

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN
PENGARUH PENAMBAHAN *COMPLEXING AGENT* (ASAM
BENZOAT) TERHADAP KARAKTERISTIK *LITHIUM GREASE*
DENGAN *BASE OIL* MINYAK JARAK
DI PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
TEKNOLOGI MINYAK DAN GAS BUMI “LEMIGAS”
(1 Maret – 30 April)

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



OLEH :

NUR AFLAH HASIBUAN	15.12.010
ATIKA FITRIA NINGRUM	15.12.032

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2016

KATA PENGANTAR

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

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

1. Kedua orang tua kami yang telah memberikan semangat dan doa kepada kami dalam menyelesaikan Laporan Penelitian ini.
2. Bapak Dr. Mustofa, ST, MT selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI.
3. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Ibu Ir. Sumingkrat M.Si dan Dr. Ir. Agus Mundiyo selaku Dosen pembimbing penyusun yang telah memberikan banyak motivasi dan bimbingan.
5. Bapak Dr. Ir. Bambang Widarsono, M.Sc selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
6. Bapak Ir. Daru Siswanto selaku Kepala Bidang Afiliasi dan Informasi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”.
7. Bapak Ir. Maymuchar, M.T selaku Koordinator Kelompok Pelaksana Penelitian dan Pengembangan Teknologi Aplikasi Produk “LEMIGAS”.

8. 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.
9. Ibu Catur Yuliani Respatiningsih, S.Si dan Ibu Milda Fibria ST, MT, 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.
10. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan bantuan selama pelaksanaan tugas akhir 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, Mas Supri) yang telah banyak membimbing dan memberikan bantuan selama pelaksanaan penelitian ini.
12. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia Polimer yang telah memberikan banyak ilmu kepada 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, 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.

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 dispersi sabun dalam minyak. Sabun, yang merupakan *thickener* dalam *grease*, biasanya mengandung logam-logam alkali seperti kalsium dan lithium. Sabun lithium merupakan jenis yang paling luas penggunaannya, dan telah diteliti sebagai *thickener* dalam *grease* berbasis minyak jarak. Struktur serat (*fiber structure*) yang dimiliki oleh *thickener* dapat diperbaiki dengan penambahan *complexing agent* pada *lithium grease* yang berimbas pada karakteristik *grease* tersebut. Pada penelitian ini telah dibuat *grease* campuran Li-Benzoat menggunakan *base oil* minyak jarak dengan *complexing agent* Li-12HSA (12-hidroksistearat) dan Li-Benzoat. Komposisi penambahan *complexing agent* divariasikan untuk mendapatkan *grease* dengan tingkat konsistensi NLGI 1-3, sifat tahan terhadap temperatur tinggi serta sifat anti aus yang baik. Jumlah persentase pengental adalah sekitar 15.23% w/w dari berat *grease* berdasarkan percobaan dan literatur yang ada. *Grease* campuran ini dibuat dengan variasi % berat sabun Li-benzoat 0% (Li-Benza 1), 6% (Li-Benza 2), 11% (Li-Benza 3), 16% (Li-Benza 4), 23% (Li-Benza 5). *Grease* campuran ini dibuat melalui reaksi saponifikasi dengan temperatur awal 100°C dan dilakukan penurunan temperatur sebesar 20°C setiap 40 menit selama 2 jam. *Grease* ini dilakukan pengujian sifat fisika kimia (*penetration, dropping point*) dan uji perfoma (*four ball*). *Grease* terbaik dihasilkan dengan penambahan 11% asam benzoat dengan nilai *dropping point* 193.5°C, konsistensi pada NLGI *grade 2*, dan *scar diameter* 0,45 mm.

Kata kunci : Asam benzoat, *complexing agent*, *grease*, *lithium grease*, sabun lithium.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN	
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 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Grease</i>	6
2.2 Komposisi <i>Grease</i> Lumas	8
2.2.1 Minyak Lumas Dasar	9
2.2.1.1 Minyak Mineral	9
2.2.1.2 Minyak Nabati	11
2.2.1.3 Minyak Sintesis	13

2.2.2 Bahan Pengental.....	14
2.2.2.1 Pengental Sabun (<i>Soap Thickener</i>).....	14
2.2.2.2 Pengental Bukan Sabun (<i>Non-soap Thickener</i>)	21
2.2.3 Bahan Tambahan (<i>Additive</i>)	22
2.2.3.1 Adiktif Antioksidan.....	23
2.2.3.2 Adiktif <i>Metal Deactivator</i>	24
2.2.3.3 Adiktif Anti Karat Dan Anti Korosi (<i>Rust And Corrosion Inhibitor</i>)	24
2.2.3.4 Adiktif Anti Tekanan Ekstrim.....	25
2.2.3.5 Adiktif Anti Jamur Dan Bakteri.....	25
2.2.4 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	26
2.2.5 Zat Warna Dan Parfum	26
2.2.6 <i>Complexing Agent</i>	26
2.2.6.1 Asam Azelat.....	27
2.2.6.2 Asam Asetat.....	27
2.2.6.3 Asam Benzoat	28
2.3 Jenis <i>Grease</i>	28
2.3.1 <i>Grease</i> Sabun Lithium.....	29
2.3.2 <i>Grease</i> Sabun Kalsium	29
2.3.3 <i>Grease</i> Sabun Natrium	30
2.4 Pembuatan <i>Grease</i>	30
2.4.1 <i>Grease</i> Didih atau <i>Grease Boiled</i>	31

2.4.2 <i>Grease Cold-Sett</i>	31
2.5 Spesifikasi Produk <i>Grease</i> Kendaraan Bermotor	32
2.5.1 <i>Grease</i> Kendaraan Bermotor Kode L (LA, LB).....	32
2.5.2 <i>Grease</i> Kendaraan bermotor Kode G (GA, GB, GC).....	33
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Bahan dan Alat Penelitian	35
3.1.1 Bahan Penelitian.....	35
3.1.2 Alat Penelitian.....	35
3.2 Variabel Penelitian	36
3.2.1 Variabel Tetap.....	36
3.2.2 Variabel Bebas	36
3.2.3 Variabel Terikat	36
3.3 Prosedur Penelitian	36
3.3.1 Tahap Persiapan	38
3.3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan	38
3.3.2 Tahap Pelaksanaan	38
3.3.2.1 Pelaksanaan Penelitian 1	39
3.3.2.2 Pelaksanaan Penelitian 2.....	40
3.4 Tahap Pengolahan Data dan Analisis Data	44
3.4.1 Pengumpulan Data	44
3.4.1.1 Reduksi Data	45
3.4.1.2 Penyajian Data.....	45

3.5 Tahap Pengambilan Kesimpulan	45
3.6 Jadwal Penelitian	46
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Pengaruh Penggunaan <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat Terhadap Tampilan Fisik <i>Lithium Grease</i>	47
4.2 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat Terhadap <i>Dropping Point Lithium Grease</i>	50
4.3 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat Terhadap Tingkat Kekerasan Dan Konsistensi <i>Lithium Grease</i>	51
4.4 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat Terhadap Uji <i>Four Ball Lithium Grease</i>	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Komposisi <i>Grease</i>	8
Gambar II.2 Struktur Kimia Minyak Bumi n-Parafinik	9
Gambar II.3 Struktur Kimia Minyak Bumi Iso Parafinik	10
Gambar II.4 Struktur Kimia Minyak Bumi Naftenik	10
Gambar II.5 Struktur Kimia Minyak Bumi Aromatik	10
Gambar II.6 Struktur Asam Risinoleat	11
Gambar II.7 Penggambaran Serat Pengental Sabun dalam <i>Grease</i>	14
Gambar II.8 Mekanisme Reaksi Hidrogenasi Asam Risionelat dengan Katalis Nikel	16
Gambar II.9 Struktur Serat Sabun Lithium Hidroksistearat	21
Gambar III.1 Skema Metode Penelitian.....	37
Gambar III.2 Proses Pembuatan <i>Lithium Grease</i> dengan Penambahan Asam Benzoat.....	39
Gambar III.3 Alat Uji <i>Dropping Point</i> (a) Manual, (b) Otomatis	41
Gambar III.4 Alat Uji Penetrometer.....	42
Gambar III.5 Alat Uji <i>Four Ball</i>	44
Gambar IV.1 Reaksi Penyabunan dari Lithium Hidroksida, Asam 12 - Hidroksistearat dan Asam Benzoat	47
Gambar IV.2 Uji Tampilan Fisik <i>Grease</i>	49
Gambar IV.3 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat terhadap <i>Dropping Point Lithium Grease</i>	50
Gambar IV.4 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat terhadap kekerasan <i>Unworked</i> dan <i>Worked Lithium Grease</i>	52
Gambar IV.5 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat terhadap kekerasan <i>Worked Lithium Grease</i>	52

Gambar IV.6 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat terhadap % Perubahan Konsistensi <i>Lithium Grease</i>	54
Gambar IV.7 Hasil <i>Scar Diameter</i> pada <i>Grease</i>	55
Gambar IV.8 Pengaruh <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat terhadap Uji <i>Four Ball Lithium Grease</i>	56

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak (<i>Risinus Communis L.</i>)	12
Tabel II.2 Karakteristik SRMO dan Minyak Jarak Sebagai Bahan Dasar Pelumas	12
Tabel II.3 Karakteristik Kimia Fisika Minyak Jarak (<i>Risinus Communis L.</i>)..	13
Tabel II.4 Karakteristik Fisika-Kimia Asam 12-Hidroksistearat	17
Tabel II.5 Karakteristik Lithium Hidroksida (LiOH)	18
Tabel II.6 Jenis Pengental dan Karakteristiknya	20
Tabel II.7 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia <i>Grease Chassis</i> Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LA	32
Tabel II.8 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia <i>Grease Chassis</i> Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI LB.....	33
Tabel II.9 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia <i>Grease</i> Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GA	33
Tabel II.10 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia <i>Grease</i> Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GB	34
Tabel II.11 Spesifikasi Karakteristik Fisika Kimia <i>Grease</i> Bantalan Kendaraan Bermotor Tingkat Mutu Unjuk Kerja NLGI GC	34
Tabel III.1 Variasi Formula <i>Grease</i>	38
Tabel III.2 Klasifikasi <i>Grease</i> Menurut NLGI	42
Tabel III.3 Jadwal Kegiatan Penelitian	46
Tabel IV.1 Hasil Uji Karakteristik <i>lithium Grease</i> Dengan <i>Complexing Agent</i> Asam Benzoat.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia industri pada saat ini tidak terlepas dari kebutuhan akan pelumas. Pelumas merupakan salah satu kebutuhan yang mutlak diperlukan pada mesin-mesin yang bergerak untuk mengurangi kerugian mekanis karena gesekan dan juga sebagai perlindungan agar material komponen tidak cepat mengalami keausan karena gesekan. Pelumas merupakan komponen penunjang mesin otomotif, dimana sekarang baik industri otomotif dan perguruan tinggi di bidang otomotif banyak mengembangkan mesin-mesin baru. Pelumas yang dibutuhkan oleh mesin dapat berwujud pelumas cair seperti oli mesin, oli transmisi, oli differential dan sebagainya yang memiliki kekentalan dengan spesifikasi sesuai dengan penggunaan, maupun pelumas semi-solid.

Tiga hal yang paling berpengaruh dalam proses pemilihan pelumas adalah jenis kegunaan, kekentalan dan mutu. Dari kegunaannya, selain pelumas yang encer yang digunakan pada mesin, ada juga pelumas yang sangat kental seperti *gel* yang biasa disebut *grease* atau gemuk. Begitu kentalnya *grease* sehingga akan menempel terus pada komponen yang dilumasi dan tidak akan menetes, sehingga cocok untuk komponen-komponen terbuka seperti engsel pintu, sendi-sendi batang kemudian (*tie rod*), lengan suspensi, dan lain sebagainya.

Pada umumnya *grease* terbuat dari minyak mineral dengan bahan dasar minyak bumi. Tetapi penggunaan minyak mineral dalam pembuatan *grease* berbahaya bagi kesehatan karena mengandung senyawa sulfur dan aromatik, serta tidak bersifat *bio-degradable*, sehingga menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Selain itu, ketersediaan minyak bumi juga semakin menipis sehingga

diperlukan penelitian untuk membuat *grease* dengan ketersediaan bahan lokal yang besar, ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan^[5].

Minyak Jarak (*castor oil*) dihasilkan dari biji tanaman jarak (*Ricinus communis L.*) yang dengan mudah tumbuh di daerah tropis dan sub tropis, salah satunya 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^[15]. Dengan jumlah ketersediaan yang besar, minyak jarak berpotensi untuk menggantikan minyak mineral sebagai bahan baku pembuatan *grease*. Adanya variasi pemanfaatan minyak jarak diharapkan dapat menambah nilai produk minyak jarak di Indonesia

Komposisi *grease* terdiri dari minyak lumas dasar (*base oil*) sebesar 75-95%, bahan pengental (*thickener*) sebesar 10-20%, dan untuk komposisi selebihnya itu adalah bahan tambahan (*additive*), bahan pengisi (*filler*), zat warna, parfum dan *complexing agent*. Bahan pengental yang umum digunakan dalam pembuatan *grease* antara lain sabun kalsium, sabun aluminium dan sabun lithium.

Lithium grease dibuat menggunakan sabun lithium dengan reaksi saponifikasi lithium hidroksida dan asam 12-hidroksistearat (12-HSA), pada temperatur 160-250°C, tergantung pada minyak dasar dan jenis reaktor yang digunakan^[16]. *Lithium grease* diproduksi dan dikembangkan pada masa Perang Dunia II. Awalnya, jenis *grease* ini harganya masih sangat mahal. Kini *lithium grease* ini telah dipergunakan secara luas, bukan saja pada mesin pesawat, melainkan sudah merambah ke mesin industri ataupun otomotif, harganya pun sudah tidak lagi mahal. *Lithium grease* 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 *lithium grease* adalah ketahannannya terhadap air kurang baik^[13].

Penambahan *complexing agent* pada *lithium grease* mampu mengubah *fiber structure thickener* yang berimbang pada karakteristik *grease*. 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 titik jatuh karena diperlukan energi yang lebih besar untuk bisa menguraikan struktur serabut. Untuk itu *complexing agent* perlu ditambahkan kedalam formula *grease*, salah satunya adalah asam benzoat.

Berkaitan dengan hal itu, muncul-lah ide untuk memproduksi *lithium grease* dengan *complexing agent* (asam benzoat) dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas *grease* yang dihasilkan. Pencampuran sabun lithium dengan *complexing agent* (asam benzoat tersebut akan memberikan sifat dan karakteristik yang saling memperbaiki sehingga diharapkan dapat diperoleh hasil yang maksimal baik dalam temperatur tinggi, tampilan fisik, konsistensi yang relatif konstan (NLGI) dan sifat antiaus yang tinggi.

Pada penelitian ini, akan dibuat *grease* dengan tingkat konsistensi NLGI 1-3 menggunakan minyak jarak sebagai *base oil* dan sabun berupa campuran lithium hidroksida dengan asam 12-hidroksistearat (12-HSA) serta asam benzoat sebagai *complexing agent*. *Lithium grease* yang dihasilkan akan diuji karakteristiknya yang meliputi pengujian sifat fisika dan pengujian performa.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang melatar belakangi penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan asam benzoat sebagai *complexing agent* terhadap *lithium grease* dari *base oil* minyak jarak?
2. Bagaimana mendapatkan karakteristik dan performa yang baik dari *lithium grease* dengan pengujian sifat fisika kimia (uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan pengujian performa (*uji four ball*)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pengental yang digunakan adalah pengental sabun lithium hidrosistearat (lithium 12-HSA).
2. *Base oil* yang digunakan adalah minyak jarak dengan biodegradabilitas masih tidak berubah dari asalnya.
3. Jumlah persentase pengental adalah sekitar 15.23% w/w dari berat *grease* berdasarkan percobaan dan literatur yang ada.
4. Jumlah persentase *base oil* yang digunakan adalah sekitar 84.77% w/w dari berat *grease* yang dibuat.
5. Pengujian karakteristik *grease* yang dilakukan meliputi uji sifat fisika kimia *grease* (uji *dropping point* ASTM D 566 dan uji penetrasi ASTM D 217) dan performa *grease* (uji *four ball* ASTM D 2266).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh penambahan *complexing agent* (asam benzoat) pada *lithium grease* dengan *base oil* minyak jarak, ditinjau dari tingkat konsistensi NLGI 1-3 dan titik jatuh yang tinggi.
2. Mendapatkan karakteristik dan performa yang optimal dari *lithium grease* dengan pengujian sifat fisika kimia (uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan pengujian performa (uji *four ball*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Dari hasil penelitian ini didapatkan prosedur mengenai pembuatan *lithium grease*.
2. Data teknis yang diperoleh dari penambahan asam benzoat sebagai *complexing agent* pada *lithium grease* dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dan referensi untuk penelitian selanjutnya.
3. Mengembangkan *grease* ramah lingkungan yang terbuat dari sabun lithium dan *complexing agent* asam benzoat dengan *base oil* minyak jarak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Grease*

Istilah *grease* pada awalnya berasal dari bahasa latin yaitu “*crassus*” yang berarti lemak. *Grease* (gemuk) merupakan lumas dalam bentuk setengah padat (*semi-solid*) tetapi lembut, masyarakat mengenal jenis lumas ini dengan sebutan *grease* atau veselin atau stempet^[27].

Grease, seperti semua jenis lumas lainnya baik lumas cair maupun padat, bekerja dengan cara membentuk lapisan pada permukaan, mencegah kontak langsung antar dua permukaan yang bergesekan, agar berkurang keausan (*wear*) dan kehilangan energinya akibat gesekan (*friction*) tersebut. Dengan demikian keberadaan lapisan *grease* dimaksudkan untuk memudahkan gerakan pada setiap elemen mesin, terutama bantalan peluru dan roda gerigi, yang selanjutnya berkontribusi menaikkan efisiensi mesin^[27].

Beberapa alasan digunakannya *grease* untuk melumasi bagian mesin adalah sebagai berikut^[27] :

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

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

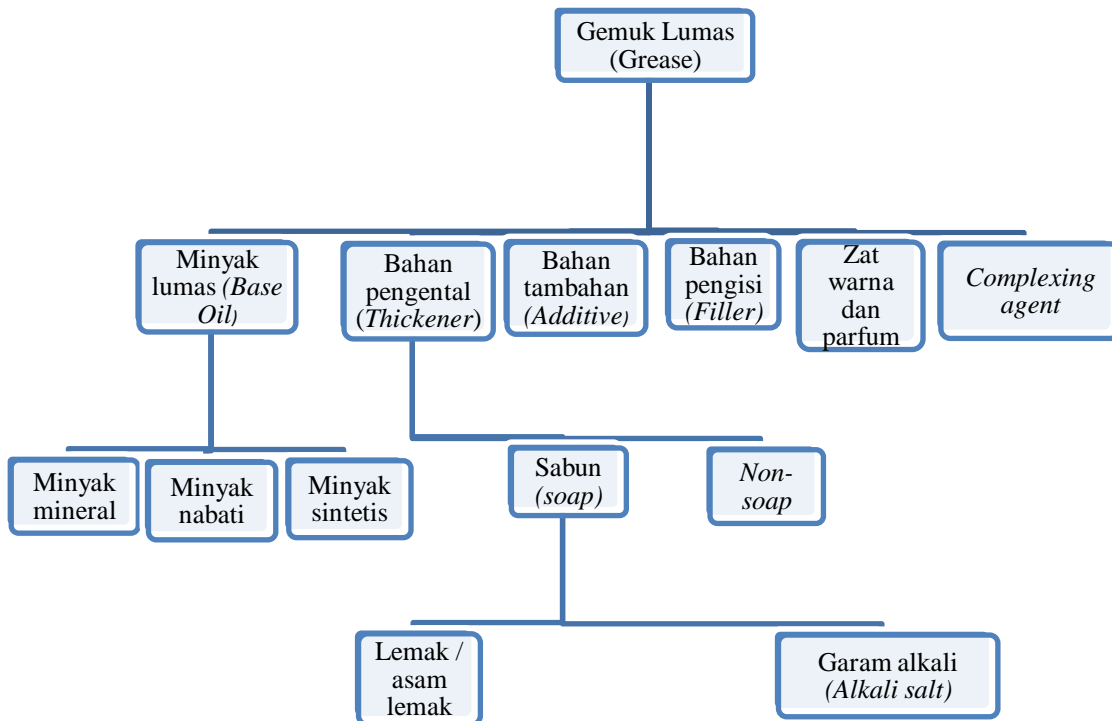
1. Melumasi dengan menggunakan *grease* tidak perlu sering menggantinya.
2. Dalam menjalankan tugas, *grease* juga berfungsi sebagai penyekat untuk menahan masuknya kotoran dan debu ke dalam bantalan.
3. Penetasan dan penyemprotan tidak terjadi pada pelumasan yang menggunakan *grease* sebagai pelumasnya.
4. *Grease* 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 *grease* pada mesin, terdapat pula beberapa segi yang merugikan yang tidak dihindari. *Grease* 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, *grease* juga memiliki beberapa kekurangan lainnya yaitu pada saat pengisian dan pengantiannya yang sulit. Cara memberi *grease* pada bagian mesin adalah dengan menggunakan bedil *grease (grease gun)*^[27].

Karena banyaknya jenis *grease* yang beredar di pasaran, penggunaan *grease* harus disesuaikan dengan perangkat yang akan dilumasi, apalagi setiap *grease* memiliki kemampuan kerja yang berbeda. *Grease* 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.

2.2 Komposisi Grease

Pada dasarnya, *grease* terdiri dari minyak lumas dasar (*base oil*), bahan pengental (*thickener*), bahan tambahan (*additive*), bahan pengisi (*filler*), zat warna dan parfum. Komposisi *grease* secara umum dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar II.1 Komposisi grease^[24]

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

Sampai saat ini bahan pelumas yang umumnya digunakan adalah *grease* dari bahan dasar minyak mineral. Namun belakangan ini, dikembangkan *grease* pelumas dari bahan minyak jarak, karena minyak jarak memiliki sifat daya lekat yang sangat baik terhadap logam, minyak jarak juga memiliki sifat biodegradabilitas yang tinggi karena berasal dari nabati, selain itu minyak jarak memiliki stabilitas oksidasi yang tinggi dibanding minyak nabati yang lain. Untuk membuat *grease* dapat juga

digunakan minyak sintetis sebagai pengganti minyak mineral dengan ditambahkan bahan kimia lainnya, untuk menjaga supaya tidak terjadi pemisahan antara minyak dan sabun^{[27][29][19]}.

2.2.1 Minyak Lumas Dasar

Komposisi terbesar pada *grease* 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*.

2.2.1.1 Minyak Mineral (*Mineral Base Oil*)

Minyak mineral umum digunakan sebagai minyak lumas dasar (*base oil*) dalam pembuatan pelumas. Menurut hepple (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^[4].

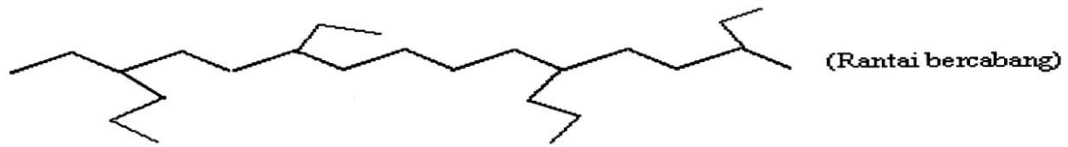
Minyak bumi atau biasa disebut minyak mineral terdiri dari campuran senyawa yang kompleks, mengandung bermacam-macam senyawa hidrokarbon yang bercampur menjadi satu. Menurut komposisi dan jenis hidrokarbonnya, minyak bumi dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu^[6] :

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 dibawah ini :



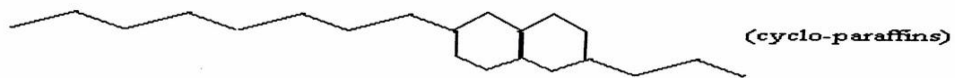
Gambar II.2 Struktur kimia minyak bumi n-parafinik



Gambar II.3 Struktur kimia minyak bumi iso parafinik

b. Minyak Bumi Naftenik

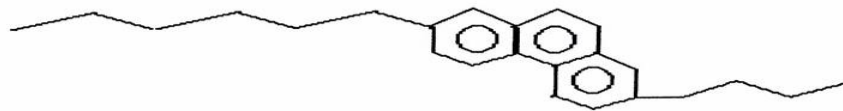
Minyak bumi naftenik memiliki rantai atom karbon jenuh yang tertutup atau siklo paraffin, struktur kimia minyak bumi naftenik dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar II.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 dibawah ini :



Gambar II.5 Struktur kimia minyak bumi aromatik

d. Minyak Bumi Campuran

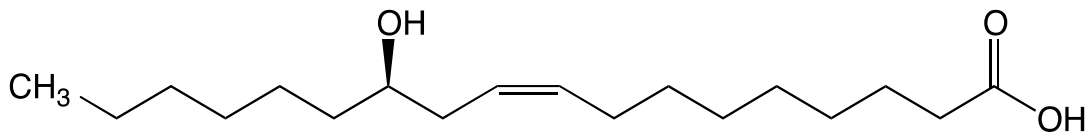
Merupakan minyak bumi campuran antara parafinik, naftenik dan aromatik, ataupun antara parafinik dengan naftenik, naftenik dengan aromatik dan parafinik dengan aromatik.

2.2.1.2 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^[11].

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*). Meskipun minyak jarak memiliki stabilitas oksidasi yang kurang baik sehingga lebih mudah teroksidasi^[11], namun stabilitas oksidasinya lebih tinggi bila dibandingkan dengan minyak nabati lainnya.

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 sebagai berikut^[9].



Gambar II.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%. Komposisi asam lemak minyak jarak dapat dilihat pada tabel II.1 dibawah.

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^{[27][9]}. Karakteristik kimia fisika minyak jarak jenis *Risinus Communis L* dapat dilihat pada tabel II.3 dibawah.

Tabel II.1 Komposisi asam lemak minyak jarak (*Risinus Communis L.*)^{[9][18]}

Asam Lemak	Rumus Molekul	Jumlah (%)	
		a).Kirk dan Othmer	b).Patterson
Risinoleat	C ₁₈ H ₃₄ O ₃	89.5	89.0 – 89.4
Dihidroksistreatat	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 dan Othmer., 1993

b) Patterson., 1994

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, seperti dalam tabel berikut :

Tabel II.2 Karakteristik SRMO dan minyak jarak sebagai bahan dasar pelumas^[1]

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
Wear scar diameter (mm)	0.72	0.622

Sumber : Asadauskas., 1997

*) SRMO: *Super Refined Mineral Oil*

Tabel II.3 Karakteristik kimia fisika minyak jarak (*Risinus Communis L.*)^[9]

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”
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

2.2.1.3 Minyak Sintetis

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 *polyalphaolefiens* (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 bebas 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^[22].

2.2.2 Bahan Pengental (*Thickener*)

Bahan pengental merupakan bahan yang ditambahkan untuk mengentalkan minyak lumas dasar menjadi *grease*. Kandungan bahan pengental dalam *grease* sebesar 10-20% umum digunakan untuk menghasilkan *grease* dengan tingkat kekerasan di kelas NLGI 2. *Thickener* memberikan karakteristik kekakuan atau konsistensi terhadap *grease* yang merupakan ukuran resistensi terhadap deformasi oleh gaya yang diberikan^[26].

Ada dua jenis bahan pengental yang digunakan dalam pembuatan *grease*, yaitu pengental sabun (*soap thickener*) yang pengental bukan sabun (*non-soap thickener*).

2.2.2.1 Pengental Sabun (*Soap Thickener*)

Pengental yang paling banyak digunakan dalam formulasi *grease* adalah pengental sabun, yang berperan memberikan sifat semi padat kepada *grease*. Partikel sabun di dalam *grease* tidak berbentuk bulat atau butiran, melainkan merupakan struktur seperti jalinan benang sehingga memberikan tekstur berserat. Penggambaran secara sederhana dari struktur serat *grease* seperti ditampilkan dalam Gambar II.7.



Gambar II.7 Penggambaran serat pengental sabun dalam *grease*^[10]

Sumber : Lansdown ., 2004

Pengental sabun dibuat melalui melalui proses penyabunan (saponifikasi) antara asam lemak atau lemak dengan alkali hidroksida. Pengental sabun tidak hanya memberikan efek terhadap konsistensi *grease*, 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 *grease* 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*)^[2].

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, lithium 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 *grease*. Konsentrasi sabun dapat divariasikan untuk menghasilkan kekerasan *grease* yang dikehendaki. Kekentalan *base oil* juga dapat mempengaruhi kekerasan *grease*. 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, lithium, dll) pada saat pembuatan sabun^[2].

2.2.2.1.1 Lithium Hidroksida (LiOH)

Lithium 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.

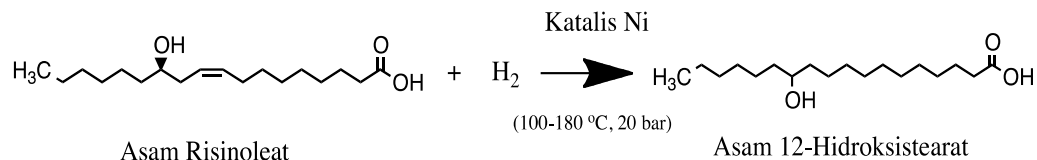
Lithium hidroksida terutama digunakan untuk produksi *lithium grease*. *Lithium grease* yang sangat populer adalah lithium stearat yaitu perpaduan lithium hidroksida dengan asam lemak 12-hidroksistearat. Tujuan umum *lithium grease* adalah karena resintensi yang tinggi terhadap air dan kegunaan pada kedua temperatur tinggi dan rendah^[23].

Litium hidroksida tidak dapat larut dalam minyak, dapat larut dalam air dengan bantuan temperatur dan pengadukan. Informasi umum mengenai material litium hidroksida (LiOH) beserta karakteristiknya dapat dilihat pada tabel II.5.

2.2.2.1.2 Asam 12-hidroksistearat

Asam 12-hidroksistearat adalah senyawa turunan dari minyak jarak yang dimanfaatkan untuk bahan *grease*. 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 lithium hidroksida. Pemanfaatan asam 12-hidroksistearat sebagai *thickener* dapat meningkatkan performa *grease*, memberikan tekstur yang lebih baik serta meningkatkan *dropping point* pada *grease*.

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 II.8^[25].



Gambar II.8 Mekanisme reaksi hidrogenasi asam risinoleat dengan katalis nikel

Asam 12-hidroksistearat pada minyak jarak memiliki ikatan jenuh seperti gambar II.8 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.

Prinsip kerja *thickener* dalam memerangkap base oil pada *grease* 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)^{[3][10]}.

Tabel II.4 Karakteristik fisika-kimia asam 12-hidroksistearat^[14]

Rumus kimia	$C_{18}H_{36}O_3$
Berat molekul	300 g/mol
Bentk 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
Colour	5 max

Sumber : Maskaev., 2004

Tabel II.5 Karakteristik litium hidroksida (LiOH)^{[12][7]}

Properti	
Rumus Molekul	LiOH
Massa molar	23,95 gr/mol (anhydrate) 41,96 gr/mol (monohydrate)
Penampilan	Higroskopis putih solid Tanpa bau
Titik lebur	426°C
Titik didih	924°C
Kelarutan dalam air	<i>Anhydrous:</i> 12,7 gr/100 mL (0°C) 12,8 gr/100 mL (20°C) 17,5 gr/100 mL 100°C) <i>Monohydrate:</i> 22,3 gr/100 mL (10°C) 26,8 gr/100 mL (80°C)
Daya larut dalam methanol	<i>Anhydrous:</i> 9,76 gr/100 gr (20°C, 48 jam pencampuran) <i>Monohydrate:</i> 13,69 gr/100 gr (20°C, 48 jam pencampuran)
Kelarutan dalam etanol	<i>Anhydrous:</i> 2,36 gr/100 gr (20°C, 48 jam pencampuran) <i>Monohydrate:</i> 2,18 gr/100 gr (20°C, 48 jam pencampuran)
Daya larut dalam isopropanol	<i>Anhydrous:</i> 0 gr/100 gr (20°C, 48 jam pencampuran) <i>Monohydrate:</i> 0,11 gr/100 gr (20 °C, 48 jam pencampuran)
Indeks bias (n D)	1,464 (anhidrat) 1,460 (monohydrate)

Sumber : Lide., 2006& Khosari., 2007

Perbedaan pada bahan *thickener* menyebabkan perbedaan pada karakteristik *grease* yang dihasilkan seperti terlihat pada tabel II.6. *Grease* sabun lithium merupakan *grease* sabun sederhana yang banyak digunakan untuk aplikasi tujuan umum dimana temperatur tidak melebihi 130°C (266°F). *Grease* dengan pengental lithium hidroksistearat hasil formulasi lithium bersama asam 12-hidroksistearat telah dianggap sebagai salah satu yang berkinerja baik pada temperatur rendah, sedangkan sabun lithium kompleks telah dianggap sebagai salah satu yang berkinerja baik pada temperatur tinggi biasanya diformulasikan dengan sabun yang kompleks. Dalam hal ini, *grease* sering disebut sebagai *grease* 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.

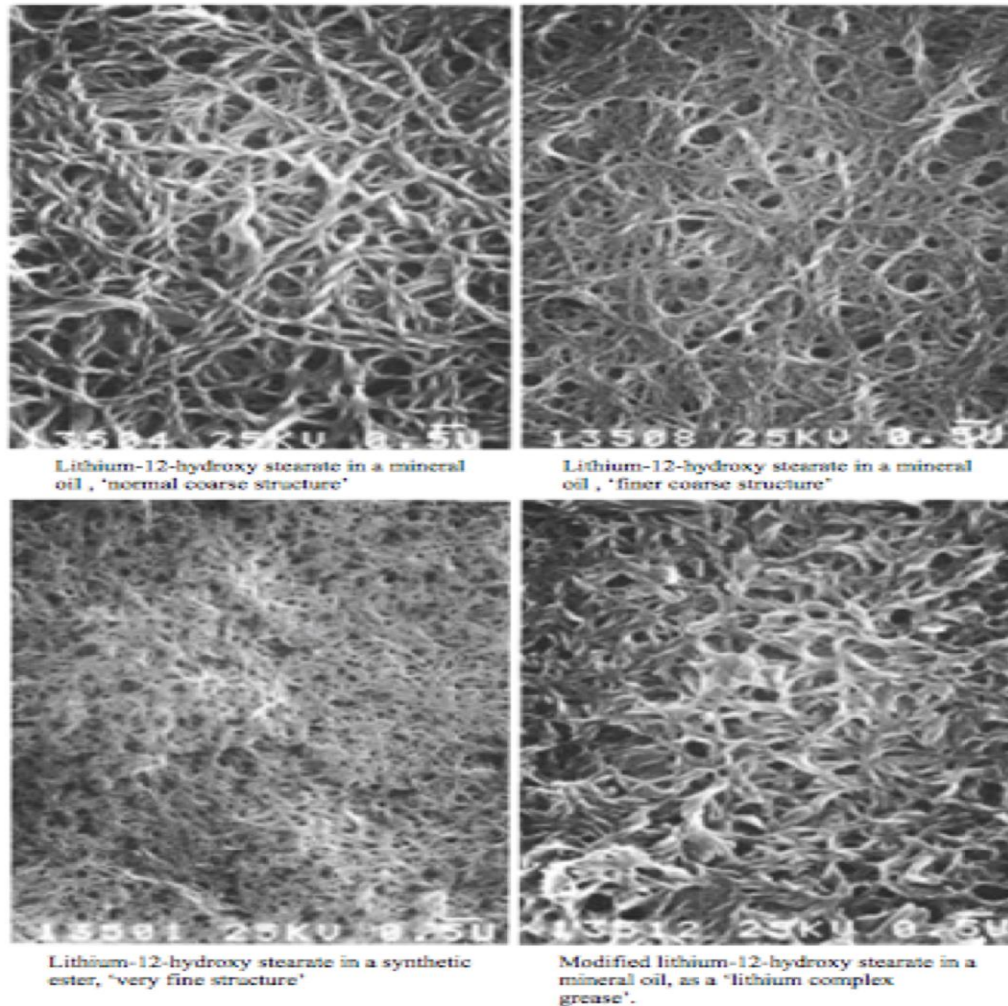
Untuk menghasilkan *fiber structure* yang lebih baik pada *thickener* sabun, cara yang lazim digunakan adalah dengan penambahan *complexing agent* sehingga dihasilkan sabun yang kompleks. Berdasarkan adanya teori sunflo bahwa struktur lemak dapat saja divisualisasikan sebagai jaringan tiga dimensi dari serat sabun, serat acak, serat berorientasi dan sebagian kristalin^{[29][26][28]}.

Pengental sabun (*thickener*) tidak hanya memberikan sifat kekakuan/kekerasan *grease* akan tetapi juga mempengaruhi sifat lain seperti tahan air dan tahan panas, serta sifat pemompaan^{[29][28]}.

Tabel II.6 Jenis pengental dan karakteristiknya^[6]

<i>Thickener</i>		<i>Penetration Worked</i>	<i>Oil Viscosity (Cst)</i>	<i>Dropping Point (°F)</i>
<i>Jenis</i>	<i>Komposisi (%)</i>			
<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	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 – Calcium 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
<i>Fine Silica</i>	8 – 10	310 – 340	400 @ 100°F	*
	9 – 11	310 – 340	400 @ 100°F	*

Sumber : Guthrie., 1960



Gambar II.9 Struktur serat sabun lithium hidroksistearat^[16]

Sumber : Mortier dkk., 2010

2.2.2.2 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. *Grease* 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^[2].

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. *Grease* 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 *grease* jenis ini adalah sekitar 260°C. Namun pada umumnya *grease* 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 *grease* jenis ini^[2]. Jenis pengental *grease* yang bukan sabun lainnya adalah silika *gel*, biasanya digunakan untuk pemakaian temperatur tinggi^[2].

2.2.3 Bahan Tambahan (*Additive*)

Selain tersusun oleh minyak lumas dasar (*base oil*), didalam *grease* juga terdapat senyawa-senyawa yang sengaja ditambahkan untuk meningkatkan mutu atau kinerja *grease*, yang disebut sebagai bahan aditif. Aditif yang ditambahkan ke dalam *grease* mempunyai bermacam-macam fungsi, yang pada dasarnya untuk memperbaiki karakteristik sifat kimia fisika yang dimiliki *grease* secara alamiah, ataupun menambahkan karakteristik sifat kimia fisika yang baru, sehingga *grease* yang dihasilkan dapat menjalankan fungsinya sebagai pelumas pada mesin sesuai dengan spesifikasinya. Untuk dapat menghasilkan kinerja pelumasan yang optimal, aditif dalam *grease* harus memiliki beberapa sifat umum^[27], 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.

Beberapa aditif yang biasa digunakan dalam pembuatan *grease*, antara lain^[27]:

2.2.3.1 Aditif Antioksidan

Tujuan utama penambahan aditif antioksidan adalah mencegah terjadinya dekomposisi karena oksidasi. Antioksidan atau disebut juga penghindar oksidasi, adalah aditif yang biasa digunakan untuk memenuhi persyaratan menjadi *grease* tertentu. Tujuan penggunaan aditif penghindar oksidasi ini adalah melindungi *grease* selama penyimpanan, dan tertentu selama penggunaan. Dalam penggunaannya, *grease* sering kontak langsung dengan udara, logam dan bahan kimia lain yang bersifat katalisator, sehingga pada temperatur tinggi memungkinkan akan terjadinya oksidasi. Hasil oksidasi yang akan terbentuk adalah peroksida-peroksida, yang akan bereaksi dengan logam mengakibatkan terjadinya korosi dan keausan pada mesin.

Hampir semua *grease* multiguna (*multipurpose grease*) dan *grease* yang dirancang khusus bekerja pada temperatur tinggi mengandung aditif penghindar oksidasi untuk memperpanjang usia penggunaannya dan memperpanjang interval waktu pemberian *grease*. Jenis-jenis aditif antioksidan diantaranya, logam dialkali ditiopospat, amin aromatik dan alkil fenol.

Antioksidan ini bekerja dengan mekanisme melepaskan hydrogen sehingga pembentukan radikal bebas dapat dicegah, karena oksigen bereaksi dengan hidrogen dari antioksidan. Selain mencegah terbentuknya radikal bebas, hydrogen dari antioksidan akan berikatan dengan radikal bebas yang sudah ada di dalam minyak. Selanjutnya antioksidan ini melepaskan elektron untuk mengimbangi kelebihan muatan.

2.2.3.2 Aditif *Metal Deactivator*

Aditif ini ditambahkan untuk melawan aktivitas katalitik tembaga dan logam lainnya yang dapat mempercepat terjadi oksidasi, ditambahkan *metal deactivator*. Jenis aditif *metal deactivator* adalah senyawa organik kompleks yang mengandung nitrogen atau sulfur, amina, sulfide dan phospit. Senyawa tersebut membentuk lapisan tipis pada permukaan logam dengan cara membentuk senyawa kompleks dengan ion logam.

Deaktifator logam memiliki fungsi sebagai antioksidan, namun mekanisme kerjanya berbeda. Seperti telah diketahui bahwa reaksi oksidasi dipercepat oleh logam seperti tembaga, besi, dan lain-lain, yang bertindak sebagai katalisator. Deaktifator logam bekerja dengan cara membuat logam hasil keausan yang bersifat prooksidan tersebut menjadi tidak aktif. Contoh deaktifator logam adalah senyawa heterisiklik sulfur-nitrogen^[20].

2.2.3.3 Aditif Anti Karat Dan Anti Korosi (*Rust And Corrosion Inhibitor*)

Aditif *corrosion inhibitor* pada permukaan logam, membentuk lapisan pelindung. Lapisan pelindung ini harus dapat melekat dengan kuat pada permukaan logam, jika tidak melekat dengan baik maka detergen atau dispersan akan melepaskannya dengan mudah dan membiarkan permukaan logam dimakan korosi. Disodium sebacate adalah senyawa polar, diharapkan dapat melekat dengan kuat pada permukaan logam yang dilindunginya, sehingga terhindar dari korosi.

Mekanisme kerja aditif *corrosion inhibitor* adalah bereaksinya aditif dengan logam membentuk lapisan yang melekat kuat pada permukaan logam tersebut, untuk melawan korosi. Inhibitor korosi yang paling efektif untuk *grease* berbasis sabun adalah eksep logam hidroksida^[8].

2.2.3.4 Aditif Anti Tekanan Ekstrim

Aditif anti tekanan ekstrim (TE) adalah aditif yang dapat memberi tambahan perlindungan terhadap beban kejutan pada *grease*, menurunkan gesekan dan keausan, mencegah goresan pada permukaan logam. Penambahan aditif ini dimaksudkan untuk menghindari timbulnya kerusakan atau keausan akibat kontak antar logam, pada permukaan logam yang saling bergerak relatif. Selain itu, penambahan aditif ini dapat meningkatkan kemampuan mengangkat beban dan memberi tambahan perlindungan dibawah beban kejutan pada *grease*.

Aditif TE dapat bekerja karena terjadinya reaksi dengan permukaan logam membentuk lapisan selaput garam logam atau sabun yang dapat melekat kuat pada permukaan logam tersebut. Lapisan yang terbentuk tersebut bersifat sebagai peredam (*shock absorber*), sehingga pada saat terjadi kontak antar logam, maka proses keausan dapat dihindari. Diantara aditif komersial aditif EP yang mengandung logam berat seperti timbal, karena sifat racun, tidak dapat diterima lagi. Bahkan penggunaan logam zinc yang diperdebatkan karena dianggap sebagai polutan air. Sebagai penggantinya yang bias diterima adalah aditif tak mengandung logam, yaitu senyawa turunan ditiokarbamat, ditioposfat dan tiadiazol serta alkil amino fosforoditioat^[20].

2.2.3.5 Aditif Anti Jamur Dan Bakteri

Bahan dasar *grease* yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yaitu minyak jarak, sangat berpotensi menjadi nernau tengik. Hal ini dapat juga ditandai dengan adanya jamur dan bakteri pada *grease* tersebut. Oleh karena sebab itu ditambahkan aditif anti

jamur dan bakteri di dalam produk *grease* tersebut. Aditif anti jamur ini diharapkan akan mencegah tumbuhnya jamur dan mencegah bau tengik pada produk *grease*.

2.2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan yang umum digunakan sebagai bahan pengisi adalah grafit, molybdenum disulfida, oksida logam dan karbon hitam. Penggunaan bahan pengisi (*filler*) pada *grease* tidak selamanya dilakukan, walaupun demikian bahan pengisi yang tepat dapat meningkatkan kinerja *grease* dalam berbagai macam kondisi^{[27][19]}.

1. Grafit, membantu meminimalkan terjadinya kontak antar logam sehingga mencegah terjadinya keausan.
2. Molybdenum disulfide atau disingkat dengan moly pada konsentrasi lebih dari 3% memberikan perlindungan dengan cara mempertahankan selaput di saat *grease* sulit dijaga.
3. Zinc dan magnesium oksida telah digunakan dalam proses industri makanan. Warnanya yang lembut dan kemampuannya menetralkan asam adalah keistimewaan utamanya. Untuk mendapatkan kinerja yang terbaik, oksida ini harus dilarutkan dalam *grease* dengan pelindung.
4. *Carbon black* memiliki sifat penebalan pada *grease* yang digunakan.

2.2.5 Zat Warna Dan Parfum

Kebanyakan zat warna yang dipakai oleh *grease* adalah hijau, jingga, merah dan kuning yang larut dalam *base oil*. Contoh zat warna yang dapat digunakan dalam pembuatan *grease* adalah *oil soluble analin colour*. *Grease* juga memakai bermacam-macam parfum maupun campurannya.

2.2.6 *Complexing Agent*

Asam lemak yang lebih pendek direaksikan kembali dengan logam alkali disebut *Complexing agent*. Dengan kombinasi beberapa asam lemak tersebut maka struktur sabun menjadi lebih kompleks sehingga bisa menghasilkan *grease* dengan tingkat temperatur operasi yang lebih tinggi. Semakin panjang rantai asam lemak

pada sabun akan meningkatkan konsistensi (kekerasan) *grease* yang berpengaruh pada sifat *grease* lainnya.

Penambahan *complexing agent* pada sabun lithium juga mampu mengubah *fiber structure thickener* yang berimbas pada karakteristik *grease*. Semakin panjang dan rapat stuktur 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 yang lebih besar untuk bisa menguraikan struktur serabut.

Asam dari monokarboksilat, ester. Amide atau turunan asam karboksilat dapat digunakan sebagai *complexing agent*. Berikut ini beberapa jenis *complexing agent* yang bisa digunakan pada *grease* adalah sebagai berikut :

2.2.6.1 Asam Azelat

Complexing agent dengan penggunaan paling banyak adalah asam azelat. Salah satu kelebihan utama penggunaan asam azelat adalah nilai *dropping point* > 300°C, lebih tinggi dibanding menggunakan *complexing agent* dengan rantai karbon yang lebih pendek. Hal inilah yang membuat *lithium grease* dengan *complexing agent* lebih digemari dibanding *grease* jenis lain dalam kurun dekade terakhir^[16].

Complexing agent asam azelat mempunyai kinerja yang baik pada temperatur yang rendah dan kinerja temperatur tinggi yang baik untuk *roller bearing*. Hal ini yang dibuktikan dengan pengujian perbandingan *lithium grease* dengan *complexing agent* masing-masing menggunakan asam azelat sebagai agen *complexing agent* oleh Tuszynski dkk. Asam azelat mempunyai keunggulan kerja yang lebih baik pada temperatur rendah mendekati -40°C. Keunggulan lain pengguna asam azelat yaitu minimnya efek bahaya terhadap terhadap tubuh dan lingkungan.

2.2.6.2 Asam Asetat

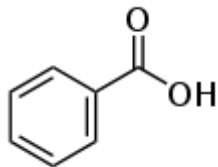
Asam asetat (CH₃COOH) merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam

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 *grease*. *Complexing agent* asam asetat ini biasanya digunakan untuk *grease* kalsium dan lithium.

2.2.6.3 Asam Benzoat

Asam Benzoat (*benzoic acid*) adalah suatu senyawa kimia dengan rumus C_6H_5COOH . 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 *benzene carboxylic acid* atau *carboxy benzene* merupakan *carboxylic acid* aromatik yang paling sederhana. Asam benzoat memiliki struktur kimia sebagai berikut :



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 *grease* yang akan digunakan untuk melumasi *conveyor*, *gear* dan *bearing*. Jadi *grease* yang menggunakan *complexing agent* asam benzoat bisa penghambat korosi pada mesin-mesin yang digunakan.

2.3 Jenis Grease

Dilihat dari bahan dasar sabun yang dipergunakan, secara umum *grease* dapat digolongkan dalam jenis-jenis sebagai berikut^{[27][4]}:

2.3.1 Grease Sabun Lithium

Grease sabun lithium dibuat menggunakan sabun lithium dengan reaksi saponifikasi lithium hidroksida dan asam 12-hidroksistearat, pada temperatur 160-250°C, tergantung pada minyak dasar dan jenis reaktor yang digunakan^[16].

Grease ini diproduksi dan dikembangkan pada masa perang dunia II. Awalnya, jenis *grease* ini harganya masih sangat mahal. Kini *grease* sabun lithium ini telah dipergunakan secara luas, bukan saja pada mesin pesawat, melainkan sudah merambah ke mesin industri ataupun otomotif, harganya pun sudah tidak lagi mahal. *Grease* sabun lithium 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 *lithium grease* paling populer dan aplikasinya luas, dimulai dari *lithium grease* EP berbasis pelumas mineral berviskositas tinggi (200-1000 mm²s⁻¹ pada 40°C) untuk aplikasi beban berat, sedangkan yang berviskositas sedang (60-120 mm²s⁻¹ pada 40°C) untuk aplikasi bantalan peluru. *Lithium grease* adalah *grease* sabun tunggal paling besar, disusul *grease* kalsium, natrium dan alumunium^{[23][10]}.

2.3.2 Grease Sabun Kalsium

Grease sabun kalsium atau *grease* lime merupakan *grease* pertama yang diproduksi secara besar-besaran. *Grease* sabun kalsium dalam melayani operasi mesin, umumnya memiliki titik lebur sekitar 80°C sampai 90°C. Sampai saat ini produksi *grease* sabun kalsium berjumlah kurang lebih separuh dari semua *grease* yang diproduksi. Menurut sejarahnya, sudah lebih lima puluh tahun jenis *grease* ini digunakan orang untuk melumasi bantalan dengan memberikan penurunan gesekan pada mesin industri dan otomotif. Jenis *grease* 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. *Grease* jenis ini bentuk sabunya memiliki serat yang sangat kecil dibandingkan dengan serat sabun *grease* lainnya, sehingga jenis *grease* ini mempunyai sifat halus dan lembut. Sifat

yang halus memberi pengaruh kepada *grease* yang dapat membantu dalam menghidupkan mesin dengan putaran lambat. Selain itu, dengan sifat ini *grease* lebih mudah didistribusikan dalam sirkuit *grease* yang ada pada mesin.

2.3.3 *Grease* 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. *Grease* 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 *grease*. *Grease* natrium ini memiliki keunggulan lebih lengket. Sabun ini sedikit diminati dan hanya direkomendasikan untuk aplikasi tertentu, yaitu untuk motor listrik. Sifat *grease* sabun natrium yang mengabsorpsi air dan membentuk emulsi minyak di dalam air ini, menjadikan daya proteksinya menjadi terbatas^{[27][23][10]}.

2.4 Pembuatan *Grease*

Hal yang paling penting pada pembuatan *grease* 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 lithium yang digunakan untuk membuat *grease*.

Berdasarkan metode yang digunakan dalam membuat *grease*, secara umum dapat dibagi dalam dua bagian besar, yaitu^{[27][4][17]}.

2.4.1 Grease Didih Atau Grease Boiled

Metode *grease* 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 *grease*. 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 *grease* yang diinginkan. Pada pembuatan *grease* dengan bahan dasar sabun aluminium atau lithium, 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 Grease Cold-Sett

Grease cold-sett dibuat melalui proses dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi. Sebagian besar *grease 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 *grease* yang dimaksud. Pembuatan *grease* ini cukup sederhana dan murah. Proses yang terjadi dalam pembuatan *grease* baik secara *grease* didih atau *grease boiled* maupun *grease cold-sett* adalah :

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

2.5 Spesifikasi Produk *Grease* Kendaraan Bermotor

Standar dan mutu *grease* kendaraan bermotor yang dipasarkan di Indonesia diatur berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 2808 K/20/MEM/2006. *Grease* kendaraan bermotor diklasifikasikan menjadi 2 kode berdasarkan penggunaannya, yaitu :

2.5.1 *Grease* Kendaraan Bermotor Kode L (LA, LB)

Grease kendaraan bermotor kode LA dan kode LB digunakan untuk melumasi kendaraan bermotor khusus bagian *chassis* kendaraan bermotor, perbedaan karakteristik *grease* kode LA dengan kode LB dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel II.7 Spesifikasi karakteristik fisika kimia *grease 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	NLGI
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 80	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spes. produsen	Visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. 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 III.2

Tabel II.8 Spesifikasi karakteristik fisika kimia *grease 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	NLGI
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 150	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spes. produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. 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 III.2

2.5.2 *Grease* Kendaraan Bermotor Kode G (GA, GB, GC)

Grease kendaraan bermotor kode GA, GB dan kode GC digunakan untuk melumasi kendaraan bermotor bagian bantalan kendaraan bermotor, perbedaan karakteristik *grease* kode GA, GB kode GC dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel II.9 Spesifikasi karakteristik fisika kimia *grease* 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	NLGI
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 80	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spes. produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. produsen	ASTM D 4628

*) dapat dilihat pada tabel III.2

Tabel II.10 Spesifikasi karakteristik fisika kimia *grease* 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	NLGI
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 175	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spes. produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. 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 III.2

Tabel II.11 Spesifikasi karakteristik fisika kimia *grease* 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	NLGI
3	<i>Dropping Point</i>	°C	Min. 220	ASTM D566
4	Warna		Sesuai spes. produsen	visual
5	Kandungan logam dan unsur lain dari pengental	% berat	Sesuai spes. 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 III.2

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 *Bahan dan Alat Penelitian*

3.1.1 Bahan Penelitian

1. *Base Oil* minyak jarak.
2. Lithium hidroksida sebagai alkali dalam pembuatan *thickener*.
3. Asam 12-hidroksistearat sebagai asam lemak dalam pembuatan *thickener*.
4. Asam benzoat sebagai *complexing agent*.

3.1.2 Alat Penelitian

1. *Overhead stirrer* digunakan untuk membuat *grease* homogen.
2. *Hot plate* digunakan untuk memanaskan lithium, asam 12-hidroksistearat dan asam benzoat.
3. Alat-alat *glas* laboratorium.
4. Timbangan Digital.
Spesifikasi timbangan yang digunakan yaitu:
 - a. Merek : Sartorius
 - b. Tipe : BP4100
 - c. Kapasitas : 4100 gram \times 0.1
5. Oven merek Labtech, kapasitas panas maksimum 300°C.
6. *High temperature dropping point apparatus* merek Koehler digunakan untuk pengujian titik leleh (*dropping point*) *grease*.
7. *Setamatic Penetrometer* merek Stanhope-Seta untuk pengujian tingkat kekerasan (penetrasi) *grease*.
8. *Shell four ball lubricant tester* merek Stanhope-Seta untuk pengujian tingkat keausan (*scar diameter*) *grease*.

3.2 *Variabel Penelitian*

3.2.1 **Variabel Tetap**

1. Waktu pengadukan selama 2 jam.
2. Temperatur pemanasan *mixing* (40 menit pertama temperatur 100°C, 40 menit kedua temperatur diturunkan menjadi 80°C, 40 menit terakhir diturunkan menjadi 60°C).
3. Homogenasi selama 2 jam.
4. Waktu pendinginan selama 8 jam.

3.2.2 **Variabel Bebas**

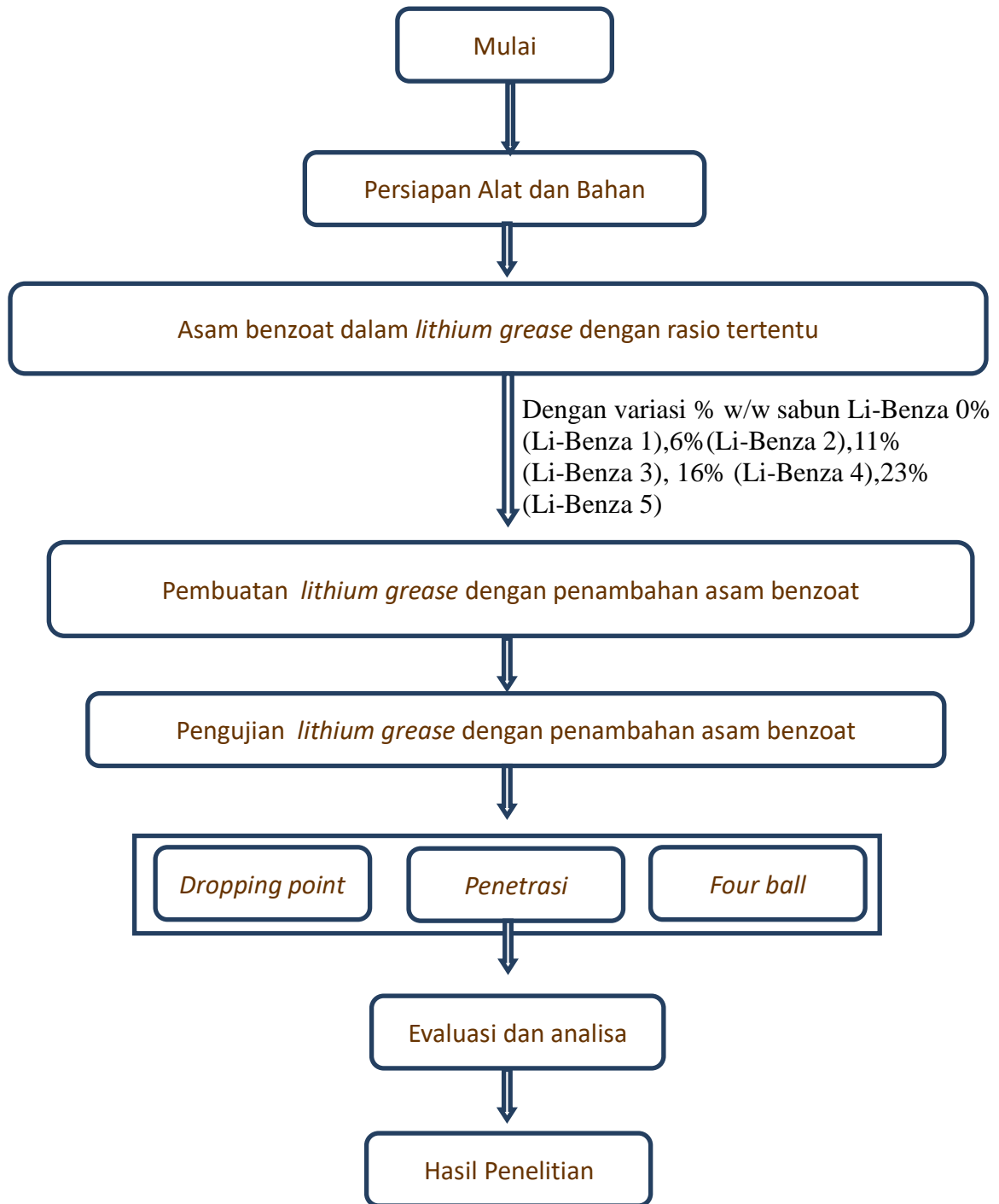
Jumlah persentase pengental adalah sekitar 15.23% w/w dari berat *grease* berdasarkan percobaan dan literatur yang ada. *Grease* campuran ini dibuat dengan variasi % berat sabun Li-benzoat 0% (Li-Benza 1), 6% (Li-Benza 2), 11% (Li-Benza 3), 16% (Li-Benza 4), 23% (Li-Benza 5).

3.2.3 **Variabel Terikat**

1. Tampilan fisik *grease* (warna)
2. Bilangan penetrasi *grease*
3. Temperatur *dropping point*
4. Ketahanan aus dan koefisien friksi

3.3 *Prosedur Penelitian*

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap perencanaan dan pelaksanaan, tahap pengolahan dan analisis data, serta tahap pengambilan kesimpulan. Prosedur penelitian disajikan dalam bentuk skema sebagai berikut:



Gambar III.1 Skema metode penelitian

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan yang akan digunakan untuk tahap pelaksanaan.

3.3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan

Material digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Lembaga Minyak dan Gas (Lemigas). Pengadaan material meliputi persiapan alat dan bahan dalam pembuatan gemuk lumas. Bahan yang digunakan yaitu lithium, asam benzoat, asam 12-hidroksistearat dan minyak jarak dengan komposisi persentase *thickener* sebesar 15,23%. Sedangkan alat yang digunakan adalah *overhead stirrer*, *hot plate*, timbangan digital, *gelas* laboratorium dan alat-alat yang digunakan untuk pengujian karakteristik dan performa *grease*.

3.3.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan penelitian terdiri dari perencanaan variasi penelitian, pelaksanaan penelitian 1 (pembuatan *grease*), pelaksanaan penelitian 2 (pengujian *grease*), perencanaan variasi penelitian dibuat untuk mengetahui jumlah variasi formula komposit yang akan dibuat berdasarkan variabel berubah yang dipilih yaitu komposisi persen berat lithium dengan *complexing agent* asam benzoat dan lithium 12-Hidroksistearat. Tabel variasi *formula grease* dapat dilihat pada tabel III.1

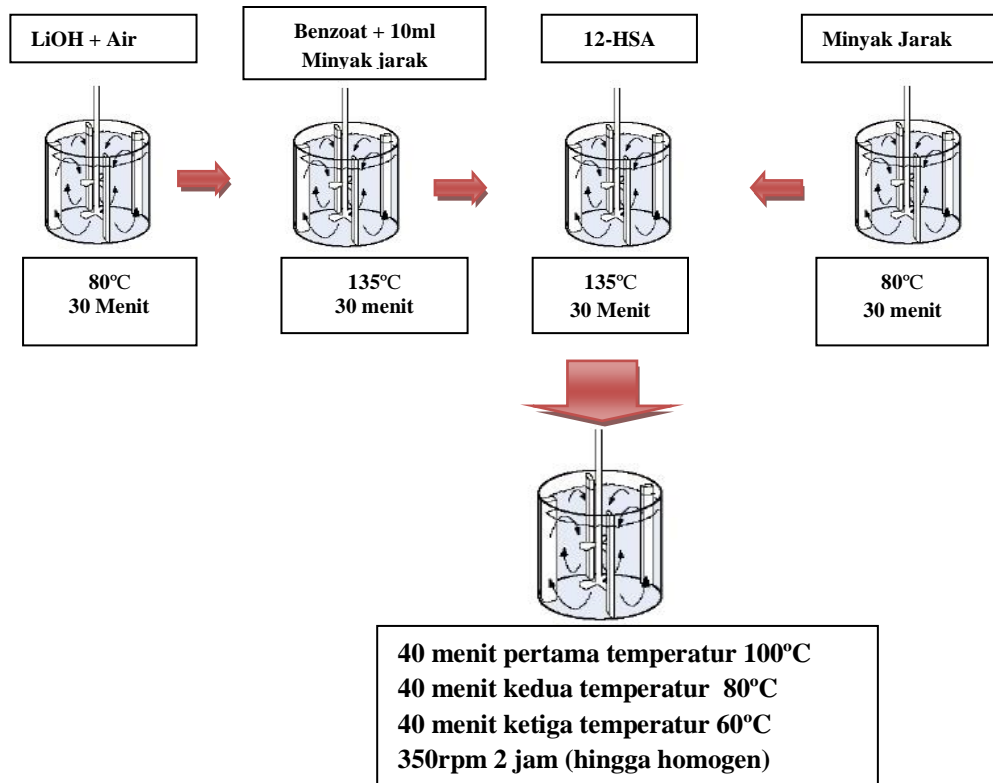
Tabel III.1 Variasi formula *grease*

Kode Sampel	15,23 % <i>Thickener</i>		Minyak Jarak 84.77(%)
	Li-Benzoat (%) w/w	Li-12 HSA (% w/w)	
Li-Benza 1	0	100	84.77
Li-Benza 2	6	94	84.77
Li-Benza 3	11	89	84.77
Li-Benza 4	16	84	84.77
Li-Benza 5	23	77	84.77

3.3.2.1 Pelaksanaan penelitian 1

Pelaksanaan penelitian pertama atau proses pembuatan *grease* dimulai dengan melakukan proses formulasi bahan-bahan yang akan dicampur menjadi satu. Kemudian dilakukan langkah berikutnya yaitu :

1. Pemanasan asam benzoat dan 12-hidroksistearat pada temperatur 135°C hingga mencair sempurna.
2. Pemanasan lithium hidroksida yang telah dicampurkan air sebanyak lima kali lipat berat lithium hidroksida pada temperatur 80°C
3. Pemanasan awal minyak jarak pada temperatur 80°C sebelum proses blending untuk mencegah rentang temperatur yang cukup ekstrim.
4. Blending *grease* dilakukan selama 120 menit sampai homogen dengan temperatur blending pada temperatur 100°C dan setiap 40 menit temperatur diturunkan sebesar 20°C (*Blending grease* pada lampiran gambar point 1) .



Gambar III.2 Proses pembuatan *lithium grease* dengan penambahan asam benzoat

3.3.2.2 Pelaksanaan penelitian 2

Pelaksanaan penelitian 2 yaitu pengujian *grease* atau karakterisasi hasil pembuatan *lithium grease* dengan *complexing agent* asam benzoat dilakukan dengan pengujian karakteristik *grease* tersebut melalui uji laboratorium dengan beberapa parameter uji, yaitu :

3.3.2.2.1 *Dropping Point* ASTM D 566

Dropping point atau titik jatuh adalah temperatur dimana *grease* mulai mencair dan terlepas ikatannya antara minyak dengan *thickener*-nya. Untuk parameter *dropping point*, target hasil yang diharapkan adalah $\geq 183^{\circ}\text{C}$, *dropping point* tidak menunjukkan batasan maksimum temperatur kerja *grease*, dimana pada umumnya temperatur kerja *grease* jauh lebih tinggi dari *dropping point*-nya. Analisa *dropping point* dilakukan sesuai metode ASTM D 566 (Uji *dropping point* pada lampiran gambar point 2).

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

1. *Grease* 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 *grease* 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 *grease*.
6. Dilakukan pengambilan nilai temperatur yang ditunjukkan kedua termometer ketika terjadi tetesan *grease* pertama. Kemudian kedua nilai tersebut dijumlahkan dan dirata-ratakan.



(a)

(b)

Gambar III.3 Alat uji *dropping point* (a) manual, (b) otomatis

3.3.2.2.2 Penetrasi (*Penetration*) ASTM D 217

Pengukuran penetrasi dilakukan untuk menunjukkan tingkat kekerasan atau *consistency grease*, dengan menggunakan *one quarter scale cone equipment*, seperti terlihat dalam gambar III.4. Seperti halnya tingkat kekentalan untuk minyak lumas, untuk *grease* dinyatakan dalam kekerasan atau *consistency*, pengelompokannya ditentukan oleh *National Lubricating Grease Institute* (NLGI).

NLGI adalah tingkat kekerasan *grease* setelah *work Penetration* pada temperatur $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ seperti terlihat pada tabel, kekerasan *grease* dibagi menjadi 9 tingkat kekerasan, dari tingkat kekerasan 000 sampai tingkat kekerasan 6 berdasarkan ASTM D217 atau D1403, dimana makin besar angka NLGI, maka makin keras *grease* tersebut. Prosedur kalibrasi dilakukan sebagai berikut (Uji *penetration* pada lampiran gambar point 3) :

1. Wadah penguji, *cup sample* dan *cone penetration* dibersihkan dengan menggunakan *wash benzene*.
2. Padatkan sampel dan ratakan.
3. Atur skala alat penetrometer ke posisi nol.
4. Jatuhkan *spindle* tepat di tengah wadah penguji.
5. Setelah didapatkan hasil, masukan dalam excel untuk mendapatkan garis linier (kalibrasi), serta lakukan 5-6 kali untuk mendapatkan hasil yang presisi.

Prosedur Pengujian dilakukan yaitu:

- a) Sebelum diuji *grease* terlebih dahulu diberikan usaha, baik itu ditekan atau dikocok dengan menggunakan alat yang disebutin “*grease worker*” sebanyak 60 kali dalam 1 menit.
- b) *Grease* yang dihasilkan ditempatkan kedalam wadah penguji.
- c) Ujung kerucut dari penetrometer dibiarkan jatuh masuk (penetrasi) ke dalam permukaan *grease* selama 5 detik.
- d) Nilai penetrasi, yaitu kedalaman masuknya penetrometer dapat diketahui.

Tabel III.2 Klasifikasi *grease* menurut NLGI^[21]

Number NLGI	ASTM Worked penetration 0,1 mm (3.28 x 10 ⁻⁴ ft) at 25°C (77°F)	Konsistensi
000	445 – 475	Semi fluida
00	400 – 430	Semi fluida
0	335 – 385	Sangat lunak
1	310 – 340	Lunak
2	265 – 295	<i>Grease</i> umum
3	220 – 250	Semi keras
4	175 – 205	Keras
5	130 – 160	Sangat keras
6	85 – 115	Padat

Sumber : Rondang tambun., 2006



Gambar III.4 Alat uji penetrometer

3.3.2.2.3 *Four Ball* ASTM D 2266

Metode uji ini mencakup penetapan karakteristik kemampuan mencegah terjadinya keausan dari *grease*, 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 *grease*. Tiga bola baja berdiameter ½ inci dijepit menjadi satu dan diberi *grease* uji. Sebuah bola keempat berdiameter ½ inci dipasang di atasnya, menekan ketiga bola di bawahnya dengan gaya 40 kgf. Temperatur *grease* uji dikondisikan pada temperatur 75°C, kemudian bola bagian atas diputas dengan kecepatan 1200 rpm selama 60 menit. Karakteristik pencegahan keausan dari *grease* kemudian dibandingkan dengan membandingkan luka goresan rata rata yang terdapat pada ketiga bola uji tersebut (Uji *four ball* pada lampiran gambar point 4).

Prosedur pengujian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Membersihkan bola uji yang akan digunakan dengan *wash benzene* dan *acetone*, lalu dikeringkan.
2. Menimbang berat bola.
3. Meletakkan setengah bagian cup bola dengan *grease* lalu letakkan ketiga bola diatas permukaan *grease* lalu lapiasi bola uji dengan *grease* 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 *grease* 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 (Analisis *scar diameter* pada lampiran gambar point 5).



Gambar III.5 Alat uji *four ball*

3.4 Tahap Pengolahan Data dan Analisis Data

Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengolahan data kuantitatif terhadap variabel respon yaitu sifat mekanik komposit yang dilakukan saat pelaksanaan penelitian 1 sampai dengan pelaksanaan penelitian 2 Pengolahan data ini dilakukan setelah data terkumpul yang diperoleh dari seluruh instrumen penelitian hasil observasi, catatan lapangan, lembar pengujian, dan data hasil tersebut kemudian dibaca, dipelajari dan ditelaah. Langkah pengolahan data yang dilakukan melalui tiga langkah, yaitu:

3.4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperoleh di lapangan dicatat atau direkam dalam bentuk naratif, yaitu uraian data yang diperoleh dari lapangan apa adanya tanpa adanya komentar atau catatan kaki. Perolehan data diambil dari seluruh instrumen penelitian

yang digunakan seperti hasil observasi, catatan lapangan, dan lembar pengujian sifat fisika kimia dan semu unjuk kerja *grease*.

3.4.1.1 Reduksi Data

Reduksi data merupakan prosedur pemilihan, pemusatan perhatian pada penyederhanaan, pengabstrakan dan transformasi data kasar yang muncul dari seluruh instrumen penelitian menjadi informasi hasil tindakan.

3.4.1.2 Penyajian Data

Pada langkah ini penyajian data yang digunakan adalah dalam bentuk paparan naratif dan representatif *line chart*.

Berdasarkan data yang sudah disajikan tersebut kemudian dilakukan analisis data. Analisis data biasanya dilakukan pada tahap akhir penelitian untuk menjawab pertanyaan penelitian, namun demikian untuk kepentingan tertentu analisis data dapat dilaksanakan beriringan dengan pengolahan data di setiap selesainya pengujian sifat fisika kimia dan semi unjuk pada *grease*.

3.5 Tahap Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan merupakan upaya memaknai data yang disajikan dengan mencermati pola-pola keteraturan penjelasan, konfigurasi, dan hubungan sebab akibat. Dalam melakukan penarikan kesimpulan, perlu diamati data-data yang disajikan dan penjelasan terkait dari literatur yang diperoleh seperti karakteristik material yang digunakan dan kondisi operasi optimum yang dilakukan. Kesimpulan awal yang dikemukakan masih bersifat awal, karena berubah atau tidaknya kesimpulan bergantung pada bukti di lapangan.

Format kesimpulan yang diambil dalam bentuk analisis kuantitatif nilai maksimum dan minimum masing-masing pengujian yang berasal dari sajian data, hal ini dimaksudkan untuk mendukung analisis data sehingga dapat diketahui pengaruh yang terjadi terhadap sifat yang dihasilkan akibat variasi berat *thickener* dan

complexing agent yang ditambahkan. Dijabarkan pula nilai optimum yang dapat digunakan sebagai aplikasi tujuan pembuatan komposit tersebut.

3.6 *Jadwal Penelitian*

Penelitian dilakukan di LEMIGAS Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (PPPTMGB), Jalan Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230 Jakarta. Penelitian ini berlangsung dari bulan Maret sampai dengan bulan April 2016.

Tabel III.3 Jadwal kegiatan penelitian

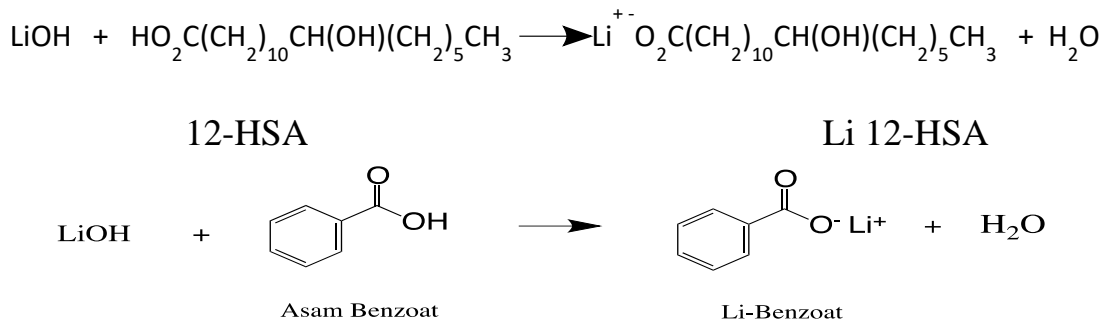
No	Uraian	Maret				April				Mei			
		Minggu ke-											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
1	Persiapan Penelitian	■											
2	Pengadaan Bahan		■										
3	Perencanaan Variasi Penelitian			■									
4.	Pelaksanaan Penelitian I (pembuatan <i>grease</i>)				■	■	■						
5	Pelaksanaan Penelitian II (pengujian <i>grease</i>)							■	■				
6	Pengolahan Data dan Analisis Data										■		
7	Penyusunan Laporan											■	■

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Penggunaan *Complexing Agent* Asam Benzoat Terhadap Tampilan Fisik *Lithium grease*


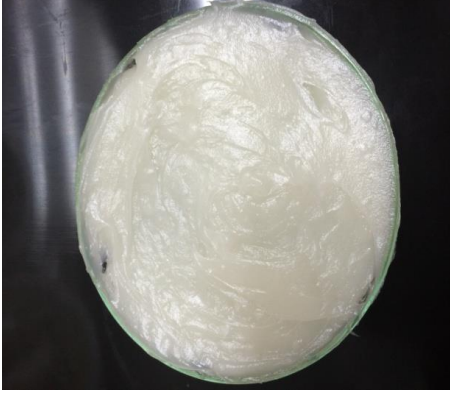
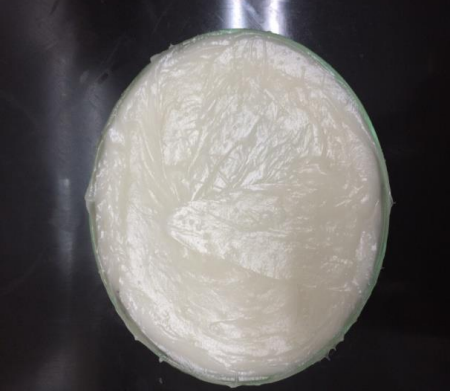
Grease sabun lithium merupakan *grease* sabun sederhana yang banyak digunakan untuk aplikasi tujuan umum dimana temperatur tidak melebihi 130°C (266°F). *Grease* dengan pengental lithium hidrosistearat hasil formulasi lithium bersama asam 12-hidrosistearat telah dianggap sebagai salah satu yang bekinerja baik, memiliki kemampuan menahan air dan mencegah terjadinya karat pada permukaan logam. Penambahan *complexing agent* pada sabun lithium mampu mengubah *fiber stuktur thickener* yang berimbas pada karakteristik *grease*.

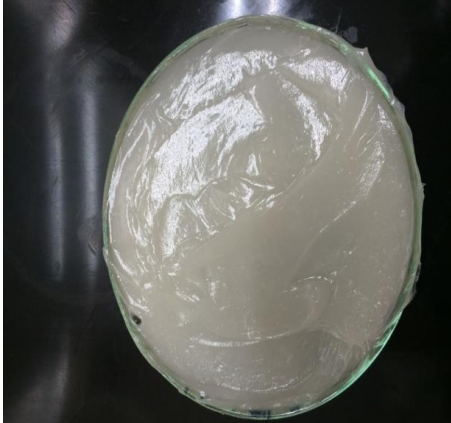

Reaksi penyabunan dari lithium hidroksida, asam 12-hidrosistearat dan benzoat dengan reaksi sebagai berikut:



Gambar IV. 1 Reaksi penyabunan dari lithium hidroksida, asam 12-hidrosistearat dan asam benzoat

Tampilan fisik *grease* adalah parameter pertama yang diamati pada *grease* yang dihasilkan pada penelitian kali ini. Hal paling utama yang diamati adalah tekstur *grease* tersebut, apakah *grease* tersebut, lembut, semi solid, atau keras. Berikut ini merupakan tekstur *grease* yang dihasilkan dari variasi *complexing agent* yang telah dilakukan.

Gambar	Keterangan
 <p data-bbox="342 772 800 810">Gambar IV.2a Grease Li-Benza 0%</p>	<ul data-bbox="922 422 1382 751" style="list-style-type: none"> • <i>Lithium grease</i> konvensional • Tanpamenggunakan <i>complexing agent</i> • Warna putih susu • Tekstur semi solid
 <p data-bbox="342 1203 800 1241">Gambar IV.2b Grease Li-Benza 6%</p>	<ul data-bbox="922 894 1382 1150" style="list-style-type: none"> • <i>Lithium grease</i> dengan 6% asam benzoat • Warna putih terang • Tekstur semi solid
 <p data-bbox="342 1633 800 1671">Gambar IV.2c Grease Li-Benza 11%</p>	<ul data-bbox="922 1283 1328 1539" style="list-style-type: none"> • <i>Lithium grease</i> dengan 11% asam benzoat • Warna putih terang • Tekstur Lembut

 <p>Gambar IV.2d Grease Li-Benza 16%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lithium grease</i> dengan 16% asam benzoat • Warna putih terang • Tekstur Lembut
 <p>Gambar IV.2e Grease Li-Benza 23%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lithium grease</i> dengan 23% asam benzoat • Warna putih terang • Tekstur Lembut

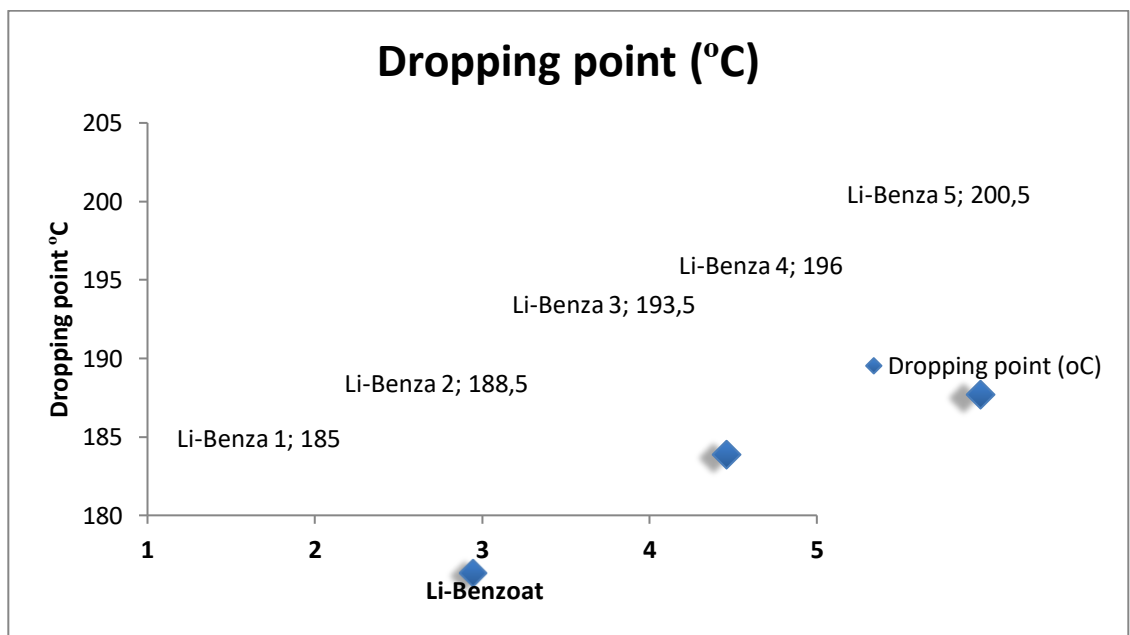
Gambar IV. 2 Uji tampilan fisik grease

Dari gambar IV.2 pengamatan kualitatif yang dapat dilihat dari pengaruh penambahan asam benzoat adalah perubahan warna dan tekstur *grease* yang cukup dilihat dengan mata telanjang. Dilihat dari warna, penambahan asam benzoat membuat *grease* berwarna putih terang.

Penambahan *complexing agent* membuat *grease* semakin lembut terutama pada 11%, 16% dan 23% penambahan asam benzoat. Hal ini dipengaruhi oleh mekanisme pemerangkapan *base oil* dalam *grease* melalui skema seperti spons. Pemerangkapan tersebut terjadi karena interaksi *thickener* dan *base oil*, efek kapiler, serta interaksi sabun lithium 12-hidroksistearat. Semakin banyak *complexing agent* yang ditambahkan (asam benzoat), semakin lembut *grease* yang dihasilkan.

4.2 Pengaruh *Complexing Agent* Asam Benzoat Terhadap *Dropping Point Lithium grease*

Pada uji ini akan dilihat pengaruh *complexing agent* asam benzoat terhadap *dropping point grease* yang dihasilkan. Pada kondisi *dropping point*, *grease* akan mulai mencair karena struktur *grease* yang mulai tercerai berai. Pengaruh *complexing agent* terhadap hasil uji *dropping point* dari *grease* dapat dilihat pada gambar IV.3.



Gambar IV.3 Pengaruh *complexing agent* asam benzoat terhadap *dropping point lithium grease*

Lithium grease konvensional (tanpa *complexing agent*) yang didapat memiliki *dropping point* 185°C. Seiring dengan penambahan *complexing agent*, maka *dropping point* akan meningkat.

Hasil *dropping point* menunjukkan bahwa setiap penambahan *complexing agent* pada *lithium grease* meningkatkan temperatur *dropping point* pada *grease*. Peningkatan ini ada karena terjadinya reaksi antara sabun konvensional dan *complexing agent* yang ditambahkan, sehingga matriks ikatan pada *lithium grease* kompleks menjadi lebih kuat untuk memerangkap *base oil*, dan akan dibutuhkan

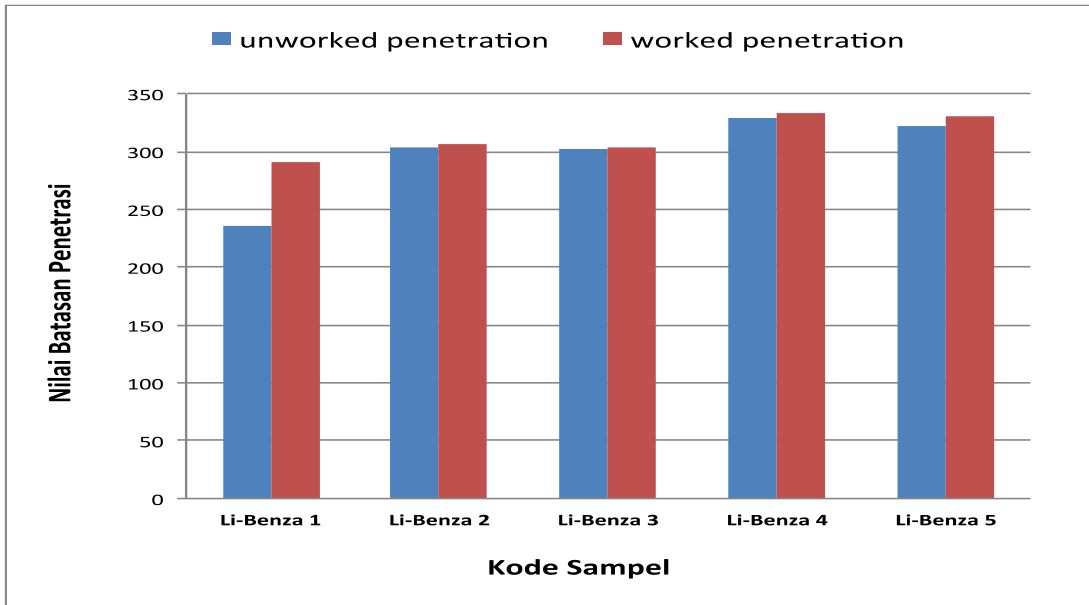
energy yang lebih untuk memutuskan matriks ini, akan tetapi masih belum mencapai temperatur maksimum dari penambahan *complexing agent*. Hal ini dapat dilihat dari temperatur *dropping point* yang mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan persentase *lithium grease* dengan *complexing agent* asam benzoat, mulai dari persentase 0% hingga 23% *dropping point* yang dihasilkan berkisar antara 185-200.5°C. Penggunaan *complexing agent* asam benzoat pada *lithium grease* memberikan hasil *dropping point* yang signifikan dengan terjadinya kenaikan temperatur, sehingga asam benzoat dikatakan *compatible* sebagai *complexing agent* untuk *lithium grease* berbasis minyak jarak.

4.3 Pengaruh *Complexing Agent* Asam Benzoat Terhadap Tingkat Kekerasan Dan Konstitensi *Lithium grease*

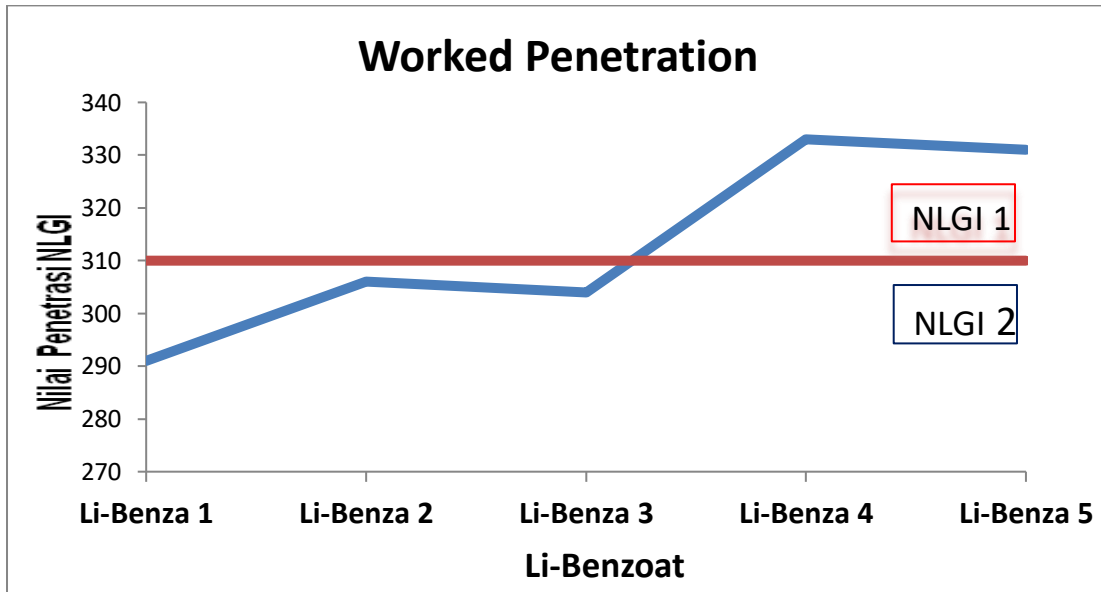
Tingkat kekerasan *grease* diukur dengan melakukan penetrasi sebelum dan sesudah perlakuan kerja yang diterima oleh *grease*. Penetrasi sesudah perlakuan kerja (*worked penetration*) dimaksudkan untuk melihat tingkat kekerasan *grease* sesuai dengan kelas NLGI.

Hal ini digunakan konsumen untuk menyesuaikan tingkat kekerasan *grease* dengan kebutuhan mesin yang akan diberi *grease*. Sedangkan sebelum perlakuan kerja (*unworked penetration*) dimaksudkan sebagai nilai awal untuk mengukur perubahan tingkat kekerasan *grease* yang dimaksudkan untuk melihat kestabilannya.

Pengaruh penggunaan *complexing agent* asam benzoat terhadap kekerasan *grease* serta konsistensinya dapat dilihat grafik pada gambar IV.4 dan gambar IV.5 di bawah ini.



Gambar IV. 4 Pengaruh *complexing agent* asam benzoat terhadap kekerasan *unworked* dan *worked lithium grease*

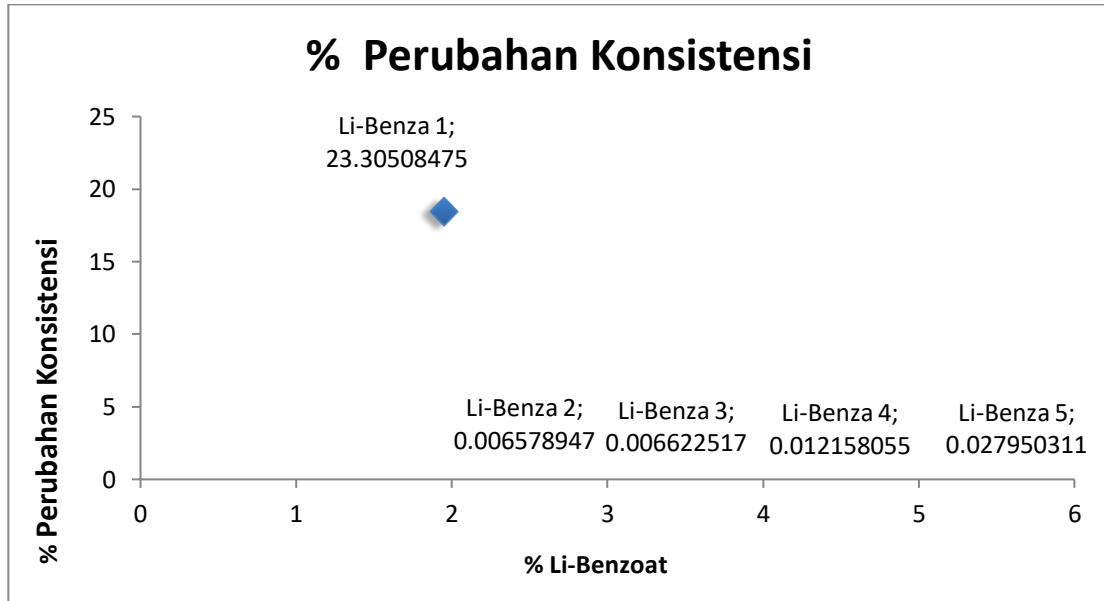


Gambar IV.5 Pengaruh *complexing agent* asam benzoat terhadap kekerasan *worked lithium grease*

Berdasarkan grafik diatas, penggunaan *complexing agent* asam benzoat dalam *grease* nabati mempengaruhi tingkat kekerasan *grease* (*worked penetration*). Li-Benza 1-3 menunjukkan nilai batasan *worked* penetrasi antara 290-310, namun Li-Benza 4-5 menunjukkan nilai batasan *worked* penetrasi lebih dari 310. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *complexing agent* berupa asam benzoat pada *lithium grease* akan membuat kekerasannya berkurang.

Dan hal tersebut juga bisa terjadi akibat berkurangnya persen 12-HSA yang digantikan oleh benzoat, semakin besar jumlah asam benzoat ditambahkan maka semakin kecil jumlah 12-HSA. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa jumlah 12-HSA dalam sabun lithium lebih mempengaruhi tingkat kekerasan *grease*. Semakin banyak komposisi 12-HSA yang di tambahkan maka semakin keras *grease* yang dihasilkan.

Setelah *grease* dikenakan perlakuan kerja, tingkat kepadatannya (teksturnya) berubah. Data hasil *work penetration* menunjukkan perubahan tingkat kepadatandikarenakan matrix pada *grease* akan menyerap oli dan melepaskannya untuk menciptakan daya pelumasan ketika terkena beban/kerja, sehingga *grease* akan mengalami perubahan tingkat kepadatan. Besarnya perubahan tekstur *grease* dapat dihitung dengan menggunakan persentase perubahan nilai kekerasan. Semakin kecil persentase perubahan nilai maka *grease* akan semakin stabil. Persentase perubahan konsistensi *grease* dapat dilihat pada gambar IV.6.



Gambar IV.6 Pengaruh *complexing agent* asam benzoat terhadap % perubahan konsistensi *lithium grease*

Berdasarkan data persentase perubahan tekstur *grease*, penambahan asam benzoat pada *lithium grease* mengakibatkan turunnya persentase perubahan konsistensi secara signifikan dari 23% pada *grease* tanpa asam benzoat hingga mencapai 0.0065% Li-Benza 1. Perhitungan % perubahan konsistensi dapat dihasilkan dengan rumus:

$$\% \text{ Perubahan Konsisten} = \frac{\text{work penetration} - \text{unwork penetration}}{\text{unwork penetration}} \times 100\%$$

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan asam benzoat mampu meningkatkan kestabilan konsistensi *grease* nabati. Namun, semakin banyak asam benzoat ditambahkan (komposisi Li-Benzoat >11%) mengakibatkan tingkat kestabilan semakin *grease* menurun. Penambahan komposisi benzoat yang pas pada 6% dan 11 % membuat kestabilan *lithium grease* sangat baik.

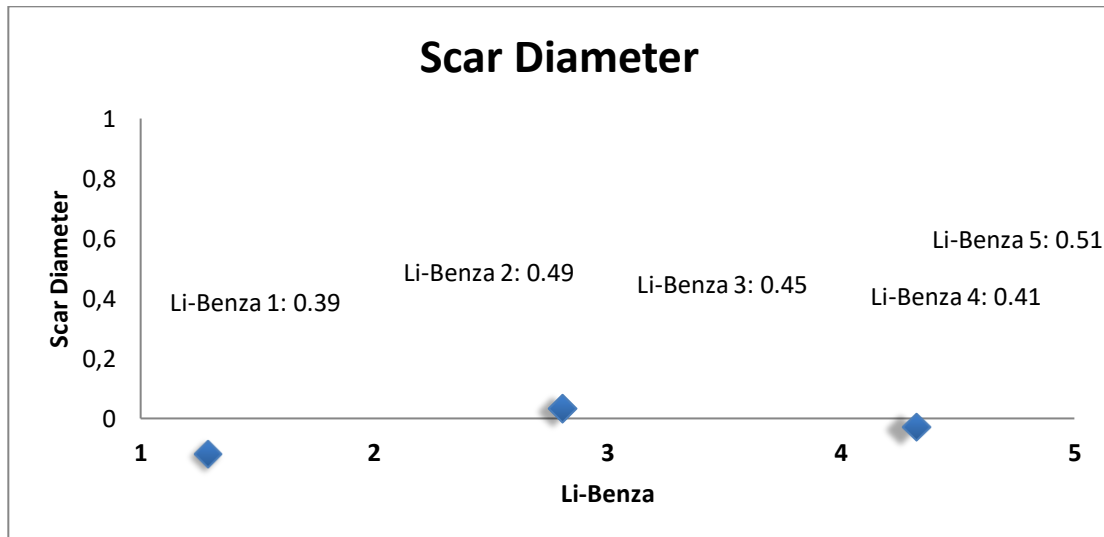
4.4 Pengaruh Penambahan *Complexing Agent* Asam Benzoat Terhadap Uji *Four Ball Lithium grease*

Uji *four ball* digunakan untuk mengetahui tingkat ketahanan aus *grease*. Semakin rendah (mg) keausan bola baja yang didapat semakin baik sifat anti-aus *grease*. Berdasarkan hasil uji karakteristik *grease* pada tabel IV.1 penambahan *complexing agent* memberikan hasil *scar diameter* uji performa *grease* dengan metode *four ball* seperti terlihat pada gambar IV.7.



Gambar IV.7 Hasil *scar diameter* pada *grease*

Rasio pencampuran asam benzoat dalam *grease* memberikan hasil yang berbeda pada uji *four ball* terhadap *grease*. Namun, perbedaan ini tidak menunjukkan nilai yang signifikan. Perbedaan hasil hanya dipengaruhi oleh proses pengulangan pada saat pengujian (*repeatability*), sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan komposisi sabun pada *lithium grease* benzoat tidak mempengaruhi besarnya keausan yang ditimbulkan pada permukaan logam.



Gambar IV.8 Pengaruh *complexing agent* asam benzoat terhadap uji *four ball lithium grease*

Secara keseluruhan, hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan asam benzoat sebagai *complexing agent*, mampu meningkatkan karakteristik *grease* dalam hal ini nilai *dropping point* dan kestabilan konsistensi, meskipun belum didapat hasil yang optimal pada formulasi *grease* 0%, 6%, 11%, 16%, dan 23%. Disamping itu, penambahan asam benzoat tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik *grease* dalam pencegahan keausan. Di lain pihak penambahan asam benzoat sebesar >16% w/w dapat menurunkan tingkat konsistensi *grease*.

Tabel IV.1 Hasil pengujian karakteristik *lithium grease* dengan *complexing agent* asam benzoat

Karakteristik	Hasil Uji				
	Li-Benza 1 0% (Asam Benzoat)	Li-Benza 2 6% (Asam Benzoat)	Li-Benza 3 11% (Asam Benzoat)	Li-Benza 4 16% (Asam Benzoat)	Li-Benza 5 23% (Asam Benzoat)
<i>Dropping Point</i> (°C)	185	188.5	193.5	196	200.5
<i>Unworked Penetration</i>	236	304	302	329	322
<i>Worked Penetration</i>	291	306	304	333	331
Kelas NLGI	2	2	2	1	1
Perubahan Konsistensi (%)	23.3050	0.0065	0.0066	0.0121	0.0279
<i>Scar diameter</i> (by Four ball)	0,39	0.49	0.45	0.41	0.51

Dari tabel di atas menunjukkan hasil pengujian karakteristik *lithium grease* dengan *complexing agent* asam benzoat. Seperti pada uji *dropping point* menunjukkan kenaikan secara signifikan pada tiap penambahan *complexing agent* asam benzoat, dengan hasil maksimum temperatur 200.5°C. Pada uji penetrasi, didapatkan konsistensi *lithium grease* dengan *worked penetration* NLGI grade 2 dan 1 yang diklasifikasikan *lithium grease* menurut NLGI^[21] tabel III.2. Dan untuk perubahan konsistensinya mencapai 0,0065%, sedangkan pada uji *four ball* hasil *scar diameter* tidak menunjukkan adanya pengaruh penambahan asam benzoat sebagai *complexing agent*, dengan tidak stabilnya nilai *scar diameter* yang didapatkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang di sajikan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut :

1. Penambahan asam benzoat sebagai *complexing agent* memberikan pengaruh terhadap karakteristik *lithium grease* dengan *base oil* minyak jarak yang dihasilkan. Pada penambahan konsentrasi asam benzoat mampu menghasilkan tingkat konsistensi NLGI 1-2 dan titik jatuh yang meningkat dari 185-200,5°C.
2. Karakteristik dan performa yang optimal adalah pada *lithium grease* dengan penambahan 11% asam benzoat, yang menghasilkan tingkat konsistensi NLGI *grade 2*, titik jatuh 193,5°C dan *scar diameter* 0.45 mm. karakteristik dan performa dari *lithium grease* ini telah memenuhi spesifikasi karakteristik fisika kimia *grease* bantalan kendaraan bermotor yang berlaku.

5.2 Saran

Saran yang dapat kami berikan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut diantaranya :

1. Sebaiknya penelitian ini dapat dilanjutkan kembali dikarenakan penambahan komposisi asam benzoat belum mencapai temperatur maksimal (temperatur >200°C).
2. Penelitian lanjutan perlu dikembangkan untuk menunjukkan asam benzoat sudah tidak lagi efektif ditambahkan pada *lithium grease* dengan *base oil* minyak jarak.
3. Alat yang gunakan untuk pengujian hendaknya di periksa atau dipastikan dapat digunakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asadauskas, S., (1997). *Oxidative degradation of fluids based on synthetic and natural esters*.
2. Barriga JA (2006), "*Sunflower based grease for heavy duty applications*", *Mecanica, Exp.*, 13, pp: 129-133.
3. Booser E.R. (1992) "*Handbook of Lubrication*" Volume II, (8th ed). Boca Raton: CRC Press, Inc.
4. Caines, A.J. dan R.F. Haycock, 1996. *Automotive Lubricants Reference Book*. Society of Automotive Engineers, Inc., USA.
5. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and 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, 201*.
6. Guthrie, V.B., 1960, *Petroleum Product Handbook*, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
7. Khosari, Javad (2007). "9: Results". "*Production Of Lithium Peroxide And Lithium Oxide In An Alcohol Medium*". ISBN 978-0-494-38597-5.
8. Konzman(2000), "*Grease Composition*". United States Patent 6063742.
9. Kirk, R.E dan Othmer D.F. (1993)., *Encyclopedia of Chemical Technology*, Volume: 5. The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
10. Lansdown A.R. (2004), "*Lubrications and Lubricant Selection*", a Practical Guide, 3rd Edition, Professional Enggineering Published Limited, Suffolk, UK, pp: 128-131.

11. Leslie R. Rudnick, (2006), "*Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants*" 459, ISBN 1-57444-723-8, Pennsylvania, USA, pp: 3-5.
12. Lide, David R., ed. (2006), "*CRC Handbook of Chemistry and Physics*" (87th.ed.). Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 0-8493-0487-3.
13. Ludema, K.C. (1996). *Friction, wear, lubrication: a textbook in tribology*. CRC press.
14. 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.
15. Maysaroh (2013), "Sintesis Asam Azelat Dari Risinolet Yang Terkandung Dalam Minyak Jarak, Castro oil".
16. Mortier, R.M., Fox, M.F., Orzulik, S.T., (2010), (ed), "*Chemistry and Techonology of Lubricant 3rd*". Spinger, London, pp: 413-414.
17. Pakan, T.S. (1991), "Gemuk Pelumas (Grease)", PPPTMGB "LEMIGAS", Jakarta.
18. Patterson, HBW. (1994), "*Handling and Storage of Oilseeds*". Oils, Fats and Meal. Elsevier Applied Science, London.
19. 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.
20. Raab M.J. and Sibtain H. (2003), "*lubricant Additives Chemistry and Application, Additives for Food-Grade Lubricant Applicants*". New York. Marcel Dekker, Inc., ISBN: 0-8247-0857-1.
21. Rondang, T., (2006). Buku Ajar Teknologi Oleokimia, Medan.
22. 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.

23. Theo Mang & Wilfried Dresel, (2007), "Lubricants and Lubrication", 2nd Edition, Wiley-VCH, Weinheim, pp: 648-658.
24. 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.
25. Tri Purnami (2013), Laporan Penelitian "*Pembuatan Bahan Thikener Asam 12- Hidrosistearat Berbasis Minyak Jarak*", PPPTMGB Lemigas.
26. 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.
27. Wartawan, L.A., 1998, "*Pelumas Otomotif dan Industri*", Balai Pustaka, Jakarta.
28. Wiggins (1997), "Biodegradable vegetable oil grease". US Pat No 5,595,965
29. Yousif, A.E (1982)., "*Rheological Propertis of Lubricating Greases Wear*", 82 (13) pp: 13-25.

LAMPIRAN



Gambar 1. Proses *Blending Grease*



Gambar 2. Pengujian *Dropping Point*



Gambar 3. Pengujian *Penetrasi*



Gambar 4. Pengujian *Four Ball*



Gambar 5. Analisis *Scar Diamter*