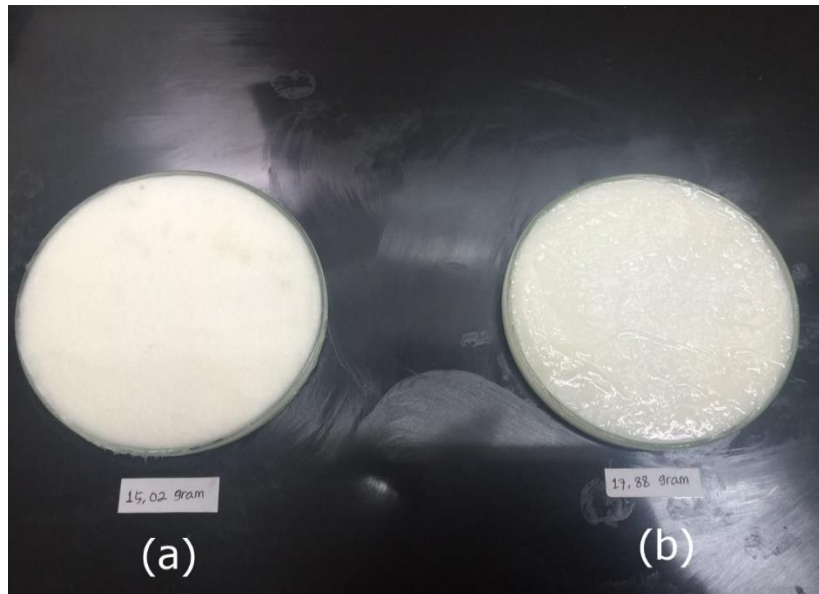
Gambar C.9 Bola pada Uji  
*Four Ball*



Gambar C.10 Alat Uji *Four Ball*

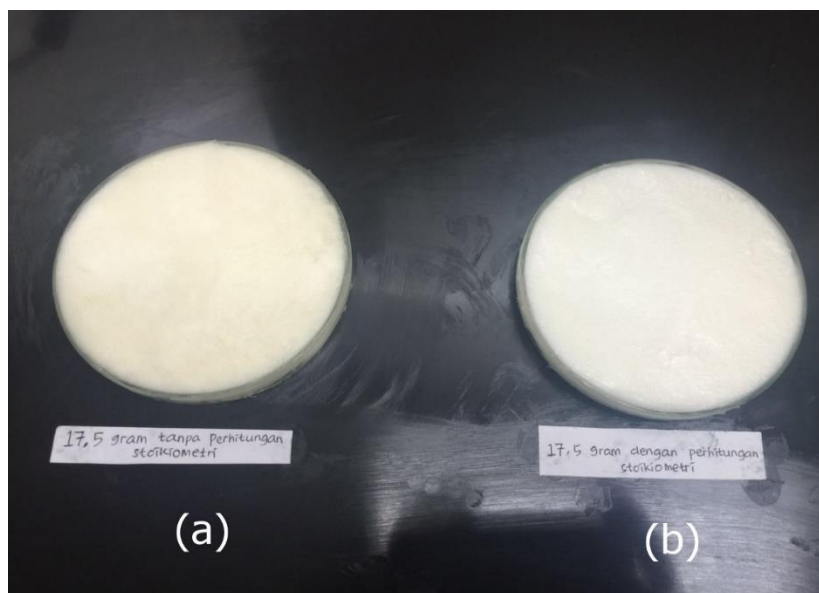
## LAMPIRAN D

### D.1 Hasil Gemuk Litium Kompleks



(a) Li-Azelat 21% (b) Li-Azelat 25%

Gambar D.1 Gemuk Litium Kompleks



(a) Li-Azelat tanpa perhitungan stoikiometri (b) Li-Azelat 24,5%

Gambar D.2 Gemuk Litium Kompleks