

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN
PENGARUH PENAMBAHAN *COMPLEXING AGENT* (ASAM
AZELAT) TERHADAP *LITHIUM GREASE* DENGAN BASE
***OIL* MINYAK JARAK**
DI PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI “LEMIGAS”
(1 Februari – 31 Maret 2016)

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



OLEH :

MACHFUD BUCHORI	1512003
MAXI WILLYAM	1512005

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir penelitian ini dengan baik. Laporan yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Complexing Agent* (Asam Azelat) Terhadap *Lithium Grease* dengan *Base Oil* Minyak Jarak” dibuat untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Diploma IV Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI.

Penelitian di Program Studi 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 Tugas Akhir 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, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi 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 Program Studi Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Widarsono, M.Sc. selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
5. Bapak Ir. Daru Siswanto selaku Kepala Bidang Afiliasi dan Informasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.

6. Bapak Ir. Maymuchar, M.T. selaku Koordinator Kelompok Pelaksana Penelitian dan Pengembangan Teknologi Aplikasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
7. Bapak Setyo Widodo, S.T., M.T. 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.
8. Ibu Milda Fibria, S.T., M.T. 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.
9. 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, Mas Supri) yang telah banyak membimbing dan memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian ini.
10. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan banyak ilmu kepada penyusun.
11. Orang tua kami yang telah memberikan cinta dan kasih sayangnya baik secara moril maupun materil dan selalu berdoa untuk kesuksesan penyusun.
12. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Kimia Polimer angkatan 2012, dan juga kakak-kakak senior yang telah banyak memberikan saran kepada penyusun.
13. Rekan-rekan seperjuangan pada pelaksanaan penelitian di Laboratorium Uji Pelumas, PPPTMGB (Ukris, Yongki, Eben, 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.

14. Sahabat kami yang selalu menemani dalam suka dan duka, saat-saat kebersamaan kita menjadi kenangan yang tak terlupakan.
15. 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 Tugas Akhir 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 Tugas Akhir Penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat berguna sebagai bahan penambah ilmu pengetahuan.

Jakarta, Juni 2016

Penyusun

ABSTRAK

Gemuk lumas (*grease*) merupakan kombinasi minyak lumas, bahan pengental (*thickener*) dan aditif yang berbentuk setengah padat (semi solid). Secara teoritis untuk menghasilkan gemuk lumas dengan *fiber structure* yang lebih baik pada *thickener* sabun adalah dengan cara penambahan *complexing agent*. Pada umumnya gemuk kompleks yang dikomersilkan adalah gemuk yang terbuat dari minyak mineral berbahan dasar minyak bumi yang dapat menimbulkan masalah pencemaran. Tujuan penelitian ini adalah untuk : 1) Mempelajari pengaruh komposisi variasi massa *Complexing agent* (asam azelat) terhadap karakteristik gemuk lumas litium kompleks berbahan dasar minyak jarak 2) Menghasilkan gemuk lumas litium kompleks berbahan dasar minyak jarak dengan asam azelat sebagai *complexing agent* untuk memperoleh gemuk lumas nabati dengan nilai *National Lubricating Grease Institute* (NLGI) 3-1 dan *dropping point* maksimum. Metode pembuatan gemuk litium kompleks dilakukan dengan mengkombinasikan minyak jarak sebagai *base oil*, litium hidrosistearat sebagai bahan pengental dan variasi penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* sebanyak 0; 12,5; 15; 17,5 dan 20 g. Hasil penelitian dari uji karakteristik seperti *dropping point*, penetrasi (tingkat konsistensi) serta uji *four ball test* menunjukkan gemuk litium kompleks dengan nilai karakteristik paling optimal adalah gemuk litium kompleks dengan penambahan 17,5 g *complexing agent* dengan nilai *dropping point* 251°C, tingkat konsistensi NLGI *grade 2* dan ukuran *scar diameter* 0,37 mm.

Kata kunci : Asam azelat, *complexing agent*, gemuk litium kompleks, gemuk lumas, *thickener*.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gemuk Pelumas.....	5
2.2 Komposisi Gemuk Lumas	8
2.2.1 Minyak Lumas Dasar	8
2.2.2 Bahan Pengental.....	13
2.2.2.1 Litium Hidroksida (LiOH).....	15
2.2.2.2 Asam 12-Hidroksistearat (Asam 12-HSA).....	17
2.2.3 Bahan Tambahan (<i>Additive</i>).....	20
2.2.4 <i>Complexing Agent</i>	21
2.2.4.1 Asam Azelat.....	22
2.2.4.2 Asam Asetat	24
2.2.4.3 Asam Benzoat	24
2.3 Jenis Gemuk Lumas	25
2.3.1 Gemuk Sabun Litium	25
2.3.2 Gemuk Sabun Kalsium	26

2.3.3 Gemuk Sabun Natrium.....	26
2.4 Pembuatan Gemuk Lumas.....	27
2.4.1 Gemuk Didih atau Gemuk <i>Boiled</i>	27
2.4.2 Gemuk <i>Cold-Sett</i>	28
2.5 Spesifikasi Produk Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor.....	28
2.5.1 Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor Kode L (LA, LB)	29
2.5.2 Gemuk Lumas Kendaraan Bermotor Kode G (GA, GB, GC)	29
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat.....	31
3.2.2 Bahan	31
3.3 Variabel	32
3.3.1 Variabel Tetap.....	32
3.3.2 Variabel Bebas	32
3.4 Diagram Alir.....	33
3.5 Prosedur Pembuatan Gemuk Litium Kompleks	34
3.5.1 Persiapan Bahan.....	34
3.5.2 Proses Saponifikasi	34
3.5.3 <i>Blending</i>	34
3.5.4 Didiamkan Pada Temperatur Kamar.....	35
3.6 Uji Karakterisasi	35
3.6.1 Penetrasi (<i>Penetration</i>) ASTM D 217	35
3.6.2 <i>Dropping Point</i> ASTM D 566	36
3.6.3 Uji <i>Four Ball</i>	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks.....	40
4.1.1 Pengaruh Jumlah <i>Complexing Agent</i> Terhadap Uji Penetrasi Gemuk Litium Kompleks	40

4.1.2	Pengaruh Jumlah <i>Complexing Agent</i> Terhadap Uji <i>Dropping Point</i> Gemuk Litium Kompleks.....	42
4.1.3	Pengaruh Jumlah <i>Complexing Agent</i> Terhadap Uji <i>Four Ball</i> Gemuk Litium Kompleks	43
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak (<i>Ricinus Communis L.</i>)	11
Tabel 2.2 Karakteristik Kimia Fisika Minyak Jarak (<i>Ricinus Communis L.</i>) ..	11
Tabel 2.3 Karakteristik SRMO dan Minyak Jarak Sebagai Bahan Dasar Pelumas	12
Tabel 2.4 Karakteristik Litium Hidroksida (LiOH)	16
Tabel 2.5 Karakteristik Fisika-Kimia Asam 12-Hidroksistearat.....	18
Tabel 2.6 Jenis Pengental dan Karakteristiknya.....	19
Tabel 2.7 Perbandingan Gemuk Litium dan Gemuk Litium Kompleks	22
Tabel 2.8 Komposisi Gemuk Litium Kompleks	23
Tabel 2.9 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Chassis Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LA	29
Tabel 2.10 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Chassis Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LB.....	29
Tabel 2.11 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GA	30
Tabel 2.12 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GB	30
Tabel 2.13 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GC	30
Tabel 3.1 Komposisi Gemuk Kompleks Litium Kompleks dengan Variasi Massa Asam Azelat.....	32
Tabel 3.2 Tingkat Kekerasan Gemuk Lumas	36
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Komposisi Gemuk Lumas 7
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 9
Gambar 2.5	Struktur Kimia Minyak Bumi Aromatik 9
Gambar 2.6	Struktur Asam Risinoleat 10
Gambar 2.7	Penggambaran Serat Pengental Sabun dalam Gemuk Lumas 13
Gambar 2.8	Mekanisme Reaksi Hidrogenasi Asam Risionelat dengan Katalis Nikel 17
Gambar 2.9	Struktur Serat Sabun Litium Hidroksistearat 20
Gambar 2.10	Struktur Kimia Asam Benzoat..... 25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian Gemuk Litium Kompleks..... 33
Gambar 3.2	Alat Uji Penetrometer 36
Gambar 3.3	Alat Uji <i>Dropping Point</i> (a) manual, (b) otomatis 37
Gambar 3.4	Alat Uji <i>Four Ball</i> 39
Gambar 4.1	Pengaruh Jumlah <i>Complexing Agent</i> (Asam Azelat) Terhadap Tingkat Kekerasan Gemuk Litium Kompleks..... 41
Gambar 4.2	Pengaruh Jumlah <i>Complexing Agent</i> (Asam Azelat) Terhadap <i>Dropping Point</i> Gemuk Litium Kompleks..... 42
Gambar 4.3	Hasil <i>Scar Diameter</i> Uji <i>Four Ball</i> Gemuk Litium Kompleks ... 44
Gambar 4.4	Pengaruh Jumlah <i>Complexing Agent</i> (Asam Azelat) Terhadap <i>Scar Diameter</i> Gemuk Litium Kompleks..... 44

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 gemuk lumas atau *grease*. 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 atau stempet (Wartawan, L.A., 1998). Keberadaannya dapat mencegah kontak langsung antar dua permukaan yang bergesekan, agar berkurang keausan (*wear*) dan kehilangan energi 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*) yang dengan mudah tumbuh di daerah tropis dan sub tropis, 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). Dengan adanya variasi pemanfaatan minyak jarak diharapkan dapat menambah nilai produk minyak jarak di Indonesia.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan studi terhadap minyak jarak sebagai bahan dasar pelumas, dengan penambahan aditif untuk menyempurnakan *base oil performance*-nya (Barriga JA, 2006). Berdasarkan hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa minyak jarak (*Ricinus Communis L.*) dapat digunakan sebagai bahan dasar pelumas, karena mempunyai beberapa karakteristik yang sesuai dengan spesifikasi pelumas, diantaranya viskositas yang tinggi serta titik tuang yang rendah. Penelitian mengenai pembuatan gemuk lumas sabun litium dengan bahan dasar minyak jarak pernah dilakukan dengan mendapatkan hasil salah satunya yaitu nilai uji *Dropping point* tertinggi pada 175°C (Barriga JA, 2006).

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 (12-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. and Wilfried D., 2007). *Thickener* memberikan karakteristik kekakuan terhadap gemuk lumas yang merupakan ukuran resistensi terhadap deformasi oleh gaya yang diberikan (Sukirno, dkk., 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 (Ludema, K.C., 1996).

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 mengasilkan *fiber structure* yang lebih baik pada *thickener* sabun, cara yang lazim digunakan adalah dengan penambahan *complexing agent* sehingga dihasilkan sabun kompleks.

Penambahan agen pengompleks (*complexing agent*) dalam hal ini adalah asam azelat, dapat meningkatkan kerja *thickener* dalam gemuk lumas. *Complexing agent* membuat struktur serat akan semakin panjang dan merapat. Sehingga akan meningkatkan nilai uji *dropping point*, serta parameter lainnya pada gemuk lumas. Tetapi pada penelitian sebelumnya penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* yang digunakan untuk membuat gemuk litium kompleks menggunakan *base oil* berbasis mineral.

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 peforma.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penambahan *Complexing agent* (Asam Azelat) terhadap *Lithium Grease* dengan *base oil* minyak jarak?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. *Base oil* yang digunakan adalah Minyak Jarak (*castor oil*) yang dihasilkan dari biji tanaman jarak (*Ricinus Communis*).
2. Pengental yang digunakan adalah pengental sabun *lithium hidroksida* (LiOH).
3. *Complexing agent* yang digunakan adalah asam azelat dengan jumlah rasio penambahan 12,5; 15; 17,5 dan 20 g.

4. Reaksi penyabunan dan reaksi pembentukan *grease* berlangsung secara kimiawi sehingga tidak dilakukan perhitungan diagram fasa nya.
5. Untuk menilai kualitas dan tingkat peforma gemuk bio yang diperoleh, beberapa parameter mutu yang digunakan yaitu tingkat kekerasan gemuk lumas (ASTM D 217), uji *dropping point* (ASTM D 566), jumlah besaran keausan spesimen dengan *four ball test* (ASTM D 2266).
6. Klaim bersifat ramah lingkungan tidak didasarkan pada pengukuran biodegradabilitas, namun didasarkan pada asumsi bahwa gemuk bio yang diperoleh ini minyak dasarnya adalah minyak nabati turunan dari minyak jarak dengan biodegradabilitas masih tidak berubah dari asalnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini diantaranya :

1. Mempelajari pengaruh komposisi variasi massa *Complexing agent* (asam azelat) terhadap karakteristik gemuk lumas litium kompleks, dilihat dari parameter uji sifat fisika kimia (uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji semi-unjuk kerja (uji *four ball*).
2. Menghasilkan gemuk lumas litium kompleks dengan asam azelat sebagai *complexing agent* untuk memperoleh gemuk lumas nabati dengan NLGI 3-1 dan *dropping point* maksimum.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Didapatkannya data teknis mengenai penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* dengan gemuk lumas litium (*Li-Complex Azelat*).
2. Mendapatkan prosedur pembuatan gemuk lumas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gemuk Pelumas

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 vaselin atau stempet (Wartawan, L.A., 1998).

Gemuk pelumas dibuat dari minyak lumas dasar yang ditambah bahan pengental (*thickening agent*) dan *additive*. 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*). 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). Ada beberapa alasan mengapa kita memerlukan gemuk lumas, karena gemuk lumas mempunyai beberapa sifat yang tidak dapat dilakukan oleh minyak lumas. Menurut (Wartawan, L.A., 1998) beberapa alasan digunakannya gemuk lumas untuk melumasi bagian mesin adalah sebagai berikut:

- a. Gemuk lumas memiliki karakteristik fisik yang memadai untuk dapat diterapkan di dalam tugasnya melayani mesin.
- b. Gemuk lumas dapat bersifat sebagai penyekat (*seal*) untuk menahan masuknya kotoran dan air.
- c. Gemuk lumas dapat menahan kebocoran dan penetesannya dari permukaan yang dilumasi.
- d. Gemuk lumas dapat memberi perlindungan permukaan yang dilumasi dari terjadinya korosi.
- e. Gemuk lumas dapat memberikan perubahan tahanan pada kerja mekanis yang diterima permukaan yang dilumasi.

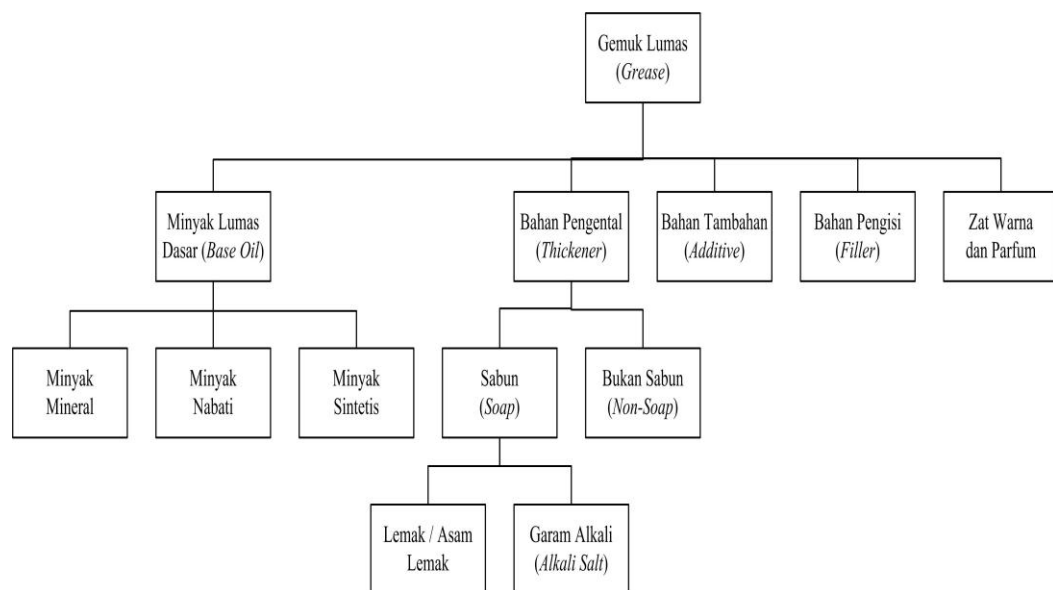
Ditinjau dari perbedaan antara pengguna gemuk lumas dan minyak lumas dalam melumasi mesin, gemuk lumas tampak lebih ekonomis dibandingkan minyak lumas. Hal ini karena beberapa alasan (Wartawan, L.A., 1998), yaitu :

- a. Melumasi dengan menggunakan gemuk lumas tidak perlu sering menggantinya.
- b. Dalam menjalankan tugas, gemuk lumas juga berfungsi sebagai penyekat untuk menahan masuknya kotoran dan debu ke dalam bantalan.
- c. Penetesannya dan penyemprotannya tidak terjadi pada pelumasan yang menggunakan gemuk lumas sebagai pelumasnya.
- d. Gemuk lumas dapat melekat lebih baik pada permukaan logam yang dilumasi dibandingkan minyak lumas.
- e. 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 yang merugikan yang tidak 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 sasis misalnya, harus memiliki spesifikasi tahan terhadap air, kotoran, tekanan dan guncangan. Hal ini disebabkan sasis mobil selalu berhubungan dengan kotoran, debu dan lumpur.



Gambar 2.1 Komposisi Gemuk Lumas

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

2.2 Komposisi Gemuk Lumas

Komposisi 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 diatas.

2.2.1 Minyak Lumas Dasar

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 sintetis, 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. and R.F. Haycock, 1996)

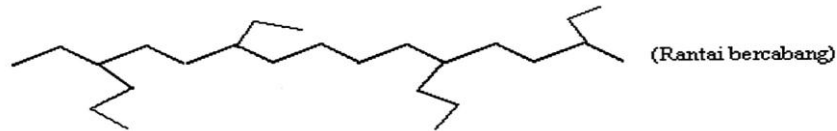
Minyak mineral umum digunakan sebagai minyak lumas dasar (*base oil*) dalam pembuatan pelumas. Menurut HEPPLER (1967), bahan dasar pelumas adalah fraksi minyak bumi dengan atau tanpa aditif yang mempunyai kisaran titik didih antara 380–550°C dan digunakan untuk tujuan pelumasan. Minyak bumi atau biasa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



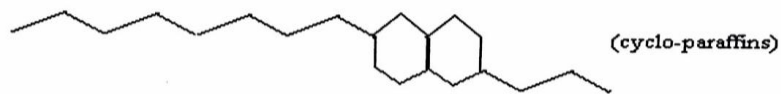
Gambar 2.2 Struktur Kimia Minyak Bumi n-Parafinik



Gambar 2.3 Struktur Kimia Minyak Bumi Iso Parafinik

b. Minyak Bumi Naftenik

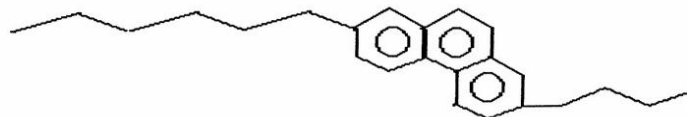
Minyak bumi naftenik memiliki rantai atom karbon jenuh yang tertutup atau siklo parafin, struktur kimia minyak bumi naftenik dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Struktur Kimia Minyak Bumi Naftenik

c. Minyak Bumi Aromatik

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



Gambar 2.5 Struktur Kimia Minyak Bumi Aromatik

d. Minyak Bumi Campuran

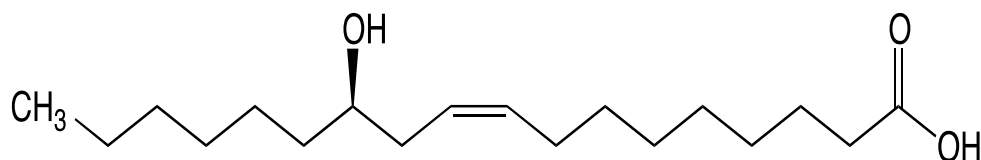
Merupakan minyak bumi campuran antara parafinik, naftenik dan aromatik, ataupun antara parafinik dengan naftenik, naftenik dengan aromatik dan parafinik dengan aromatik.

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 berbeda dari minyak nabati lainnya, karena minyak jarak mempunyai bobot jenis, viskositas, bilangan asetil dan kelarutan dalam alkohol yang tinggi. 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) sebagai berikut :



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%. Beberapa komposisi nya terdapat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak (*Ricinus Communis L.*)

Asam Lemak	Rumus Molekul	Jumlah (%)	
		a	b
Risinoleat	$C_{18}H_{34}O_3$	89,5	89,0 – 89,4
Dihidroksistearat	$C_{18}H_{36}O_4$	0,7	1,3 – 1,4
Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	1,0	0,9 – 1,2
Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	1,0	0,7 – 1,2
Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	3,0	3,2 – 3,3
Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	4,2	3,4 – 3,7
Linolenat	$C_{18}H_{30}O_2$	0,3	0,2
Eiscosanoat	$C_{18}H_{40}O_2$	0,3	Tidak Disebut

Sumber : a. Kirk and Othmer (1993)

b. Patterson

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 ; Kirk and Othmer, 1993). Karakteristik kimia fisika minyak jarak jenis *Ricinus Communis L* dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Karakteristik Kimia Fisika Minyak Jarak (*Ricinus Communis L.*)

Karakteristik Minyak Jarak	Nilai
Viskositas 25°C (cSt = mm ² /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 Alkohol, 20°C	“no turbidity”

Karakteristik Minyak Jarak	Nilai
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 and Othmer (1993)

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 berikut :

Tabel 2.3 Karakteristik SRMO dan Minyak Jarak Sebagai Bahan Dasar Pelumas

Karakteristik fisika kimia	SRMO	Minyak Jarak
Bilangan iod	-	81
Viskositas pada 40°C, (mm ² /s)	72	252
Viskositas pada 100°C,(mm ² /s)	8.4	19.9
Indeks viskositas	83	90
<i>Wear scar diameter</i> (mm)	0,72	0,622

Keterangan : 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 sintetis konvensional di AS 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 rendah, biasanya di bawah -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).

2.2.2 Bahan Pengental

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 and 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).

a. Pengental Sabun (*Soap Thickener*)



Gambar 2.7 Penggambaran Serat Pengental Sabun dalam Gemuk Lumas

Sumber : Lansdown A.R. (2004)

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 lemak lumas seperti ditampilkan dalam Gambar 2.7 diatas.

Pengental sabun dibuat melalui proses penyabunan (saponifikasi) antara asam lemak atau lemak dengan alkali hidroksida. Pengental sabun tidak hanya memberikan efek terhadap konsistensi lemak 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 lemak 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 hidroksida logam untuk menghasilkan sabun (*soap*).

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 lemak lumas.

Konsentrasi sabun dapat divariasikan untuk menghasilkan kekerasan lemak lumas yang dikehendaki. Kekentalan *base oil* juga dapat mempengaruhi kekerasan lemak 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, dll) pada saat pembuatan sabun (Yousif, A.E, 1982 ; Booser E.R., 1992).

b. Pengental Bukan Sabun (*Non-soap Thickener*)

Salah satu bahan pengental non sabun adalah 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 polyurea 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 JA, 2006).

Jenis pengental non sabun lainnya adalah *Organo clay*, umumnya digunakan sebagai pengental an-organik. *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 thermal 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 JA, 2006). Jenis pengental gemuk lumas yang bukan sabun lainnya adalah silika gel, biasanya digunakan untuk pemakaian temperatur tinggi (Barriga JA, 2006).

2.2.2.1 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 *monohydrate*, keduanya merupakan basa kuat. Informasi umum mengenai material litium hidroksida (LiOH) beserta karakteristiknya dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik Litium Hidroksida (LiOH)

Properti	
Rumus Molekul	LiOH
Massa molar	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	<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	<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	<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	<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)	1,464 (anhidrat) 1,460 (<i>monohydrate</i>)

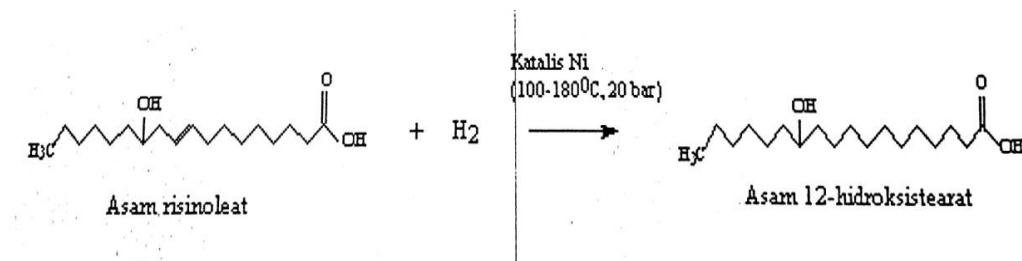
Sumber : Lide, David R. , ed. (2006) , Khosravi, Javad (2007)

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 and Wilfried Dresel, 2007).

2.2.2.2 Asam 12-Hidroksistearat (Asam 12-HSA)

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 2.8 (Tri Purnami, 2013).



Gambar 2.8 Mekanisme Reaksi Hidrogenasi Asam Risinoleat dengan Katalis Nikel

Asam 12-hidroksistearat pada minyak jarak memiliki ikatan jenuh seperti gambar 2.8 yang menyebabkan asam berbentuk padatan ini tidak tengik sehingga asam dapat disimpan lebih lama. Ikatan jenuh pada asam 12-HSA menyebabkan gugus hidroksil pada asam lebih stabil sehingga tidak mudah teroksidasi oleh udara dan panas. Karakteristik asam 12-HSA terdapat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Karakteristik Fisika-Kimia Asam 12-Hidroksistearat

Rumus kimia	$C_{18}H_{36}O_3$
Berat molekul	300 g/mol
Bentuk fisik	Padatan putih tulang
Titik lebur	72-84°C
Kelarutan dalam air	Tidak larut
Bilangan asam	170 min
Bilangan hidroksil	155
Bilangan iod	4 max
Bilangan penyabunan	180 min
<i>Colour</i>	5 max

Sumber : Maskaev (2004)

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 ; 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.

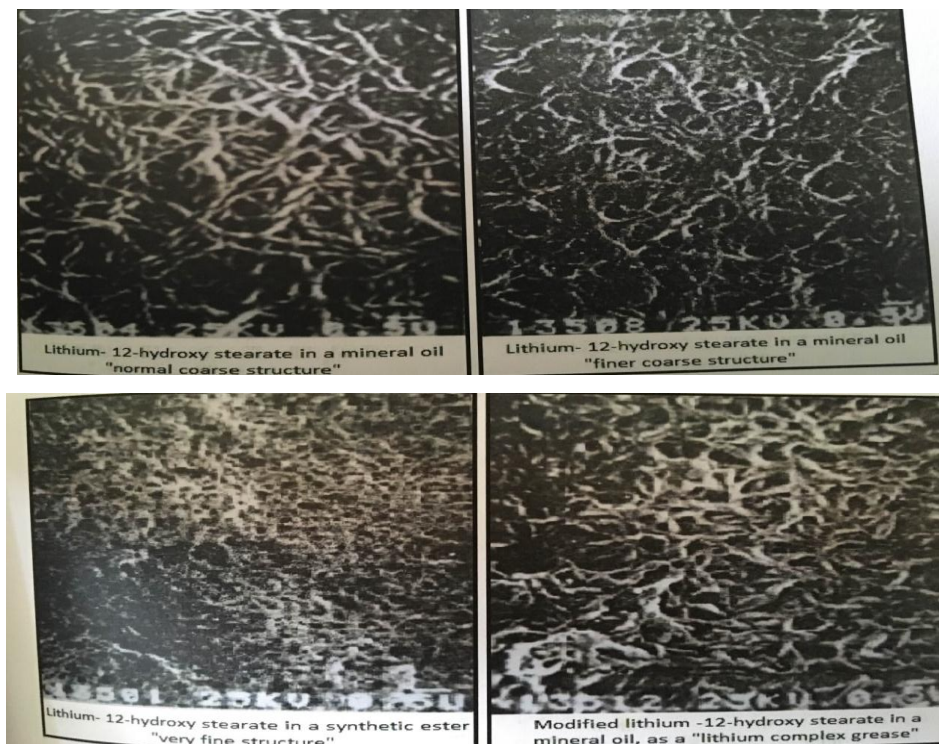
Dalam hal ini, gemuk kompleks sering disebut sebagai gemuk temperatur tinggi karena peningkatan *dropping point* yang berasal dari sistem pengental dua bagian. Aditif modifikasi dengan penggabungan ester boron menjembatani kesenjangan antara kedua jenis lemak.

Tabel 2.6 Jenis Pengental dan Karakteristiknya

<i>Thickener</i>		<i>Penetration Worked</i>	<i>Oil Viscosity (Cst)</i>	<i>Dropping Point (°F)</i>
<i>Jenis</i>	<i>Komposisi (%)</i>			
<i>Alumunium 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>Calsium 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	Semi fluids	65 @ 210°F	285
	6 – 7	370 – 390	80 @ 210°F	190
	8 – 9	340 – 370	120 @ 210°F	200
<i>Lithium Soap</i>	9 – 11	265 – 295	500 @ 100°F	280
	5 – 7	355 – 385	300 @ 100°F	340
	7 – 9	310 – 340	700 @ 100°F	350
<i>Sodium Soap</i>	9 – 11	265 – 295	700 @ 100°F	360
	9 – 11	310 – 340	300 @ 100°F	320
	11 – 13	265 – 295	300 @ 100°F	330
<i>Sodium – Calsium Soap</i>	14 – 18	220 – 250	300 @ 100°F	340
	4 – 6	355 – 385	150 @ 210°F	320
	7 – 9	310 – 340	150 @ 210°F	330
<i>Modified Bentonite</i>	14 – 16	220 – 250	80 @ 210°F	335
	8 – 10	310 – 340	400 @ 100°F	*
<i>Fine Silica</i>	9 – 11	310 – 340	400 @ 100°F	*

Sumber : Petroleum Products Handbook (Guthrie, 1980)

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). Struktur serat sabun litium hidroksistearat dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Struktur Serat Sabun Litium Hidroksistearat

Sumber : Chemistry and Technology Lubricant (Mortier, 2010)

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 ; Wiggins, 1997).

2.2.3 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, contoh : aditif anti oksidan, anti karat dan anti korosi, dan anti tekanan ekstrim. Untuk

dapat menghasilkan kinerja pelumasan yang optimal, aditif dalam gemuk lumas harus memiliki beberapa sifat umum (Wartawan, L.A., 1998), yaitu :

- a. Kelarutan, mudah larut didalam minyak lumas dasar.
- b. 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.
- c. Dapat bercampur dengan bahan aditif lain.
- d. Sifat penguapannya rendah, sehingga saat pencampuran pada temperatur tinggi, tidak akan mengalami penguapan. Bila terjadi penguapan maka akan mengakibatkan penurunan konsentrasi dan efektivitas aditif tersebut.
- e. Aktivitas aditif harus terkendali. Aditif yang digunakan harus bekerja secara efektif dan terkendali pada jangkauan temperatur operasi mesin yang dilumasi dan dilindungi.
- f. Aditif harus memiliki sifat multiguna sehingga dapat mengurangi jumlah pemakaian beraneka ragam aditif.

2.2.4 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 (Gow, 2010).

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.

2.2.4.1 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 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 *complexing agent*. Penambahan pengompleks ini juga turut meningkatkan kestabilan, dan ketahanan air seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Perbandingan Gemuk Litium dan Gemuk 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

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

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 diatas.

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.

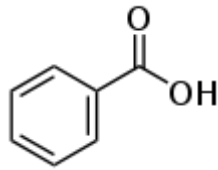
Dari beberapa point diatas, dapat dijadikan sumber acuan pengembangan gemuk litium kompleks menggunakan asam azelat sebagai *complexing agent*. Pengembangan lain umumnya dilakukan berdasarkan *trial and error*.

2.2.4.2 Asam Asetat

Asam asetat (CH_3COOH) merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan serta pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat juga memiliki nilai *dropping point*, penetrasi dan *four ball* yang tinggi pada gemuk. *Complexing agent* asam asetat ini biasanya digunakan untuk gemuk kalsium dan litium.

2.2.4.3 Asam Benzoat

Asam Benzoat (*benzoic acid*) adalah suatu senyawa kimia dengan rumus $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$. Produk ini merupakan bahan kimia yang berupa asam organik padat berbentuk kristal putih, mudah terbakar, larut dalam alkohol, ether, mudah menguap, dan mudah meledak. Asam benzoat dengan nama dagang *benzenecarboxylic acid* atau *carboxybenzene* merupakan *carboxylic acid* aromatik yang paling sederhana. Asam benzoat memiliki struktur kimia sebagai berikut :



Gambar 2.10 Struktur Kimia Asam Benzoat

Asam benzoat pada bahan pangan umumnya digunakan sebagai bahan pengawet. Namun, diluar itu, juga dapat dimanfaatkan sebagai penghambat korosi, sehingga cocok untuk *complexing agent* pada pembuatan gemuk yang akan digunakan untuk melumasi *conveyor*, *gear* dan *bearing*. Jadi gemuk yang menggunakan *complexing agent* asam benzoat bisa menghambat korosi pada mesin-mesin yang digunakan.

2.3 Jenis Gemuk Lumas

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

2.3.1 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 and Wilfried Dresel, 2007 ; Lansdown A.R., 2004).

2.3.2 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 lima puluh 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.

2.3.3 Gemuk Sabun Natrium

Sabun natrium yang dibuat dari asam 12-hidroksistearat memiliki *dropping point* $165-175^\circ\text{C}$, dan temperatur operasi maksimalnya sekitar 120°C . Sabun ini memiliki struktur fibril panjang mencapai $0,2 \times 100 \text{ m}$ 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 and Wilfried Dresel, 2007 ; Lansdown A.R., 2004).

2.4 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 adakah 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. and R.F. Haycock, 1996, Pakan, T.S., 1991), yaitu :

2.4.1 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.

2.4.2 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 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*)

2.5 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. Gemuk lumas kendaraan bermotor diklasifikasikan menjadi 2 kode berdasarkan penggunaannya, yaitu :

2.5.1 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 dibawah ini :

Tabel 2.9 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas *Chassis* Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LA

No.	Karakteristik	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
1	Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 - 340	ASTM D217
2	NLGI <i>grade</i> *)		3 - 1	ASTM D217
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 80	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spesifikasi produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produsen	ASTM D 4628
6	Uji keausan (<i>Four ball</i>), <i>scar diameter</i> .	mm	Maks. 0,9	ASTM D2266

*) dapat dilihat pada tabel 3.2

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

No.	Karakteristik	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
1	Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 - 340	ASTM D217
2	NLGI <i>grade</i> *)		3 - 1	ASTM D217
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 150	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spesifikasi produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produsen	ASTM D 4628
6	Uji keausan (<i>Four ball</i>), <i>scar diameter</i> .	mm	Maks. 0,6	ASTM D2266

*) dapat dilihat pada tabel 3.2

2.5.2 Gemuk lumas kendaraan 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 kode GC dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

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

No.	Karakteristik	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
1	Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 - 340	ASTM D217
2	NLGI <i>grade</i> *)		3 - 1	ASTM D217
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 80	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spesifikasi produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produsen	ASTM D 4628

*) dapat dilihat pada tabel 3.2

**Tabel 2.12 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Bantalan
Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GB**

No.	Karakteristik	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
1	Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 - 340	ASTM D217
2	NLGI <i>grade</i> *)		3 - 1	ASTM D217
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 175	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spesifikasi produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produsen	ASTM D 4628
6	Uji keausan (<i>Four ball</i>), <i>scar diameter</i> .	mm	Maks. 0,9	ASTM D2266

*) dapat dilihat pada tabel 3.2

**Tabel 2.13 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia Gemuk Lumas Bantalan
Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GC**

No.	Karakteristik	Satuan	Spesifikasi	Metode Uji
1	Penetrasi, <i>Worked</i> , 25°C		220 - 340	ASTM D217
2	NLGI <i>grade</i> *)		3 - 1	ASTM D217
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 220	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spesifikasi produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spesifikasi produsen	ASTM D 4628
6	Uji keausan (<i>Four ball</i>), <i>scar diameter</i> .	mm	Maks. 0,6	ASTM D2266

*) dapat dilihat pada tabel 3.2

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 2 bulan pada bulan Februari – Maret 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. *Beaker Glass* 500 ml
2. *Analytical Balance* / Timbangan Lab
3. *Electric Hot Plate*
4. *Laboratory Agigator mixing*
5. Spatula
6. Botol Semprot

Gambar alat dapat dilihat pada lampiran A.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Minyak jarak (*Ricinus Communis L.*)
2. Asam Azelat
3. Asam 12-Hidroksistearat (Asam 12-HSA)
4. Litium Hidroksida (LiOH)
5. *Aqudest*

Gambar bahan dapat dilihat pada lampiran A.

Pada pembuatan gemuk lumas ini komposisi dapat dilihat pada tabel 3.1. Dengan komposisi bahan yang tetap adalah minyak jarak dan LiOH serta komposisi bahan yang tidak tetap, divariasikan adalah asam azelat dan asam 12-HSA.

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	-
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

3.3 Variabel

Dua jenis variabel dalam penelitian gemuk litium kompleks diantaranya :

3.3.1 Variabel Tetap

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

1. Komposisi massa minyak jarak sebesar 406,5 g.
2. Komposisi massa LiOH sebesar 6 g.

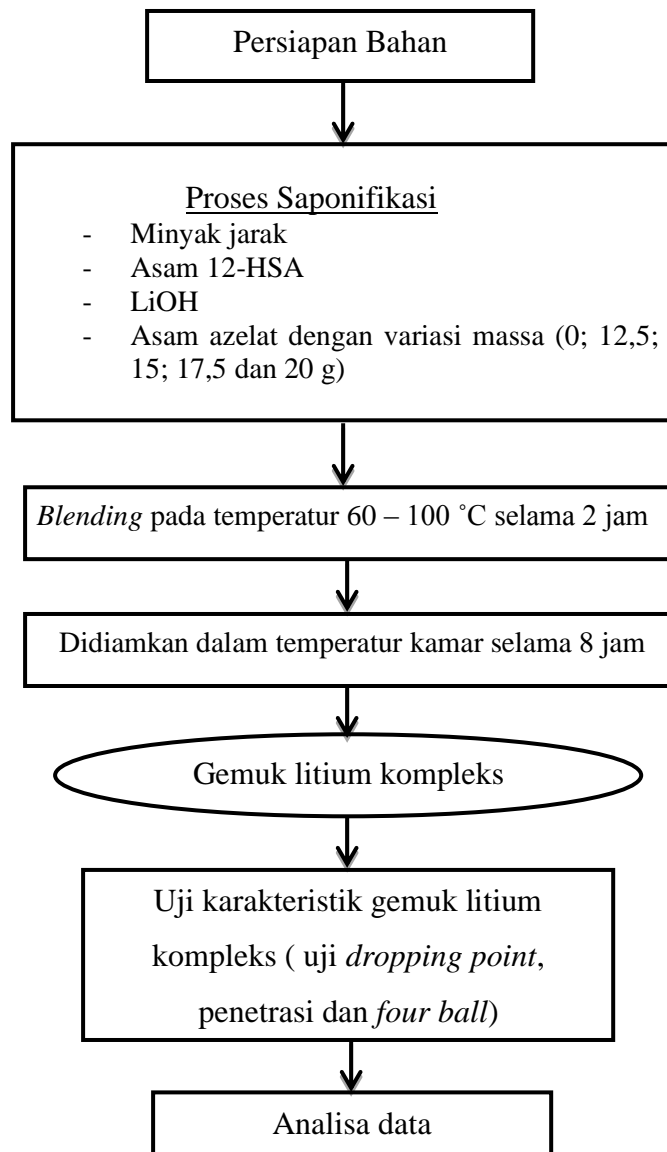
3.3.2 Variabel Bebas

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

1. Komposisi massa *complexing agent* asam azelat sebesar (0; 12,5; 15; 17,5 dan 20 g).
2. Komposisi massa asam 12-HSA sebesar (87,5; 75; 72,5; 70 dan 67,5 g)

3.4 Diaram Alir

Diagram alir penelitian ini dimulai dengan pembuatan gemuk litium kompleks yang dilanjutkan dengan uji karakteristik gemuk dimana alur penelitian selengkapnya tertera pada diagram berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Gemuk Litium Kompleks

3.5 Prosedur Pembuatan Gemuk Litium Kompleks

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

3.5.1 Persiapan Bahan

1. Masukkan minyak jarak (*Ricinus Communis L.*), Asam Azelat, Asam 12-HSA dan LiOH yang telah dicampurkan *aquadest* sebanyak lima kali lipat berat litium hidroksida kedalam masing-masing *beaker glass* kemudian timbang sesuai komposisi tabel 3.1.
2. Pemanasan asam azelat dan asam 12-hidroksistearat pada temperatur 135°C dengan *hot plate* hingga mencair sempurna.
3. Dilakukan pemanasan awal minyak jarak dan LiOH pada temperatur 80°C dengan *hot plate* selama pemanasan asam azelat dan 12-HSA berlangsung.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran B.

3.5.2 Proses Saponifikasi

1. Dicampur minyak jarak yang telah dipanaskan dengan larutan litium hidroksida yang telah dipanaskan dan diaduk menggunakan spatula hingga membentuk campuran (Campuran A).
2. Dicampur campuran A dengan Asam Azelat yang telah meleleh kemudian diaduk menggunakan spatula hingga membentuk suatu campuran (Campuran B).
3. Dicampur campuran B dengan larutan asam 12-HSA yang telah meleleh kemudian dilakukan *blending* hingga membentuk gemuk lumas.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran B.

3.5.3 Blending

1. *Blending* gemuk lumas menggunakan *Laboratory Agigator mixing*, dilakukan dengan kecepatan 350 RPM selama 2 jam sampai homogen dengan temperatur awal *blending* pada 100°C dan setiap 30 menit temperatur diturunkan sebesar 10°C.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran B.

3.5.4 Didiamkan Pada Temperatur Kamar

1. Gemuk lumas yang telah selesai proses *blending* didiamkan pada temperatur kamar selama 8 jam.

Gambar kegiatan dapat dilihat pada lampiran nomor B.

3.6 Uji Karakterisasi

Uji karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji penetrasi, uji *dropping point* dan *uji four ball test*. Gambar proses uji karakterisasi dapat dilihat pada lampiran C.

3.6.1 Penetrasi (*Penetration*) ASTM D 217

Pengukuran tingkat penetrasi dilakukan untuk menentukan tingkat kekerasan atau *consistency* gemuk lumas, dengan menggunakan *one quarter scale cone equipment* yang dapat dilihat pada gambar 3.2, 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 *Worked Penetration*, kekerasan gemuk lumas dibagi menjadi 9 tingkat kekerasan, dari tingkat kekerasan 000 sampai tingkat kekerasan 6 berdasarkan ASTM D 217 atau D 1403, dimana makin besar angka NLGI, maka makin keras gemuk lumas tersebut. Tingkat kekerasan gemuk lumas terdapat pada tabel 3.2. Target NLGI pada penelitian ini adalah NLGI 2.

Langkah pengujian penetrasi adalah sebagai berikut :

1. Wadah penguji, *cup sample* dan *cone penetration* dibersihkan dengan menggunakan *wash benzene*.
2. Gemuk dimasukkan ke dalam *cup* 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 menunjukkan nilai konsistensi gemuk

Tabel 3.2 Tingkat Kekerasan Gemuk Lumas

NLGI	Batasan Penetrasi <i>Worked</i> 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

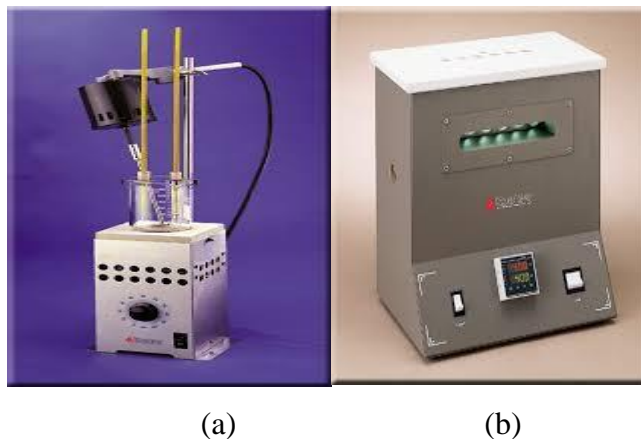


Gambar 3.2 Alat Uji Penetrometer

3.6.2 *Dropping Point* ASTM D 566

Dropping Point atau titik jatuh adalah temperatur dimana gemuk lumas mulai mencair dan terlepas ikatannya antara minyak dengan *thickenernya*. 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 D566. 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 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 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.
6. Dilakukan pengambilan nilai temperatur yang ditunjukkan kedua termometer ketika terjadi tetesan gemuk pertama. Kemudian kedua nilai tersebut dijumlahkan dan dirata-ratakan.



Gambar 3.3 Alat Uji *Dropping Point* (a) manual, (b) otomatis

3.6.3 Uji *Four Ball*

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 pengujian tekanan ekstrim empat bola (*Four Ball Extreme Pressure Apparatus*) yang dapat dilihat pada gambar 3.4 dengan kecepatan rotasi 1760 ± 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.

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 ½ inci dijepit menjadi satu dan diberi gemuk lumas uji. Sebuah bola keempat berdiameter ½ inci dipasang di atasnya, menekan ketiga bola di bawahnya dengan gaya 40 kgf. Temperatur gemuk lumas uji dikondisikan pada temperatur 75°C, kemudian bola bagian atas diputas 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 lalu letakkan ketiga bola di atas permukaan gemuk lalu lapiasi bola uji dengan gemuk dan kencangkan baut penguncinya dengan kunci torsi alat *four ball*.
4. Dipasang 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 ± 60 rpm.
8. Setelah motor penggerak berputar selama 60 ± 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*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks

Hasil uji karakteristik gemuk litium kompleks dapat dilihat pada tabel 4.1. Berdasarkan hasil uji karakteristik terhadap gemuk lumas yang dihasilkan, menunjukkan adanya perbedaan pada tiap hasil pengujiannya. Seperti pada uji penetrasi, didapat konsistensi gemuk dengan *worked penetration* NLGI grade 2. Pada uji *dropping point* menunjukkan kenaikan secara signifikan pada tiap penambahan asam azelat, dengan hasil maksimum 251°C. Dan pada uji *four ball* hasil *scar diameter* menunjukkan adanya pengaruh penambahan asam azelat sebagai *complexing agent*, dengan menurunnya nilai *scar diameter*. Gambar gemuk litium kompleks dapat dilihat pada lampiran D.

Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Gemuk Litium Kompleks

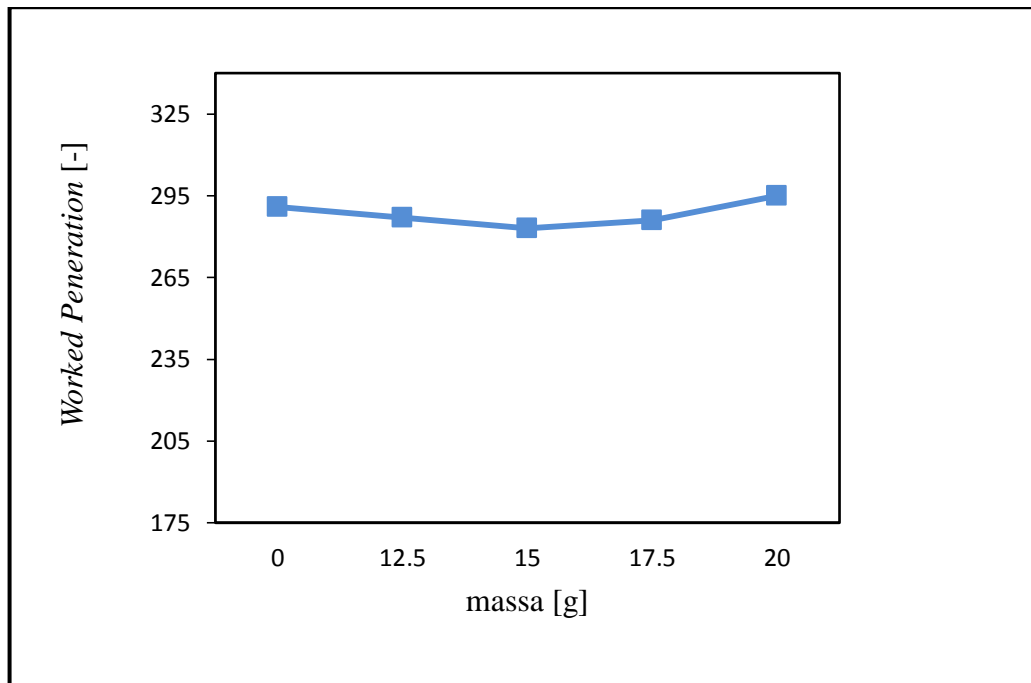
Uji karakteristik \ Massa azelat (g)	0	12,5	15	17,5	20	Standar *
<i>Worked Penetration</i>	291 NLGI 2	287 NLGI 2	283 NLGI 2	286 NLGI 2	295 NLGI 2	NLGI 3 – 1
<i>Dropping Point</i> (°C)	185	227	245	251	239	Min. 220
<i>Scar diameter by four ball test</i> (mm)	0,39	0,37	0,40	0,37	0,37	Maks. 0,6

* Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2808 K/20/MEM/2006

4.1.1 Pengaruh Jumlah *Complexing Agent* Terhadap Uji Penetrasi Gemuk Litium Kompleks

Parameter uji penetrasi dilambangkan dengan bilangan penetrasi yang berbanding terbalik dengan konsistensi (NLGI grade). Seperti halnya tingkat kekentalan untuk minyak lumas, untuk gemuk lumas dinyatakan dalam kekerasan atau *consistency*.

Tingkat kekerasan gemuk lumas diukur dengan melakukan uji penetrasi sesudah perlakuan kerja (*worked penetration*) yang diterima oleh gemuk lumas. Hasil *worked penetration* tertera dalam gambar dibawah ini :



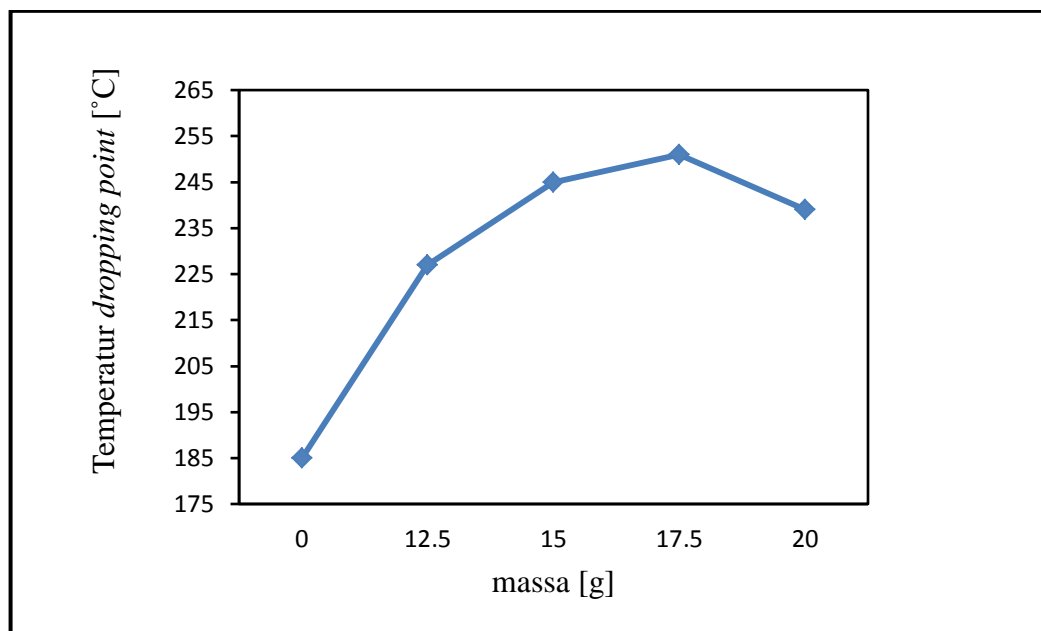
Gambar 4.1 Pengaruh Jumlah *Complexing Agent* (Asam Azelat) Terhadap Tingkat Kekerasan Gemuk Litium Kompleks

Dari gambar 4.1 diketahui bahwa gemuk litium kompleks yang didapat tidak mengalami peningkatan atau penurunan nilai penetrasi yang signifikan. Penambahan *complexing agent* asam azelat pada gemuk litium tidak mempengaruhi konsistensi gemuk tersebut, cenderung stabil pada NLGI *grade 2* (nilai penetrasi 265-295). Hal ini tidak sesuai dengan teori pendukung, yang mengatakan bahwa konsistensi semakin meningkat seiring dengan penambahan molekul *thickener* dan *complexing agent* (Czarny, 1995). Diasumsikan *complexing agent* tidak mempengaruhi konsistensi gemuk litium kompleks karena saat komposisi bahan asam azelat ditambahkan, komposisi asam 12-HSA dikurangi, sehingga komposisi massa asam dipertahankan 87,5 g.

Dari gambar 4.1, didapat gemuk litium kompleks sesuai dengan target yang diharapkan. Gemuk lumas yang dihasilkan dengan tingkat kekerasan NLGI *grade 2* (nilai penetrasi 265-295) pada setiap penambahan *complexing agent* yang termasuk dalam spesifikasi gemuk lumas yang ditetapkan pada Kep. Men. ESDM Nomor: 2808 K/20/MEM/2006 dengan nilai NLGI 220-340.

4.1.2 Pengaruh Jumlah *Complexing Agent* Terhadap Uji *Dropping Point* Gemuk Litium Kompleks

Pada pengujian ini dapat dilihat pengaruh penambahan *complexing agent* terhadap *dropping point* gemuk yang dihasilkan yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Jumlah *Complexing Agent* (Asam Azelat) Terhadap *Dropping Point* Gemuk Litium Kompleks

Gemuk litium tanpa *complexing agent* yang didapat memiliki *dropping point* 185°C, setelah penambahan *complexing agent*, maka *dropping point* gemuk litium kompleks yang dihasilkan meningkat. Peningkatan nilai *dropping point* terjadi karena adanya reaksi antara sabun konvensional dengan *complexing agent* yang ditambahkan, sehingga matriks ikatan pada gemuk litium kompleks menjadi

lebih kuat sebagai perangkap *base oil* dan minyak tidak mudah menetes akibat kenaikan suhu, serta akan dibutuhkan energi yang lebih untuk memutuskan ikatan ini. Energi yang digunakan untuk memutuskan ikatan tersebut adalah dengan energi panas (kenaikan temperatur).

Berdasarkan gambar 4.2, maka pengaruh penambahan asam azelat sebagai *complexing agent* dapat meningkatkan nilai *dropping point* gemuk yang dihasilkan secara signifikan dengan nilai *dropping point* maksimum 251°C pada penambahan 17,5 g azelat. Pada penambahan 20 g asam azelat terjadi penurunan nilai *dropping point*, artinya penambahan 20 g asam azelat sudah tidak lagi optimum. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya litium sebagai material basa dalam proses saponifikasi sabun *lithium complex*. Untuk mengetahui lebih lanjut, dapat dilakukan formulasi dengan menggunakan perhitungan stoikiometrinya. Nilai *dropping point* maksimum gemuk litium kompleks yang dihasilkan (251°C) termasuk dalam spesifikasi gemuk lumas yang ditetapkan pada Kep. Men. ESDM Nomor: 2808 K/20/MEM/2006 dengan nilai maksimum *dropping point* 220°C.

4.1.3 Pengaruh Jumlah *Complexing Agent* Terhadap Uji *Four Ball* Gemuk Litium Kompleks

Uji *four ball* digunakan untuk mengetahui tingkat ketahanan aus gemuk. Semakin rendah keausan bola baja yang didapat semakin baik sifat anti-aus gemuk. Hasil *scar diameter* uji semi unjuk kerja gemuk litium kompleks dengan metode *four ball* dapat dilihat pada gambar 4.3.

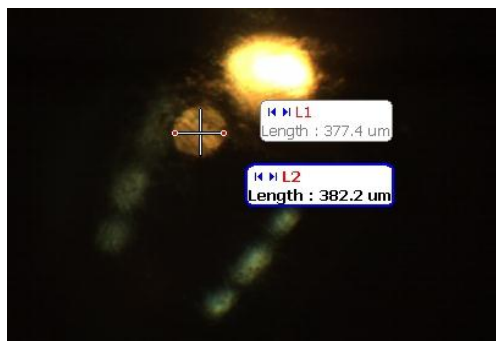
Penambahan *complexing agent* pada pembuatan gemuk litium kompleks memberikan hasil *scar diameter* pada uji *four ball*, perbandingan ukuran *scar diameter* antara gemuk lumas dapat dilihat pada gambar 4.4.



(a) Gemuk litium kompleks dengan komposisi 12,5 g azelat



(b) Gemuk litium kompleks dengan komposisi 15 g azelat

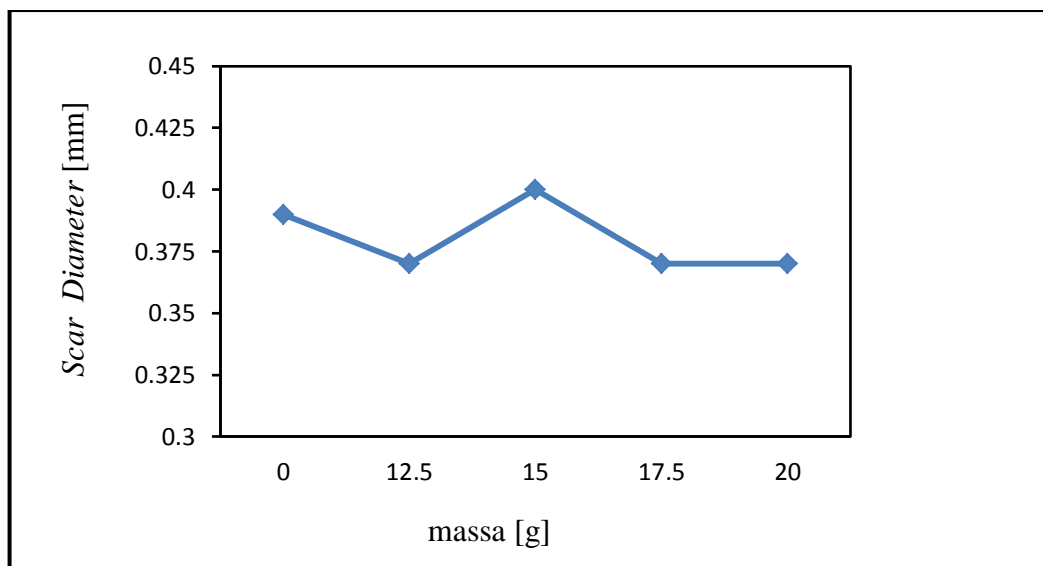


(c) Gemuk litium kompleks dengan komposisi 17,5 g azelat



(d) Gemuk litium kompleks dengan komposisi 20 g azelat

Gambar 4.3 Hasil Scar Diameter Uji Four ball Gemuk Litium Kompleks



Gambar 4.4 Pengaruh Jumlah Complexing Agent (Asam Azelat) Terhadap Scar Diameter Gemuk Litium Kompleks

Hasil uji *four ball* menunjukkan bahwa penambahan *complexing agent* menghasilkan nilai *scar diameter* yang kecil. Hal ini dikarenakan semakin besar *complexing agent*, semakin banyak interaksi antara sabun Li-hidroksistearat dan sabun Li-Azelat, sehingga gemuk semakin liat. Tingkat keliatan gemuk ini juga menyebabkan gemuk mampu melumasi hingga ke sudut-sudut bola sehingga mengurangi keausan. Berdasarkan gambar 4.4 penambahan *complexing agent* mempengaruhi terjadinya perubahan nilai *scar* pada setiap bola uji. Penurunan ukuran *scar diameter* terlihat dari 0,39 mm menjadi 0,37 mm pada penambahan *complexing agent* asam azelat 12,5 g, 17,5 g dan 20 g. Namun kenaikan nilai *scar* yang terjadi pada bola uji pada penambahan 15 g azelat sebesar 0,40 mm kemungkinan terjadi karena instalasi pengoperasian alat dan bola uji yang tidak presisi. Hasil uji *four ball wear* gemuk litium dan gemuk litium kompleks yang dihasilkan (0,37 – 0,4 mm) termasuk dalam spesifikasi gemuk lumas yang ditetapkan pada Kep. Men. ESDM Nomor: 2808 K/20/MEM/2006 dengan nilai *scar diameter* maksimum 0,6 mm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan *complexing agent* asam azelat tidak mempengaruhi tingkat konsistensi gemuk lumas, namun dapat meningkatkan karakteristik gemuk litium kompleks pada uji *dropping point* dan dapat menurunkan nilai *scar diameter* bola uji pada uji *four ball*.
2. Dihasilkan gemuk litium kompleks yang optimal pada penambahan 17,5 g asam azelat, dengan nilai *dropping point* tertinggi 251°C, NLGI *grade 2*, dan nilai *scar diameter* 0,37 mm, yang merupakan gemuk lumas dengan nilai uji diatas standar yang berlaku.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan gemuk litium kompleks dengan nilai uji karakterisasi yang lebih baik, dalam penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan membuat formulasi bahan pengental (*thickener*) dari litium hidroksida dan asam 12-hidroksistearat sesuai perhitungan stoikiometri yang dapat membuat reaksi saponifikasi dalam pembuatan gemuk litium kompleks lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Asadauskas, S. (1997). "*Oxidative degradation of fluids based on synthetic and natural esters.*" Doctor of Philosophy Dissertation. The Pennsylvania State University.
- Barriga JA (2006). "*Sunflower based grease for heavy duty applications.*" *Mecanica, Exp.*, 13, pp: 129-133.
- Booser E.R. (1992) "*Handbook of Lubrication (Tribology).*" The Society of Tribologist and Lubrication Engineers, Volume II, (8th ed).
- Caines, A.J. and 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.*" Atlanta, GA: US Departement of Health and Human Services.
- 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>. Diunduh pada tanggal 27 Mei 2016.
- 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 and Othmer D.F. (1993). "*Encyclopedia of Chemical Technology.*" Volume: 5. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Lansdown A.R. (2004). "*Lubrications and Lubricant Selection.*" a Practical Guide, 3rd Edition, Professional Engineering Published Limited, Suffolk, UK, pp: 128-131.
- 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. (2006). "*CRC Handbook of Physics and chemistry.*" (86th.ed.).

- Ludema, K.C. (1996). "*Friction, wear, lubrication: a textbook in tribology.*" CRC press.
- Maskaev, A.K, Man'kovskaya, N.K, et al., (2004). "*Preparation of 12 Hydroxystearic Acid The Raw Material For Plastic Greases.*" UDC 547.295.94:655.4.
- Maysaroh. (2013), "*Sintesis Asam Azelat Dari Risinolet Yang Terkandung Dalam Minyak Jarak, Castor oil*", Medan, Universitas Negeri Medan.
- Mortier, R.M., Fox, M.F., Orzulik, S.T. (2010). (ed), "*Chemistry and Techonology of Lubricant 3rd.*" Springer, 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.
- 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 and 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 Thikener Asam 12-Hidrosistearat 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 A



Gambar A.1 *Beaker glass*



Gambar A.2 *Analitic Balance*



Gambar A.3 *Hot Plate*



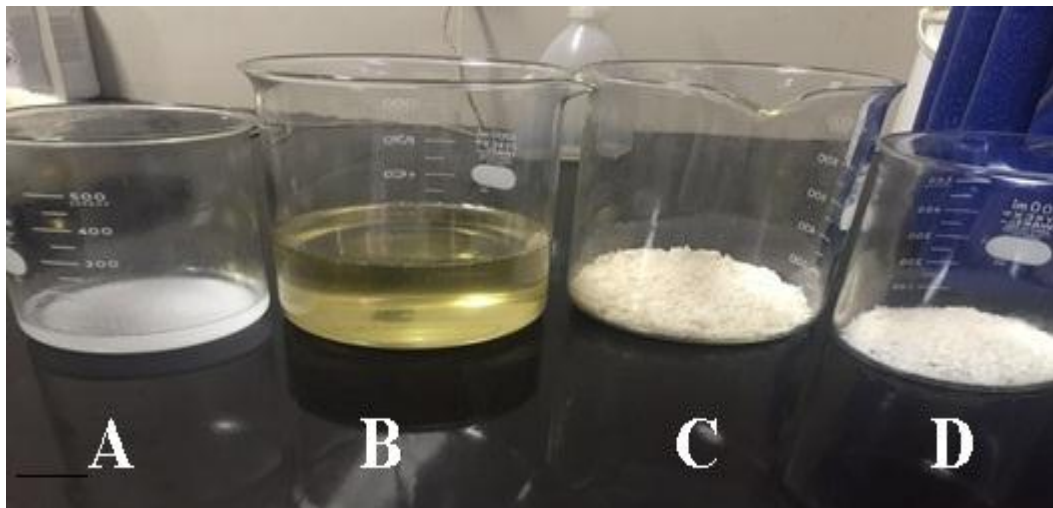
Gambar A.4 *Agitator Laboratory*



Gambar A.5 Spatula



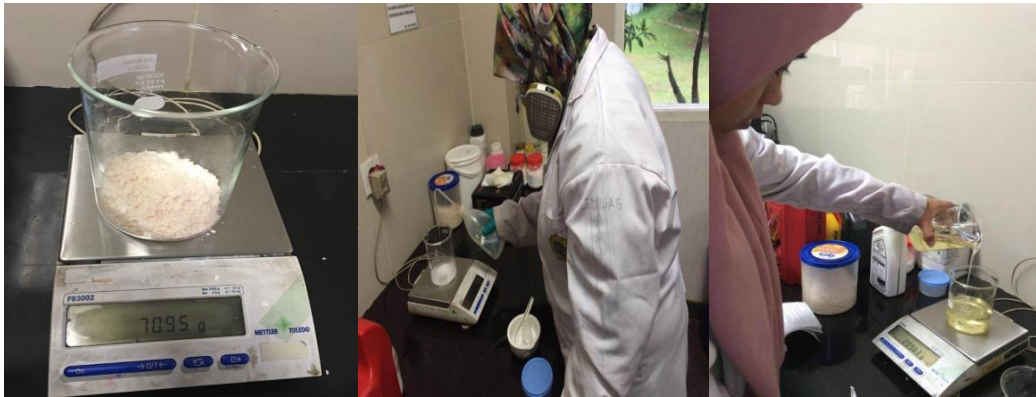
Gambar A.6 Botol Semprot



Gambar A.7 Bahan-bahan Pembuat Gemuk Litium Kompleks

- A. Litium Hidroksida (LiOH)
- B. Minyak jarak
- C. Asam 12-Hidroksistearat (Asam 12-HSA)
- D. Asam Azelat

LAMPIRAN B



Gambar B.1 Proses Penimbangan Bahan Baku



Gambar B.2 Proses Pemanasan Bahan Baku



Gambar B.3 Proses Saponifikasi



Gambar B.4 Proses *Blending* Gemuk Litium Kompleks



Gambar B.5 Proses Pendiaman Gemuk Litium Kompleks Pada Temperatur Kamar

LAMPIRAN C



Gambar C.1 Proses Uji Penetrasi

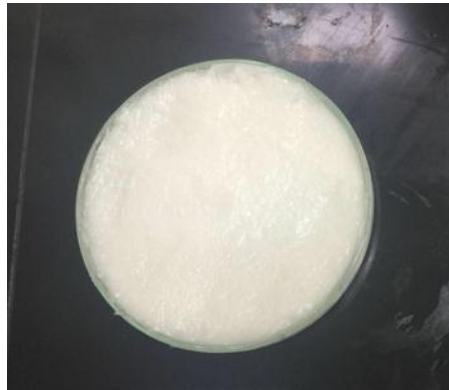


Gambar C.2 Proses Uji *Dropping Point*

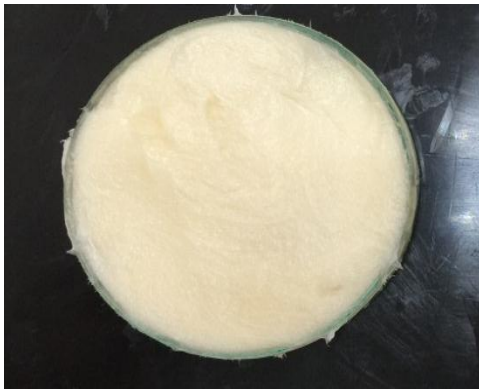


Gambar C.3 Proses Uji *Four Ball*

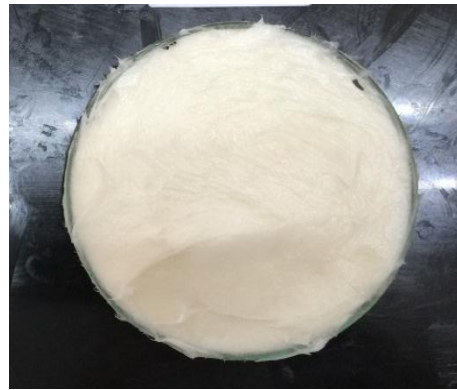
LAMPIRAN D



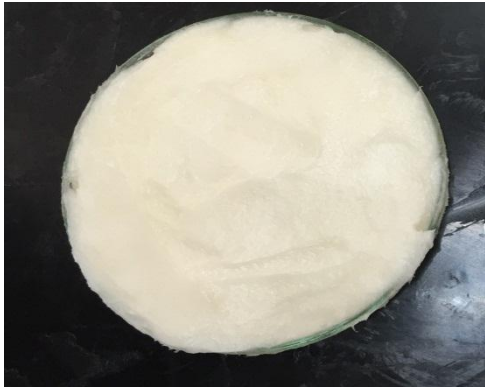
Gambar D.1 Gemuk Litium Tanpa Asam Azelat



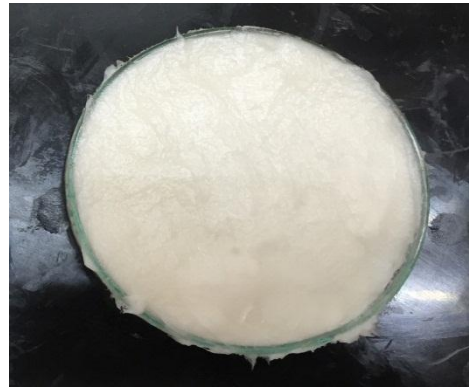
Gambar D.2 Gemuk Litium Kompleks
Dengan 12, 5 g Asam Azelat



Gambar D.3 Gemuk Litium
Kompleks Dengan 15 g Asam Azelat



Gambar D.4 Gemuk Litium Kompleks
Dengan 17, 5 g Asam Azelat



Gambar D.5 Gemuk Litium
Kompleks Dengan 20 g Asam Azelat