



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN GEMUK BIO CAMPURAN Li-Ca 12HSA
ASETAT KOMPLEKS MENGGUNAKAN *BASE OIL*
MINYAK SAWIT TEREPOKSIDASI**

SKRIPSI

EVA HERAWATI HUTAGAOL

0906604514

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN GEMUK BIO CAMPURAN Li-Ca 12HSA
ASETAT KOMPLEKS MENGGUNAKAN *BASE OIL*
MINYAK SAWIT TEREPOKSIDASI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

EVA HERAWATI HUTAGAOL

0906604514

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**PEMBUATAN GEMUK BIO CAMPURAN Li-Ca 12HSA
ASETAT KOMPLEKS MENGGUNAKAN *BASE OIL*
MINYAK SAWIT TEREPOKSIDASI**

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik di Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, yang mana bukan merupakan tiruan ataupun duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 9 Juli 2012



Eva Herawati Hutagaol

0906604514

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Eva Herawati

NPM : 0906604514

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : Pembuatan Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks Menggunakan *Base Oil* Minyak Sawit Terepoksidasi.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.Ir. Sukirno, M.Eng.

()

Penguji I : M. Ibadurrohman, ST., MT., Msc. Eng.

()

Penguji II : Bambang Heru S., ST., MT.

()

Penguji III : Dr. Muhammad Sahlan, Ssi., M. Eng

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 4 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan penyertaan-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini berhasil diselesaikan berkat bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Sukirno, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi pengarahan dan diskusi serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik;
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa selalu mendoakan dan memberikan dukungan, baik moril maupun materil;
3. Teman – teman di TeKim eks'09 khususnya Evi S. Panggalo dan Ernawati serta sahabat-sahabat saya “Geng Canabis”, Baritha Gloria dan Baritha Haleluya yang tetap memberi dukungan dan semangat;
4. Rizky Aulia, rekan satu bimbingan yang saling membantu dalam pencarian referensi serta bertukar wawasan dan informasi;
5. Mang Izal yang telah banyak membantu ketika peralatan yang digunakan bermasalah dan membantu dalam perancangan alat;
6. Semua pihak yang telah membantu penyusunan makalah skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa makalah skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini mampu memberikan manfaat bagi para pembaca serta dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Depok, 9 Juli 2012

Eva Herawati Hutagaol

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Eva Herawati Hutagaol
NPM : 0906604514
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PEMBUATAN GEMUK BIO CAMPURAN Li-Ca 12HSA
ASETAT KOMPLEKS MENGGUNAKAN *BASE OIL*
MINYAK SAWIT TEREPOKSIDASI**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 9 Juli 2012

Yang menyatakan



(Eva Herawati Hutagaol)

ABSTRAK

Nama : Eva Herawati Hutagaol
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pembuatan Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks Menggunakan *Base Oil* Minyak Sawit Terepoksidasi.

Pada penelitian ini, telah dibuat gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks menggunakan *base oil* minyak sawit terepoksidasi dengan *thickening agent* Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Kalsium 12HSA Asetat Kompleks. Komposisi *thickening agent* divariasikan untuk mendapatkan gemuk dengan tingkat konsistensi NLGI 2 (multipurpose), sifat tahan terhadap suhu dan yang tinggi air serta sifat anti aus yang baik. Gemuk bio campuran ini dibuat 2 jenis yaitu perbandingan antara lithium asetat/lithium stearat maupun kalsium asetat/kalsium stearat sebesar 3:1 (Gemuk Bio Campuran A) dan 5:1 (Gemuk Bio Campuran B). Gemuk bio campuran ini dibuat melalui reaksi saponifikasi 2 tahap yaitu pada suhu 125°C dan 200°C. Gemuk bio campuran ini dilakukan pengujian meliputi uji sifat fisika-kimia dan uji performa gemuk. Gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang diperoleh memiliki *dropping point* 339°C (@NLGI 2), jumlah keausan sebesar 0.4 mg pada persentase kalsium 12HSA Asetat Kompleks 35% atau persentase lithium 12HSA Asetat Kompleks 65% sedangkan nilai *water wash out* masih berada antara gemuk bio tunggal Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan gemuk bio tunggal Kalsium 12HSA Asetat Kompleks.

Kata kunci : Gemuk bio Lithium/Calsium, Sabun Campuran

ABSTRACT

Name : Eva Herawati Hutagaol
Study Program : Chemical Engineering
Title : Synthesis of Bio Grease Li-Ca 12HSA Acetate Complex By Using Palm Oil Epoxidized

In this research, making a mixture of bio grease Li-Ca 12HSA Acetate complex using epoxidized palm oil base oil with a thickening agent Lithium 12HSA Acetate Complex and Calcium 12HSA Acetate Complex. Thickening agent composition was varied to get grease with the consistency of NLGI 2 (multipurpose), high temperature, resistant water high and a good anti-wear. Bio grease mixture was made 2 types of comparisons between the lithium acetate / lithium stearate or calcium acetate / calcium stearate of 3:1 (Bio Grease Mixture A) and 5:1 (Bio Grease Mixture B). Bio Grease Mixture reaction was prepared by saponification two stages, at a temperature of 125°C and 200°C. This mixture of bio grease do testing properties of physical-chemical and performance. Bio grease Li-Ca mixture have dropping point 339°C (@ NLGI 2), antiwear 0.4 mg of the percentage calcium 12HSA Acetate Complex 35% or the percentage of lithium 12HSA Acetate Complex 65% while the value of wash out water between bio grease Lithium 12HSA Acetate Complex and bio grease Calcium 12HSA Acetate Complex.

Keyword: Bio Grease Lithium/Calcium, Mixed Soap

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR PERSAMAAN REAKSI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Perumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Pembatasan Masalah	3
I.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Gemuk Pelumas	5
II.2 Gemuk Bio <i>Foodgrade</i>	5
II.3 Bahan Dasar Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks	6
II.3.1 <i>Base Oil</i> Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	6
II.3.1.1 Minyak Sawit Sebagai <i>Base Oil</i>	7
II.3.1.2 Reaksi Epoksidasi Minyak Sawit.....	8
II.3.2 <i>Thickening agent</i>	9
II.3.2.1 <i>Thickening agent</i> Berbahan Sabun.....	10
II.3.2.1.1 <i>Thickening agent</i> Berbahan Sabun Biasa	10
II.3.2.1.2 <i>Thickening agent</i> Berbahan Sabun Campuran.....	12
II.3.2.1.3 <i>Thickening agent</i> Berbahan Sabun Kompleks	12
II.3.2.2 <i>Thickening agent</i> Berbahan Bukan Sabun.....	13
II.3.3 Bahan Aditif.....	13
II.4 Gemuk Lithium Kompleks	15
II.5 Gemuk Kalsium Kompleks.....	15
II.6 Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks	17
II.7 Parameter Uji Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	21
II.7.1 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Penetrasi	22
II.7.2 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji <i>Dropping Point</i>	24
II.7.3 Performa Menggunakan Uji <i>Four Ball</i> dan Uji Koefisien Friksi	25
II.7.4 Performa Menggunakan Uji <i>Water Wash Out</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
III.1 Diagram Alir Penelitian Pembuatan Gemuk Bio Campuran	28
III.2 Peralatan Dan Bahan Pembuatan Gemuk Bio Campuran.....	29
III.2.1 Peralatan Pembuatan Gemuk Bio Campuran	29
III.2.2 Bahan Pembuatan Gemuk Bio Campuran	30

III.3 Pembuatan Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	31
III.3.1 Penentuan Variabel Gemuk Bio Campuran	31
III.3.2 Penentuan Komposisi Gemuk Bio Campuran.....	32
III.3.3 Preparasi <i>Base Oil</i> Minyak Sawit	33
III.3.4 Pembuatan Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	33
III.4 Pengujian Kualitas Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat.....	34
III.4.1 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Tampilan Fisik.....	34
III.4.2 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Penetrasi.....	35
III.4.3 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji <i>Dropping Point</i>	36
III.4.4 Performa Menggunakan Uji <i>Four Ball</i> dan Uji Koefisien Friksi.....	37
III.4.5 Performa Menggunakan Uji <i>Water Wash Out</i>	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
IV.1 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Tampilan Fisik.....	40
IV.2 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Penetrasi	42
IV.3 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji <i>Dropping Point</i>	44
IV.4 Performa Menggunakan Uji <i>Four Ball</i> dan Koefisien Friksi	46
IV.5 Performa Menggunakan Uji <i>Water Wash Out</i>	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
V.1 Kesimpulan	52
V.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	55
DAFTAR ISTILAH.....	61

DAFTAR GAMBAR

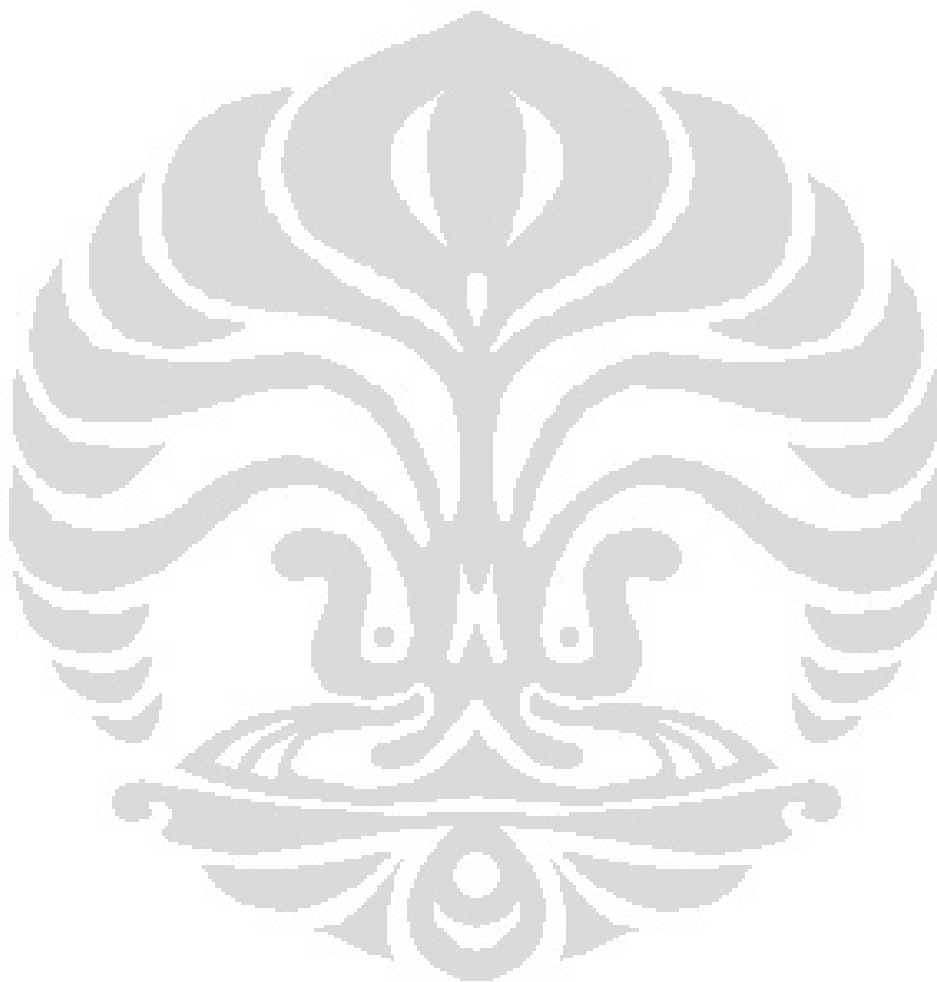
Gambar 2.1	Struktur Asam Stearat.....	10
Gambar 2.2	(a) Sabun Lithium Palmitate dan (b) Sabun Lithium Stearat.....	11
Gambar 2.3	(a) Sabun Lithium Konvensional dan (b) Sabun Lithium Kompleks..	13
Gambar 2.4	Alat Uji <i>Penetrometer</i>	24
Gambar 2.5	Alat Uji <i>Dropping Point</i>	24
Gambar 2.6	Pengukuran Koefisien Friksi	25
Gambar 2.7	Prinsip Gaya Gesek.....	26
Gambar 2.8	(a) Alat Uji <i>Four Ball</i> dan (b) <i>Ball Bearing</i>	26
Gambar 2.9	Alat Uji <i>Water Wash Out</i>	27
Gambar 2.10	Skema Alat Uji <i>Water Wash Out</i> (Tampak Samping).....	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2	Reaktor Batch Tertutup	29
Gambar 3.3	Skema Reaktor Batch Tertutup	30
Gambar 3.4	<i>Mixer</i>	30
Gambar 3.5	Alat Uji Mulur	35
Gambar 3.6	Alat Uji <i>Penetrometer</i>	36
Gambar 3.7	Alat Uji <i>Dropping Point</i>	37
Gambar 3.8	Alat Uji <i>Four Ball</i>	38
Gambar 3.9	(a) Alat Penunjuk Gaya F_1 dan (b) <i>Ball Bearing</i>	38
Gambar 3.10	(a) Alat Uji <i>Water Wash Out</i> , (b) Alat Pengukur Kecepatan Putaran dan (c) <i>Bearing</i>	39
Gambar 4.1	Pengamatan Visual (Warna) Gemuk Bio Campuran B	40
Gambar 4.2	Uji Mulur Gemuk Bio Campuran B	41
Gambar 4.3	Kurva Hasil Uji Mulur Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks	42
Gambar 4.4	Kurva Hasil Uji Penetrasi Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	44
Gambar 4.5	Kurva Hasil Uji <i>Dropping Point</i> Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks	45
Gambar 4.6	Kurva Hasil Uji <i>Four Ball</i> Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	47
Gambar 4.7	Kurva Hasil Uji Koefisien Friksi Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks	48
Gambar 4.8	Kurva Hasil Uji <i>Water Wash Out</i> Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Gemuk <i>Foodgrade</i> Komersil.....	6
Tabel 2.2	Kelebihan dan Kekurangan Minyak Nabati sebagai <i>Base Oil</i>	7
Tabel 2.3	Komposisi Asam Lemak Penyusun.....	11
Tabel 2.4	Karakteristik Gemuk Lithium Kompleks penelitian DTK.....	15
Tabel 2.5	Karakteristik Gemuk Kalsium Kompleks penelitian DTK.....	16
Tabel 2.6	Kelebihan dan Kekurangan Lithium dan Kalsium.....	17
Tabel 2.7	Hasil Penelitian Gemuk Pelumas (B.S Nagarkoti).....	18
Tabel 2.8	Hasil Penelitian Gemuk Pelumas (Don A. Carley).....	18
Tabel 2.9	Kriteria Prioritas Parameter Uji Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	22
Tabel 2.10	Klasifikasi Gemuk Menurut NLGI.....	23
Tabel 3.1	<i>Supplier</i> Bahan Kimia.....	31
Tabel 3.2	Komposisi Formulasi Gemuk Bio Campuran A.....	32
Tabel 3.3	Komposisi Formulasi Gemuk Bio Campuran B.....	32
Tabel 4.1	Hasil Uji Mulur Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	41
Tabel 4.2	Hasil Uji Penetrasi Gemuk Kompleks Campuran A.....	43
Tabel 4.3	Hasil Uji Penetrasi Gemuk Kompleks Campuran B.....	43
Tabel 4.4	Hasil Uji <i>Dropping Point</i> Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	45
Tabel 4.5	Hasil Uji <i>Four Ball</i> dan Koefisien Friksi Gemuk Bio Campuran A.....	46
Tabel 4.6	Hasil Uji <i>Four Ball</i> dan Koefisien Friksi Gemuk Bio Campuran B.....	47
Tabel 4.7	Hasil Uji <i>Water wash Out</i> Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.....	49
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Kualitas Gemuk Bio Campuran A.....	51
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kualitas Gemuk Bio Campuran B.....	51

DAFTAR PERSAMAAN REAKSI

Persamaan 2.1a	Mekanisme Reaksi Oksidasi Asam <i>Peroxide</i>	9
Persamaan 2.1b	Mekanisme Reaksi Oksidasi Alkena	9
Persamaan 2.2	Mekanisme Reaksi Saponifikasi	10
Persamaan 2.3	Reaksi Pembentukan Lithium Stearat	19
Persamaan 2.4	Reaksi Pembentukan Lithium Asetat	19
Persamaan 2.5	Reaksi Pembentukan Kalsium Stearat	19
Persamaan 2.6	Reaksi Pembentukan Kalsium Asetat	19



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Pada umumnya, gemuk pelumas dibuat dari minyak mineral dengan bahan dasar minyak bumi. Tetapi penggunaan minyak mineral dalam pembuatan gemuk pelumas berbahaya bagi kesehatan karena mengandung senyawa sulfur dan aromatik, serta bersifat *degradability* rendah sehingga menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Selain itu, ketersediaan minyak bumi yang semakin menipis sehingga diperlukan penelitian untuk membuat gemuk *foodgrade* dengan ketersediaan bahan lokal yang besar, ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan. (Food&Drug Administration, Department of Health and Human Services, 2011)

Di Indonesia, minyak kelapa sawit paling banyak diproduksi bahkan menjadi produsen dan eksportir pertama dibandingkan negara-negara lain yaitu sebesar 25.2 juta ton. Kebutuhan minyak kelapa sawit dalam negeri hanya sekitar 4 juta ton sehingga selebihnya di ekspor ke berbagai negara diantaranya Uni Eropa, India, China dan Jepang (Deptan, 2011). Dengan adanya variasi pemanfaatan minyak kelapa sawit tersebut, diharapkan dapat menambah nilai produk minyak sawit di Indonesia.

Pada masa lalu, gemuk *foodgrade* hanya dapat digunakan pada kondisi suhu rendah dan memiliki karakteristik ketahanan terhadap air yang rendah sehingga peralatan memerlukan pelumasan ulang secara periodik dengan periode pelumasan yang pendek yang menyebabkan kerugian biaya pelumasan yang tinggi. Pada masa kini, gemuk *foodgrade* juga dituntut untuk memiliki karakteristik *dropping point* yang tinggi, tingkat keausan yang baik dan memiliki karakteristik ketahanan terhadap air yang baik yaitu gemuk tidak mudah terbilas oleh cairan sanitasi yang digunakan untuk mencuci peralatan sesudah proses produksi setiap harinya. (Stachowiak, 2005)

Gemuk lithium memiliki kelebihan yaitu secara fisik memiliki tekstur yang halus (*smooth*), warna yang agak terang, memiliki kinerja yang baik pada suhu yang tinggi dan suhu rendah, serta memiliki kestabilan oksidasi yang baik tetapi kelemahan gemuk lithium adalah ketahanannya terhadap air kurang baik. Gemuk

kalsium memiliki kelebihan yaitu secara fisik memiliki tekstur lembek atau halus, ketahanan terhadap air yang baik tetapi kelemahan gemuk kalsium adalah warna yang agak gelap jika dibandingkan gemuk lithium asetat kompleks, stabilitas kerja yang kurang baik dan kemampuan kerja hanya pada kondisi suhu rendah. (Kenneth Ludema, 1996 & NLGI)

Pada tahun 1984, Witte Jr dkk membuat gemuk pelumas yaitu gemuk lithium azelat kompleks, gemuk kalsium asetat kompleks, dan gemuk campuran kalsium asetat kompleks-lithium azelat kompleks. Dari gemuk yang diperoleh kemudian dilakukan pengujian viskositas pada temperatur 200°F sampai 500°F. Hasil pengujian menunjukkan bahwa gemuk campuran kalsium asetat kompleks-lithium azelat kompleks memiliki nilai konsistensi dan viskositas gemuk ini relatif konstan (perubahannya sangat kecil) dibandingkan gemuk pelumas lainnya. B.S Nagarkoti (www.nlgi-india.org) juga melakukan penelitian terhadap beberapa gemuk pelumas yaitu gemuk lithium konvensional, gemuk lithium kompleks dan gemuk campuran lithium/kalsium konvensional. Hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa tingkat konsistensi gemuk campuran lithium/kalsium konvensional yaitu 276 tidak jauh berbeda dibandingkan gemuk lithium konvensional yaitu 274 dan gemuk lithium kompleks yaitu 275 sedangkan untuk nilai water wash out pada gemuk campuran lithium/kalsium konvensional lebih baik yaitu 6.4% dibandingkan gemuk lithium konvensional yaitu 8% serta gemuk lithium kompleks yaitu 6.5%. (Witte Jr, 1984 & B.S Nagarkoti)

Berkaitan dengan hal itu, munculah ide untuk memproduksi gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang merupakan penggabungan dua jenis sabun lithium 12HSA Asetat Kompleks dan sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas gemuk yang dihasilkan. Pencampuran dua jenis sabun tersebut akan memberikan sifat dan karakteristik yang saling memperbaiki sehingga diharapkan dapat memperoleh gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang lebih baik dari gemuk bio tunggal dalam hal suhu tinggi, tampilan fisik, konsistensi yang relatif konstan, ketahanan air dan sifat antiaius yang tinggi.

Pada penelitian ini, akan dibuat gemuk *bio foodgrade* dengan NLGI 2 menggunakan minyak kelapa sawit teroksidasi sebagai *base oil* serta campuran

gemuk lithium 12HSA Asetat Kompleks dan kalsium 12HSA Asetat Kompleks sebagai *thickening agent*. *Bio foodgrade* yang dihasilkan akan diuji karakteristiknya menggunakan uji-uji meliputi uji sifat fisika kimia gemuk dan uji performa.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang melatarbelakangi penelitian ini adalah apakah kelebihan gemuk bio tunggal kalsium 12HSA Asetat Kompleks dapat melengkapi kelebihan gemuk bio tunggal lithium 12HSA Asetat Kompleks.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks menggunakan minyak sawit teroksidasi sebagai *base oil* serta campuran lithium 12HSA Asetat Kompleks dan kalsium 12HSA Asetat Kompleks sebagai *thickening agent* untuk diperoleh gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dengan NLGI 2 dan *dropping point* maksimum.
2. Mempelajari pengaruh komposisi *thickening agent* (gemuk kalsium 12HSA Asetat kompleks) terhadap karakteristik gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks meliputi uji sifat fisika kimia gemuk (uji mulur, uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji performa (uji *four-ball*, uji koefisien friksi dan uji *water wash out*).

I.4 Pembatasan Masalah

Penelitian yang dilakukan ini memiliki batasan-batasan masalah berikut :

1. Gemuk pelumas yang akan dibuat merupakan jenis gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dengan nomor NLGI 2
2. Pada penelitian ini tidak dilakukan pengujian kualitas *foodgrade*. Kriteria gemuk *foodgrade* yang dilakukan pada penelitian ini didasarkan pada sifat bahan penyusunnya yang *edible* dan tidak berbahaya bagi kesehatan.
3. Analisis *biodegradability* tidak dilakukan. Kriteria gemuk bio didasarkan dari penyusun *base oil* yang berasal dari minyak nabati.

4. *Base oil* yang digunakan merupakan epoksidasi RBDPO dari minyak sawit yang banyak digunakan sebagai minyak goreng di masyarakat umum.
5. Campuran antara lithium dan kalsium sebagai *thickening agent* dan asam asetat sebagai *complexing agent*.
6. Pengujian karakteristik gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang dilakukan meliputi uji sifat fisika kimia gemuk (uji mulur, uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji performa (uji *four-ball*, uji koefisien friksi dan uji *water wash out*).

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan penjelasan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori tentang gemuk pelumas, gemuk *foodgrade*, gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dan parameter uji gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang diagram alir penelitian, bahan dan alat yang digunakan, serta prosedur penelitian analisa gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dengan menggunakan uji sifat fisika kimia gemuk (uji mulur, uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji performa (uji *four-ball*, uji koefisien friksi dan uji *water wash out*).

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan uji kualitas gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang telah dilakukan beserta analisisnya.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian beserta pembahasan yang telah dilakukan.

LAMPIRAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Gemuk Pelumas

Istilah gemuk pelumas awalnya berasal dari bahasa latin yaitu "*crassus*" yang berarti lemak. Gemuk pelumas adalah senyawa semi padat atau padat pada kondisi suhu dan beban normal, dan ketika beban mencapai titik kritis akan berubah menjadi liquid. Senyawa gemuk pelumas merupakan campuran antara *base oil* sebesar 60-95%, bahan pengental (*thickening agent*) sebesar 5-25% dan aditif sebesar 0-10% (A. Adhvaryu et.al, 2004).

Gemuk pelumas berfungsi untuk mengurangi gesekan pada permukaan yang bergerak sehingga gerakan dari masing-masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang saat tidak terjadi keausan. Semua bagian yang bergerak memerlukan gemuk pelumas tetapi gemuk pelumas efektif digunakan pada area yang terbuka seperti pada bagian luar dari mesin atau persendian mesin.

II.2 Gemuk Bio *Foodgrade*

Gemuk *degradable* adalah kemampuan gemuk untuk terdegradasi atau terurai di alam dengan bantuan mikroba sehingga tidak mencemari lingkungan. Berdasarkan Kompas, 2003 dinyatakan bahwa gemuk dari minyak nabati dapat terurai bahkan sampai 98% tidak seperti sebagian gemuk dari minyak sintetis dan minyak mineral yang hanya terurai 20% hingga 40%.

Gemuk dari minyak nabati dapat dibuat dari beragam *base oil* yaitu minyak kacang kedelai, minyak *canola*, minyak jarak, minyak zaitun dan minyak sawit. Pada tahun 2004, Atanu Adhvaryu dkk melakukan penelitian gemuk bio menggunakan minyak kedelai dan sabun lithium sebagai pengental dan memvariasikan rasio logam dengan asam lemak serta rasio sabun dengan minyak dasar. Gemuk yang diperoleh memiliki nomor NLGI 2, *dropping point* sekitar 170.11°C dengan rasio lithium dan asam lemak yaitu 1:0.75 serta rasio sabun dan *base oil* yaitu 1: 3 (Atanu, 2004) sedangkan pada tahun 2002, M.C Dwivedi melakukan penelitian gemuk bio menggunakan minyak jarak dan sabun lithium.

Gemuk yang diperoleh memiliki nilai *dropping point* sekitar 78°C dan konsistensi sebesar 226 mm (M.C Dwivedi, 2002).

Beberapa karakteristik gemuk *foodgrade* yang komersil digunakan pada industri makanan dan obat-obatan antara lain :

Tabel 2.1 Karakteristik Gemuk *Foodgrade* Komersil (www.garralube.com)

Parameter	Gemuk <i>Foodgrade</i> Komersial
Jenis <i>thickener</i>	Lithium kompleks
Warna	Merah
Penetrasi	285 at 25 ⁰ C
Nomor NLGI	2
<i>Dropping point</i>	273.9 ⁰ C
<i>Water wash out</i>	5% wt max at 175 ⁰ C

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa lithium kompleks sebagai gemuk *foodgrade* komersil memiliki nilai *dropping point* yang tinggi. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan gemuk dengan menggunakan sabun lithium kompleks dan dicampurkan dengan sabun kalsium kompleks dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap air.

II.3 Bahan Dasar Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Bahan dasar gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat terdiri dari *base oil*, bahan pengental (*thickening agent*) dan aditif. Melalui serangkaian proses seperti tahap pengisian bahan baku, reaksi penyabunan dan proses penyelesaian maka terbentuklah gemuk bio campuran.

II.3.1 *Base Oil* Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Base oil adalah komponen terbesar dari gemuk bio campuran untuk mengurangi gesekan dari dua logam. *Base oil* yang dapat digunakan dalam pembuatan gemuk dapat dibagi atas tiga jenis yaitu minyak mineral, minyak sintetis dan minyak nabati. Penelitian ini menggunakan minyak nabati dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan minyak bumi yang semakin menipis, memperoleh gemuk yang ramah lingkungan dan tidak beracun.

II.3.1.1 Minyak Sawit Sebagai *Base Oil*

Minyak nabati merupakan minyak yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan berupa senyawa ester dari gliserin dan campuran dari berbagai jenis asam lemak, tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik.

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Minyak Nabati sebagai *Base oil* (Rondang Tambun, 2006)

Kelebihan	Kekurangan
a. Mudah terdegradasi oleh lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan	a. Struktur rantai yang banyak mengandung ikatan tidak jenuh sehingga mudah teroksidasi
b. Tidak beracun karena berasal dari bahan alam	b. Membentuk asam lemak yang dapat menyebabkan korosi pada komponen mesin yang terbuat dari logam
c. Aman dan tidak mudah terbakar karena memiliki flash point yang sangat tinggi yaitu lebih dari 290°C	c. Mudah membentuk emulsi dengan air maka sulit dalam pemisahannya
d. Dapat diperbaharui	

Minyak sawit merupakan gliserida yang terdiri dari berbagai asam lemak, sehingga titik lebur dari gliserida tersebut tergantung pada kejenuhan asam lemaknya. Semakin jenuh asam lemak maka semakin tinggi titik lebur dari minyak sawit tersebut karena ikatan antara molekul asam lemak tidak jenuh kurang kuat. Kandungan rantai karbon pada minyak sawit lebih panjang yaitu sekitar 16-18 sedangkan minyak inti sawit memiliki kandungan asam lemak dominan dengan rantai karbon 12-14.

Keunggulan minyak kelapa sawit dibandingkan minyak nabati antara lain :

1. Minyak kelapa sawit paling banyak diproduksi di Indonesia bahkan menjadi produsen dan eksportir pertama dibandingkan negara-negara lain yaitu sebesar 25.2 juta ton. Kebutuhan minyak kelapa sawit dalam negeri hanya sekitar 4 juta ton sehingga selebihnya di ekspor ke berbagai negara diantaranya Uni Eropa, India, China dan Jepang (Deptan, 2011)
2. Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap oksidasi karena mengandung bahan antioksidan alami (tocopherol atau vitamin E) dan serabut yang dibentuk sulit diputus sehingga mampu mencegah gesekan langsung antar logam.

Pada pembuatan gemuk pelumas ini, minyak nabati digunakan sebagai pengemulsi dan minyak nabati yang digunakan adalah minyak sawit yang telah mengalami proses penyulingan untuk menghilangkan asam lemak bebas serta penjernihan untuk menghilangkan warna dan bau (*Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil (RBDPO)*).

II.3.1.2 Reaksi Epoksidasi Minyak Sawit

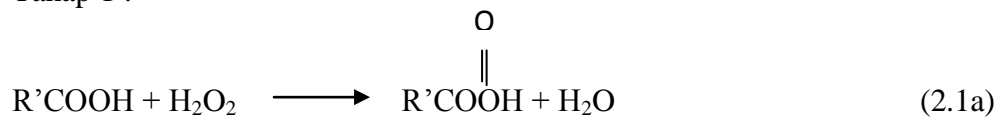
Minyak kelapa sawit banyak mengandung ikatan karbon rangkap sehingga mudah teroksidasi dan terpolimerisasi membentuk resin dan deposit jika terkena panas yang tinggi dan oksigen serta memiliki titik tuang yang kurang rendah sehingga penggunaannya secara langsung tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi, minyak kelapa sawit dimodifikasi untuk menurunkan jumlah ikatan karbon rangkap tersebut yaitu dengan metode transesterifikasi, epoksidasi atau reaksi pembukaan cincin.

Pada umumnya, proses epoksidasi minyak menggunakan hidrogen peroksida sebagai pereaksi. Sifat hidrogen peroksida sebagai oksidator tidak cukup kuat sehingga ditransformasi ke bentuk yang lebih aktif (asam peroksi). Menurut Swern D et al (1945) bahwa asam peroksi yang dibentuk dari reaksi hidrogen peroksida dengan asam alifatik rendah (asam formiat dan asam asetat) merupakan bentuk yang reaktif. Asam peroksi dapat bereaksi sangat cepat dengan senyawa tidak jenuh. Katalis yang biasanya digunakan adalah katalis asam yaitu asam formiat dimana sifat asam formiat yang kuat dapat juga membuka cincin oksiran untuk menghasilkan senyawa turunan hidroksi-formoksi. Dengan adanya air akan terbentuk senyawa dihidroksil dan asam formiat. Untuk mencegah reaksi eksotermis yang tidak terkendali dan untuk mengoptimalkan epoksidasi, larutan peroksida ditambahkan secara bertahap dengan adanya pengadukan, dan mempertahankan suhu reaksi.

Reaksi yang terjadi melalui dua tahap, yaitu reaksi oksidasi asam menjadi asam peroksida oleh hidrogen peroksida dan kemudian reaksi epoksidasi alkena oleh asam peroksida.

Mekanisme reaksi epoksidasi dapat dilihat dibawah ini :

Tahap 1 :



Tahap 2 :



Proses epoksidasi langsung dilakukan pada minyak sawit tanpa melalui proses transesterifikasi dengan pertimbangan untuk mempercepat proses produksi gemuk bio campuran.

II.3.2 *Thickening agent*

Thickening agent adalah bahan pengental yang digunakan sebagai pembentuk dari gemuk pelumas dan media penyimpan *base oil* yang berfungsi sebagai sponge. *Thickening agent* yang paling sering digunakan adalah dari golongan sabun khususnya lithium dan kalsium. Kedua *thickening agent* ini digunakan mengingat rendahnya tingkat keracunan dan aplikasi yang luas untuk industri tanpa adanya efek berbahaya yang ditimbulkan selama beberapa dekade (High, 2003).

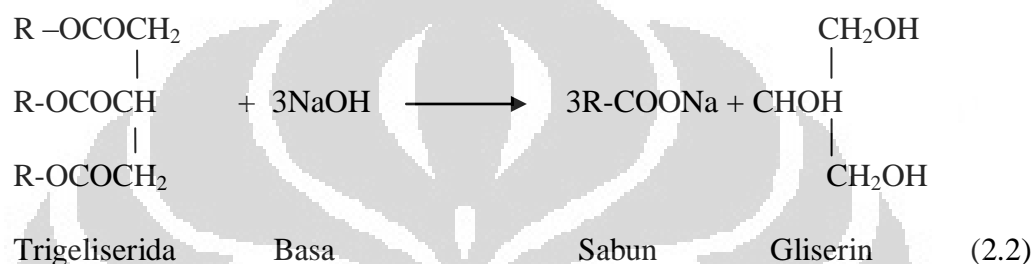
Thickening agent yang digunakan dapat berbahan sabun atau bukan sabun. Perbedaan pokok berbahan sabun dengan bukan sabun yaitu ketika bekerja pada suatu kondisi operasi yang menyebabkan kenaikan temperatur maka gemuk pelumas yang menggunakan *thickening agent* sabun akan terjadi perubahan fasa menjadi fasa cair sedangkan penggunaan *thickening agent* bukan sabun hanya akan lembek.

II.3.2.1 *Thickening agent* Berbahan Sabun

Sabun adalah *thickening agent* yang terbentuk melalui reaksi saponifikasi dengan cara minyak dipanaskan dan diaduk kemudian alkali ditambahkan secara

perlahan-lahan. Setelah seluruh alkali tercampur, pemanasan dilanjutkan untuk periode tertentu hingga proses saponifikasi berlangsung sempurna. Proses saponifikasi dikatakan sempurna jika sampel yang ditambahkan alkohol dengan indikator phenolphatelin menunjukkan warna merah muda kemudian dilakukan pemisahan sabun dengan menggunakan NaCl (natrium klorida) dan produk sabun yang diperoleh dikeringkan.

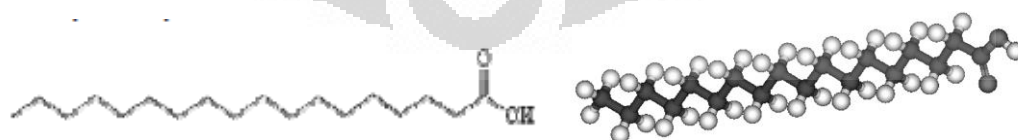
Reaksi saponifikasi sebagai berikut :



II.3.2.1.1 *Thickening agent* Berbahan Sabun Biasa

Sabun biasa (sabun konvensional) adalah *thickening agent* yang terbentuk melalui reaksi saponifikasi antara asam lemak dengan logam alkali atau alkali tanah. Alkali yang biasa digunakan yaitu garam aluminium, kalsium, lithium dan natrium.

Asam lemak yang digunakan mempunyai panjang rantai karbon 18 sampai 22, umumnya menggunakan asam stearat atau asam oktadekanoit yang memiliki panjang rantai karbon 18. Asam stearat merupakan senyawa jenuh dengan rumus molekul $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$. Struktur senyawa ini yaitu :



Gambar 2.1 Struktur Asam Stearat (www.wikipedia.com)

Penelitian mengenai efek struktur dan panjang rantai asam lemak terhadap kualitas gemuk telah diteliti oleh Atanu Adharyu dkk pada tahun 2004. Hasil penelitian yang dilakukannya menunjukkan bahwa semakin panjang rantai,

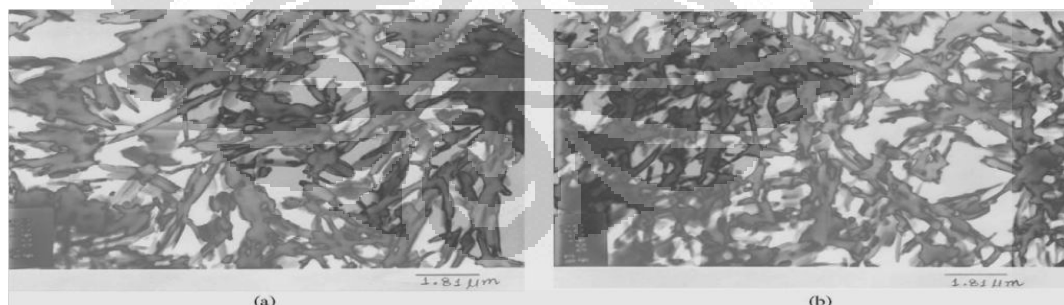
gemuk yang dihasilkan akan semakin keras. Panjang rantai asam lemak yang menghasilkan gemuk dengan nomor NLGI 2 dan *dropping point* yang paling baik adalah asam lemak jenis stearat dengan panjang rantai C_{18} (Atanu dkk, 2004).

Berikut data hasil percobaan yang dilakukan :

Tabel 2.3 Komposisi Asam Lemak Penyusun (Atanu dkk, 2004)

Asam lemak	Logam : Asam lemak	Sabun : minyak dasar	Nomor NLGI	<i>Dropping point</i> [°C]
Lauric (C_{12})	1 : 1	1 : 3	00	117.84
Myristic (C_{14})	1 : 1	1 : 3	0	118.52
Palmitic (C_{16})	1 : 1	1 : 3	2	118.82
Stearic (C_{18})	1 : 1	1 : 3	2 – 3	120.39
Linoleic (C_{18})	1 : 1	1 : 3	1	124.34

Ketika asam lemak dengan logam bereaksi, sabun terbentuk dan menghasilkan senyawa garam yang polar. Molekul polar pada gemuk sabun membentuk jaringan yang menahan *base oil* dan membuat struktur menjadi padatan. Struktur jaringan gemuk yang rapat juga dapat dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.3 yang menunjukkan asam palmitic [$CH_3(CH_2)_{14}COOH$] $C=16$, dan asam stearat [$CH_3(CH_2)_{16}COOH$] $C=18$ menunjukkan sabun lithium yang terbentuk memiliki struktur serabut sabun yang berbeda.



Gambar 2.2 (a) Sabun Lithium Palmitate dan (b) Sabun Lithium Stearat (Adhvaryu, et al. 2004).

Semakin panjang rantai asam lemak dan rapat struktur serabut yang diperoleh maka lebih mudah bereaksi dan lebih mudah untuk memerangkap *base oil* dan menjadikan struktur fiber gemuk menjadi lebih stabil sehingga nilai konsistensi lebih tinggi dan lebih keras dan *dropping point* yang diperoleh

semakin tinggi karena perlu energi yang lebih besar untuk bisa menguraikan struktur fiber. Ketika struktur serabut putus menjadi bagian yang lebih kecil atau pendek, konsistensi gemuk akan menurun, sedangkan ketika struktur fiber gemuk menjadi lebih tipis dan panjang, konsistensi gemuk akan meningkat.

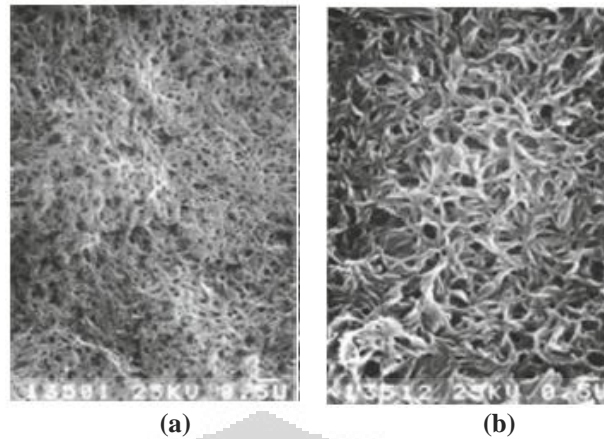
II.3.2.1.2 *Thickening agent* Berbahan Sabun Campuran

Sabun campuran merupakan *thickening agent* yang terbentuk dari campuran dua atau lebih alkali yang berbeda untuk meningkatkan kualitas gemuk yang dihasilkan karena kedua jenis sabun tersebut akan memberikan sifat dan karakteristik yang saling memperbaiki.

II.3.2.1.3 *Thickening agent* Berbahan Sabun Kompleks

Sabun kompleks adalah *thickening agent* konvensional yang menggunakan *complexing agent*. *Complexing agents* dibuat dari garam hasil reaksi logam alkali dengan rantai pendek dari senyawaan asam organik atau asam anorganik dimana asam organik yang biasa digunakan adalah asam dikarboksilat dengan panjang rantai C₄ sampai C₁₂ sedangkan asam anorganik yang biasa digunakan adalah asam-asam karbonat dan asam-asam klorida.

Tujuan pembuatan sabun kompleks adalah untuk menghasilkan gemuk dengan *dropping point* dan *service temperature* yang lebih tinggi daripada gemuk yang menggunakan sabun biasa sehingga gemuk dengan sabun kompleks memiliki kinerja lebih baik. Penambahan *complexing agent* pada sabun lithium mengubah struktur fiber *thickening agent* yang berakibat pada karakteristik gemuk. Semakin panjang dan rapat struktur serabut yang diperoleh, maka kemampuan untuk bereaksi dimana terjadi peningkatan nilai konsistensi dan semakin tinggi *dropping point* karena perlu energi yang lebih besar untuk bisa menguraikan struktur serabut. Perubahan struktur fiber seperti terlihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 (a) Sabun Lithium Konvensional (b) Sabun Lithium Kompleks

II.3.2.2 *Thickening agent* Berbahan Bukan Sabun

Bukan sabun adalah *thickening agent* yang tidak menggunakan asam lemak dan alkali. Gemuk pelumas yang dihasilkan dengan menggunakan bahan pengental ini tidak mudah mencair pada temperatur tinggi sehingga mampu memberikan pelumasan lebih baik.

II.3.3 Bahan Aditif

Aditif adalah senyawa yang ditambahkan pada pelumas gemuk yang berfungsi untuk memberikan sifat-sifat tertentu agar kemampuan gemuk dalam memberikan fungsi pelumasan semakin meningkat. Beberapa jenis aditif yang digunakan dalam pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat untuk meningkatkan karakteristik tertentu dari gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat antara lain :

1. Antioksidan

Antioksidan adalah aditif yang berfungsi mencegah oksidasi pada gemuk antara *base oil* dan asam lemak agar gemuk tidak menjadi senyawa peroksida terutama hydroperoksida yang bersifat asam, yang akan menyebabkan terbentuknya karat pada logam yang dilumasi. Contohnya adalah *N-phenyl-1-Naphthalamine*, *Zinc diamyl dithiocarbamate*, *Butylated hidroxytoluene (BHT)*, *Alkylated diphenylamines*.

2. *Metal Deactivator*

Metal deactivator adalah aditif yang bereaksi dengan logam (tembaga dan besi) yang bertindak sebagai katalisator untuk mencegah terjadinya oksidasi terhadap gemuk pelumas. Contohnya adalah *heterocyclic sulfur-nitrogen compound*.

3. Antiaus

Antiaus adalah aditif yang berfungsi mengurangi gesekan saat mesin baru dijalankan akibat senyawa asam dengan cara membuat lapisan film pada permukaan logam dan menahan pelumas sehingga tidak terlepas ikatannya dengan logam yang dilumasi. Contohnya adalah *alkyl derivative of 2-5 di mercapte 1-3-4 thiadiazol*.

4. Corrosion Inhibitor

Corrosion inhibitor adalah aditif yang dapat melindungi permukaan peralatan yang terbuat dari bahan non logam terhadap pengaruh senyawa asam untuk menghindari terjadinya korosi. Cara kerja *corrosion inhibitor* di dalam gemuk pelumas adalah bereaksi dengan peralatan non logam sehingga membentuk lapisan tahan terhadap korosi dan melekat kuat pada permukaan logam tersebut sehingga lapisan tersebut akan menghalangi logam dari oksigen dan senyawa asam yang terbentuk akibat oksidasi *lubricating oil (base oil)* atau asam lemak. Contoh aditif yang bertindak sebagai *corrosion inhibitor* adalah *Nalzin 2277*, dan *sodium nitrite*.

5. Extreme Pressure

Extreme pressure adalah aditif yang berfungsi untuk mencegah keausan pada saat terjadi beban berat yang diakibatkan oleh tekanan yang ekstrim. Cara kerja *extreme pressure* adalah membentuk suatu lapisan film pada logam yang dilumasi sehingga logam tersebut sangat keras dan logam tersebut terlindung dari keausan. Contohnya adalah *lead oleat, graphite, molybdenum disulfide, Polytetraflouroethylene, Molybdenum oxysulfide, Triphenyl phosphorothionate*, dan *sulfurized esters*.

II.4 Gemuk Lithium Kompleks

Gemuk lithium kompleks merupakan *thickening agent* yang diperoleh dari reaksi lithium hidroksida dengan asam 12-hidroksistearat dan agen pengkompleks.

Di laboratorium DTK telah dilakukan penelitian mengenai gemuk lithium kompleks. Karakteristik gemuk lithium azelat kompleks yang didapat lebih baik dibanding dengan gemuk lithium asetat kompleks walaupun hasil yang diperoleh tidak sesuai NLGI 2 dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.4 Karakteristik Gemuk Lithium Kompleks Penelitian DTK (Insan, 2008 dan Haryo, 2011)

Jenis sabun	<i>Dropping point</i> [°C]	Penetrasi [x0.1mm]	<i>Four ball</i> [mg]
Lithium asetat kompleks	228°C	310mm	0.99 mg
Lithium azelat kompleks	238°C	250mm	0.9 mg

Pada penelitian tersebut diperoleh *dropping point* rendah dibandingkan dengan gemuk *foodgrade* yang umum digunakan sehingga harus dilakukan penelitian lanjutan mengenai gemuk *foodgrade* dengan menggunakan *thickening agent* lithium.

II.5 Gemuk Kalsium Kompleks

Gemuk kalsium kompleks merupakan gemuk yang diperoleh dari reaksi kalsium hidroksida dengan asam 12-hidroksistearat dan agen pengkompleks. Kalsium juga merupakan alkali yang mudah bereaksi dan berikatan dengan asam lemak dibandingkan alkali Lithium. Hal ini karena kalsium memiliki dua ikatan bebas pada atom Ca sedangkan untuk lithium hanya memiliki satu ikatan bebas sehingga diperlukan waktu yang lama dan temperatur yang tinggi untuk dapat berikatan sempurna dengan asam lemak.

Di laboratorium DTK telah dilakukan penelitian mengenai gemuk kalsium kompleks dengan asam asetat sebagai *complexing agent*. Karakteristik gemuk yang didapat lebih baik dibanding dengan gemuk kalsium kompleks dengan *complexing agent* asam azelat dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2.5 Karakteristik Gemuk Kalsium Kompleks penelitian DTK

(Wulandari, 2009 dan Ikmalul, 2011)

Jenis sabun	<i>Dropping point</i> [°C]	Penetrasi [x0.1mm]	<i>Four ball</i> [mg]
Kalsium asetat kompleks	324°C	272	0.4
Kalsium azelat kompleks	159°C	310	2

Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa gemuk kalsium asetat kompleks memiliki nilai *dropping point*, penetrasi dan *four ball* yang tinggi dibandingkan kalsium azelat kompleks. Dreher (1984) juga melakukan penelitian terhadap gemuk kalsium asetat, didapatkan hasil rasio mol sabun ca-asetat/ca-hidroksistearat yang terbaik untuk gemuk adalah (2-5):1 untuk *base oil* minyak mineral. Gemuk yang dihasilkan memiliki *dropping point* tinggi hingga 293⁰C, memiliki lapisan pelumasan dan ketahanan aus yang baik. Tetapi karena *base oil* yang digunakan adalah minyak mineral bersifat racun sehingga penelitian gemuk tersebut tidak dapat dikategorikan dalam gemuk *foodgrade*.

II.6 Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks merupakan *thickening agent* yang terbentuk dari campuran dua atau lebih sabun yang berbeda untuk meningkatkan kualitas gemuk yang dihasilkan karena kedua jenis *thickening agent* tersebut akan memberikan sifat dan karakteristik yang saling memperbaiki. Oleh karena itu, pemilihan pencampuran antara gemuk lithium 12HSA Asetat Kompleks dengan gemuk kalsium 12HSA Asetat Kompleks berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari 2 gemuk tersebut dengan tujuan bahwa pencampuran tersebut dapat saling memperbaiki sifat dan karakteristik dari gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.

Tabel 2.6 Kelebihan dan Kekurangan Lithium dan Kalsium

Kriteria	Lithium	Kalsium
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Tekstur yang halus (<i>smooth</i>) • Warna agak terang • Stabilitas kerja yang sangat baik • Kestabilan oksidasi yang baik • Kemampuan bekerja pada kondisi suhu rendah dan suhu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • tekstur lembek atau halus • ketahanan terhadap air yang baik • kemampuan bekerja pada kondisi suhu rendah
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> • ketahanan terhadap air yang kurang baik 	<ul style="list-style-type: none"> • kemampuan bekerja tidak pada kondisi suhu tinggi • tampilan fisik yang kurang menarik • stabilitas kerja yang kurang baik

Witte Jr et.al (1984) membuat gemuk lithium azelat kompleks yang mengandung kalsium asetat kompleks. Pada penelitian ini dibuat gemuk lithium azelat kompleks, gemuk kalsium asetat kompleks dan gemuk kalsium asetat kompleks-lithium azelat kompleks. Dari gemuk yang diperoleh kemudian dilakukan pengujian viskositas pada temperatur yang bervariasi. Hasil yang diperoleh dari pengujian menunjukkan bahwa gemuk yang memiliki kualitas yang paling baik adalah kalsium asetat kompleks-lithium azelat kompleks. Viskositas dan konsistensi gemuk ini relatif konstan (perubahannya sangat kecil) pada rentang suhu 200°F sampai 500°F dibandingkan gemuk pelumas lainnya. Penelitian Witte Jr yang berikutnya untuk mendapatkan komposisi pembuatan gemuk kalsium asetat kompleks-lithium azelat kompleks yang optimum ternyata diperoleh rasio yaitu 1.25 : 1.

B.S Nagarkoti (www.nlgi.org) melakukan penelitian terhadap beberapa gemuk pelumas. Hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa gemuk campuran lithium/kalsium lebih baik dibandingkan gemuk lithium konvensional dan gemuk lithium kompleks.

Tabel 2.7 Hasil Penelitian Gemuk Pelumas (B.S Nagarkoti)

Jenis Gemuk	Konsistensi [x0.1mm]	Water wash out [%]
Sabun Lithium	274	8
Sabun campuran Lithium-kalsium	276	6.4
Sabun Lithium kompleks	275	6.5

Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa sabun campuran Lithium-kalsium menghasilkan gemuk yang memiliki nilai penetrasi dan *water wash out* yang lebih baik. Don A. Carley (1975) juga melakukan penelitian gemuk campuran lithium stearat-kalsium stearat dengan menggunakan *base oil* minyak mineral dan dilakukan variasi komposisi yang dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Hasil Penelitian Gemuk Pelumas (Don A. Carley)

	Sampel 1	Sampel 2
Komposisi :		
Lithium 12-Hidroksistearat	9.6	9.3
Kalsium 12-Hidroksistearat	4.7	4.7
Minyak mineral	81.2	81.5
Tests :		
Penetrasi (<i>worked</i>)	332	333
<i>Water wash out</i> (175 ⁰ F)	2.2	3.5

Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa jumlah lithium 12-hidroksistearat lebih banyak menghasilkan gemuk yang memiliki nilai penetrasi dan *water wash out* yang lebih baik. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut dan karakteristik alkali maka dilakukan penelitian gemuk pelumas dengan jenis *thickening agent* lithium-kalsium dengan agen pengkompleks yaitu 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 CH₃COO⁻.

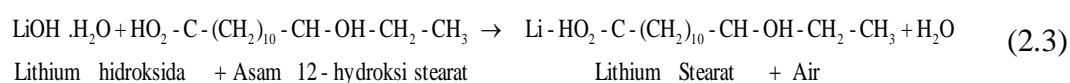
Reaksi saponifikasi yang terjadi untuk menghasilkan gemuk bio campuran Li-Ca Asetat Kompleks sebagai berikut :

1. Reaksi Lithium 12HSA Asetat Kompleks

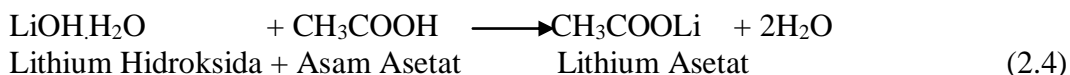
Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks didapatkan dari dua reaksi yang akan terjadi didalam reaktor. Reaksi pertama yang terjadi yaitu terbentuknya reaksi pembentukan lithium stearat dan reaksi yang kedua adalah reaksi pembentukan lithium asetat.

Ilustrasi mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Reaksi 1 :



Reaksi 2 :

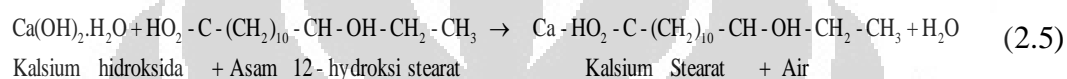


2. Reaksi Kalsium 12HSA Asetat Kompleks

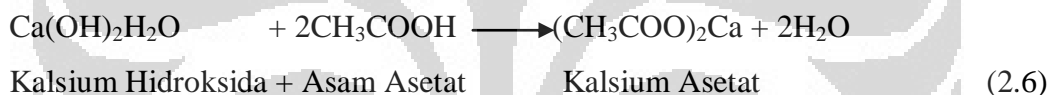
Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks didapatkan dari dua reaksi yang akan terjadi didalam reaktor. Reaksi pertama yang terjadi yaitu terbentuknya kalsium stearat dan reaksi yang kedua adalah reaksi pembentukan kalsium asetat.

Ilustrasi mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

Reaksi 1 :



Reaksi 2 :



Pada reaktor akan terjadi reaksi seperti ilustrasi reaksi diatas. Ikatan yang terbentuk antara asam lemak yaitu asam 12-hidroksistearat dengan kalsium dan lithium serta asam asetat dengan kalsium dan lithium adalah ikatan ion. Pada reaktor akan terjadi empat reaksi menghasilkan gemuk dengan rantai panjang dan reaksi gemuk dengan rantai pendek. Gabungan reaksi 1 dan 2 disebut gemuk kompleks. Hal ini karena gemuk kompleks dengan ikatan ion akan lebih sulit untuk terputus rantainya maka dibutuhkan energi yang besar untuk memutuskan ikatan ini sehingga terjadi kenaikan *dropping point*.

Tahapan-tahapan proses pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks sebagai berikut :

1. Proses Saponifikasi

Base oil hanya berfungsi untuk melarutkan asam lemak, *complexing agent* dan alkali. Pada proses saponifikasi menggunakan rentang temperatur yang seharusnya. Jika temperatur maksimum operasi terlalu tinggi maka akan

merusak ikatan alkali dan asam lemak yang sudah terbentuk sehingga walaupun dilakukan pendinginan, gemuk tetap encer. Jika temperatur maksimum operasi terlalu rendah maka gemuk berbentuk semi fluida tapi tidak homogen yang ditandai dengan adanya gumpalan *thickening agent* (kalsium atau lithium) yang belum larut sempurna.

Jika sabun yang dihasilkan dalam suasana asam maka hal itu akan dapat mempersulit proses pengikatan antara sabun dengan *base oil* dan gemuk yang dihasilkan menjadi lembek sehingga hasil yang diperoleh sedikit sedangkan jika sabun yang dihasilkan dalam suasana basa berlebih maka hal itu akan dapat mempersulit proses pengikatan antara sabun dengan *base oil* dan gemuk pelumas yang dihasilkan menjadi keras tetapi komposisinya tidak sesuai spesifikasi.

2. Penghilangan air (*dehydration*) dan udara (*deairation*)

Tujuan proses ini adalah untuk menghilangkan kandungan air dan gelembung udara yang mungkin masih ada di dalam gemuk pelumas yang telah dibuat. Air didalam reaktor berasal dari proses reaksi penyabunan yang sengaja ditambahkan sebagai *emulsifier* dengan tujuan mempercepat proses reaksi atau berasal dari kandungan alkali seperti lithium dan kalsium yang ditambahkan pada reaksi penyabunan, karena garam lithium dan garam kalsium selalu akan berikatan dengan air membentuk $\text{LiOH}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$. Setelah reaksi *saponifikasi* selesai, keberadaan air didalam sabun hanya sebagai air bebas (*hydrate*) dalam susunan kristal sabun.

Proses penghilangan udara dan air dapat dilakukan dengan dengan cara menambahkan kembali *base oil* sehingga menjadi 100 % berat dan membuka tutup reaktor sehingga air akan keluar sebagai uap air.

3. Pendinginan

Pada skala pabrik dilengkapi dengan alat pendingin, yang disirkulasikan melalui dinding reaktor sedangkan pada skala laboratorium, proses pendinginannya dilakukan dengan menurunkan temperatur operasi dan menurunkan kecepatan pengaduknya. Pendinginan yang tidak disertai pengadukan akan mengakibatkan *base oil* tidak terdistribusi secara merata ke dalam matriks dan *grease* yang dihasilkan mudah mengalami *bleeding*.

4. Homogenisasi

Homogenisasi dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan gemuk pelumas yang lebih halus dan homogen.

II.7 Parameter Uji Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang diperoleh harus memiliki kestabilan dalam kualitas sehingga harus dilakukan beberapa pengujian untuk menentukan kualitas gemuk tersebut.

Kualitas dari gemuk pelumas ditentukan dari beberapa parameter uji dengan menggunakan standar uji dari ASTM seperti uji sifat fisika kimia gemuk (uji mulur, uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji performa (uji *four-ball*, uji koefisien friksi dan uji *water wash out*).

Tabel 2.9 Kriteria Prioritas Parameter Uji Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Parameter Uji	Keterangan
Sifat Fisika-Kimia dengan menggunakan Uji Penetrasi	Gemuk yang ingin dihasilkan diharapkan dalam NLGI 2 dimana mempunyai konsistensi semi solid, lebih <i>compatible</i> digunakan untuk semua kondisi. Dengan penerapan gemuk yang cocok sesuai fungsinya, beban alat akan berkurang, meningkatkan kinerja alat, serta meningkatkan <i>reliability</i> yaitu mengecil kemungkinan untuk perbaikan karena kerusakan.
Sifat Fisika-Kimia dengan menggunakan Uji <i>Dropping point</i>	Gemuk yang ingin dihasilkan diharapkan memiliki <i>dropping point</i> tinggi karena semakin tinggi nilai <i>dropping point</i> maka kualitas dan kinerja dari gemuk bio campuran menjadi semakin baik.
Performa dengan menggunakan Uji <i>Four Ball</i> dan koefisien Friksi	Fungsi utama dari gemuk yaitu mengurangi gesekan pada permukaan yang bergerak sehingga gerakan dari masing-masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang saat tidak terjadi keausan.
Performa dengan menggunakan Uji <i>Water wash out</i>	Jika komponen gemuk dapat larut atau berinteraksi dengan air, maka akan terjadi perubahan struktur gemuk (konsistensi gemuk) yang menyebabkan penurunan fungsi pelumasan.

II.8.1 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Penetrasi

Konsistensi adalah tingkat kekerasan gemuk pelumas yang dapat dilihat dari sifatnya yang sangat lembut, lembut, semi solid atau keras. Metode pengujian konsistensi dapat menggunakan prosedur standar ASTM D-1217 dimana cara uji penetrasi yaitu tingkat konsistensi dinyatakan dalam “bilangan penetrasi” dengan menggunakan alat “*penetrometer*”. Semakin besar bilangan penetrasi suatu pelumas maka semakin rendah konsistensi gemuk tersebut atau semakin lembut.

Tabel 2.10 Klasifikasi Gemuk Menurut NLGI (Rondang Tambun, 2006)

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	355-385	Sangat lunak
1	310-340	Lunak
2	265-295	Gemuk umum
3	220-250	Semi keras
4	175-205	Keras
5	130-160	Sangat keras
6	85-115	Padat

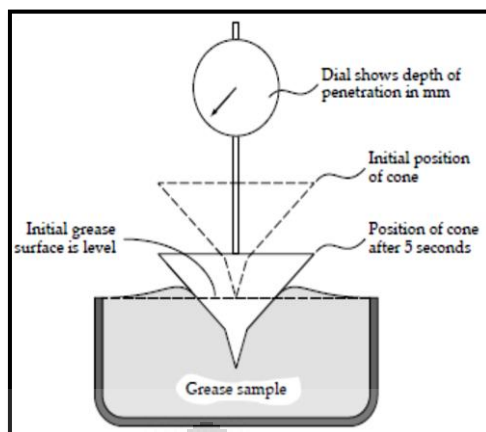
Pengujian dilakukan dalam dua macam cara :

1) *Unworked Penetration*

Unworked penetration adalah angka penetrasi yang diperoleh merupakan keadaan yang sebenarnya dari pelumas gemuk dengan cara membiarkan alat *penetrometer* masuk ke dalam struktur gemuk tanpa adanya perlakuan usaha (ditekan atau dikocok).

2) *Worked Penetration*

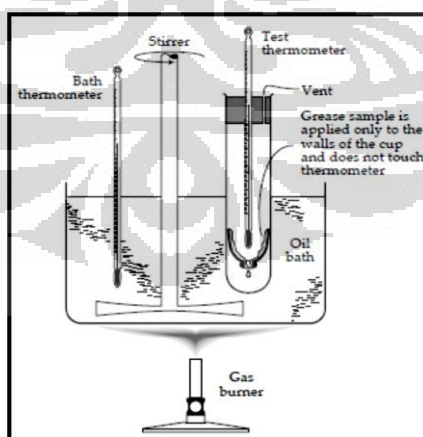
Worked penetration adalah sampel yang diuji terlebih dahulu diberikan usaha (ditekan atau dikocok) dengan menggunakan alat yang disebut “*grease worker*”. Angka penetrasi yang diperoleh memberikan gambaran mengenai tentang keadaan gemuk pelumas pada pemakaiannya berikutnya. Umumnya angka penetrasi yang diperoleh pada *worked penetration* lebih tinggi (lebih lembek) daripada *unworked penetration*.



Gambar 2.4 Alat Uji *Penetrometer* (Stachowiak, 2005)

II.7.2 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji *Dropping Point*

Dropping point adalah titik suhu dimana pada titik tersebut gemuk pelumas mulai mencair. Metoda pengukuran *dropping point* dapat menggunakan prosedur standar ASTM D-566. Semakin kuat struktur gemuk akan semakin sulit untuk berubah fasa pada suhu tinggi. Ketika mencapai *dropping point*, struktur gemuk akan rusak sehingga tidak dapat memerangkap *base oil* didalam matriksnya lagi. Gemuk dengan nilai *dropping point* yang tinggi memiliki kemampuan melumasi lebih baik pada kondisi operasi suhu tinggi karena mampu mempertahankan strukturnya pada suhu tinggi atau tidak mudah mencair.



Gambar 2.5 Alat Uji *Dropping Point* (Stachowiak, 2005)

II.7.3 Performa Menggunakan Uji *Four Ball* dan Uji Koefisien Friksi

Four ball adalah suatu parameter uji gemuk pelumas yang menunjukkan performa gemuk pelumas terhadap kemampuannya menjaga keausan dari logam yang akan dilumasi dengan menggunakan prosedur standar ASTM D-4172. Kondisi pelumasan pada metode ini adalah pelumasan batas, dimana terjadi kontak antar logam dengan adanya beban, lamanya pengujian dan kecepatan putaran.

Pada pengujian *four ball* dilakukan juga pencatatan terhadap besarnya gesekan yang dialami oleh logam yang digunakan untuk menentukan besarnya koefisien friksi yang terjadi pada saat *running*. Besarnya koefisien gesekan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan fisika secara umum dimana gesekan akan ditransformasikan ke dalam sumber gesekan tersebut yang terletak pada bola. Untuk dapat mengetahui koefisien gesekan yang dialami oleh logam maka harus dilakukan perhitungan F_1 karena pada titik tersebut terjadi gesekan yang sebenarnya.

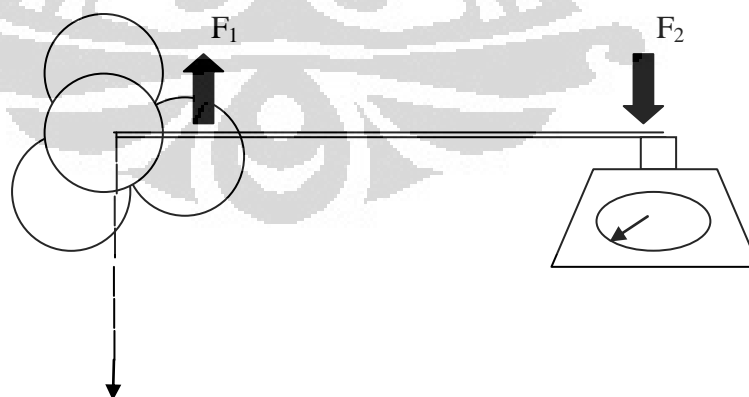
$$F_1 = F_2 * (L_2 / L_1)$$

Ket : F_1 = gaya gesekan langsung

F_2 = gaya gesekan yang terbaca pada alat

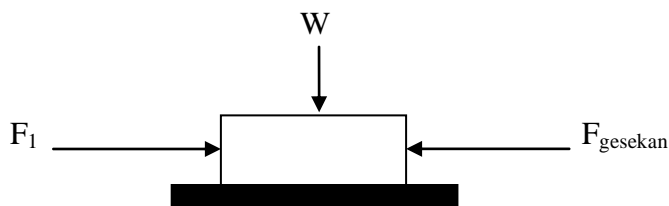
L_1 = Jarak antar poros bola dengan F_1

L_2 = Jarak antar poros bola dengan F_2



Gambar 2.6 Pengukuran Koefisien Gesek

Nilai F_1 ekuivalen namun berbeda arah dengan gaya gesekan yang dihasilkan oleh suatu benda akibat adanya beban yang secara sederhana dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 2.7 Prinsip Gaya Gesek

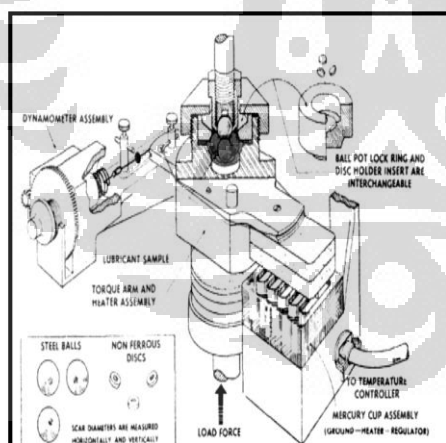
Besar gaya gesek ditentukan oleh kekasaran permukaan bidang yang bersentuhan dan tidak tergantung pada luas permukaan bidang yang bergesekan. Besar koefisien friksi (μ) dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu = \frac{F}{W}$$

Ket : μ = nilai koefisien gesekan

F = gaya gesek (g)

W = beban (g)



(a)



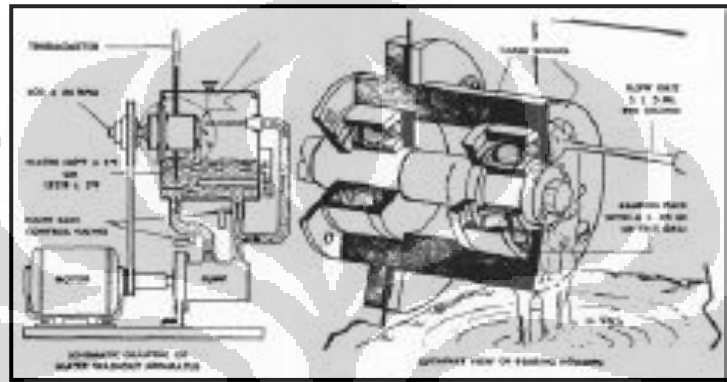
(b)

Gambar 2.8 (a) Alat Uji *Four Ball* (Rush, 1997) dan (b) *Ball Bearing*

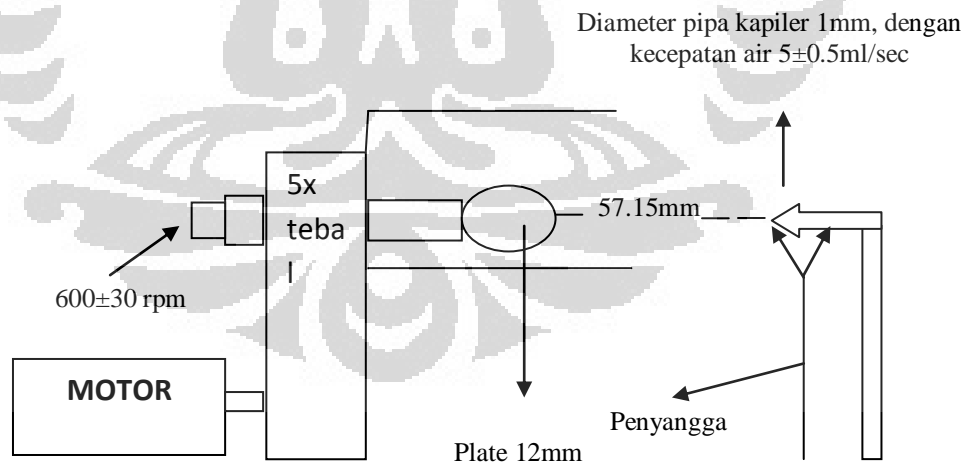
II.7.4 Performa Menggunakan Uji *Water Wash Out*

Water wash out adalah kemampuan gemuk untuk bertahan terhadap efek keberadaan air tanpa mengalami perubahan kemampuan dalam pelumasan.

Ketidaklarutan lemak dalam air atau tidak terjadi ikatan antara lemak dengan air, sehingga keberadaan air tidak akan merubah struktur lemak. Sifat ini sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya pencemaran air tanah akibat kebocoran lemak atau masuknya air pencuci yang bercampur dengan lemak yang larut ke dalam tanah. Hal ini juga menyebabkan konsumsi lemak atau proses *re-lubrication* dapat dikurangi (Phipps, 2007). Parameter ini dapat diuji dengan menggunakan metode ASTM D-1264 dengan contoh peralatan uji yaitu :



Gambar 2.9 Alat Uji *Water Wash Out* (Rush, 1997)



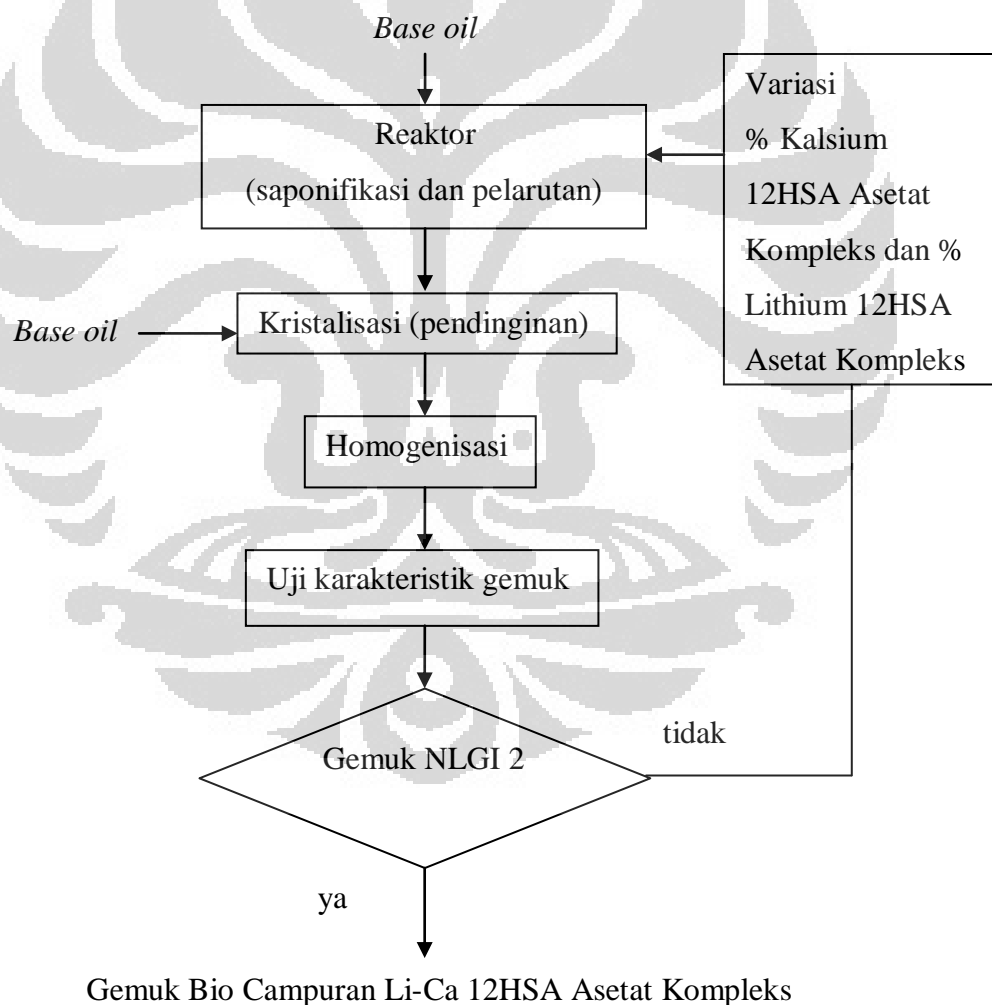
Gambar 2.10 Skema Alat Uji *Water Wash Out* (Tampak Samping)

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini bertujuan untuk menetapkan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan dari penelitian ini.

III.1 Diagram Alir Penelitian Pembuatan Gemuk Bio Campuran

Diagram alir dari penelitian dalam pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang akan dilakukan yaitu :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Prinsip pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks secara umum sebagai berikut :

- 1) Menentukan komposisi gemuk yaitu perbandingan antara *base oil*, *thickener*, dan *complexing agent*.
- 2) Mereaksikan antara bahan baku dengan urutan-urutan tertentu yaitu berupa reaksi saponifikasi.
- 3) Proses pendinginan hingga temperatur kamar.
- 4) Homogenisasi dengan menggunakan mixer.
- 5) Melakukan uji karakteristik meliputi uji sifat fisika-kimia dan uji performa.

III.2 Peralatan dan Bahan Pembuatan Gemuk Bio Campuran

Beberapa peralatan dan bahan yang digunakan dalam pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks antara lain :

III.2.1 Peralatan Pembuatan Gemuk Bio Campuran

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Reaktor batch tertutup (Saponifikasi)

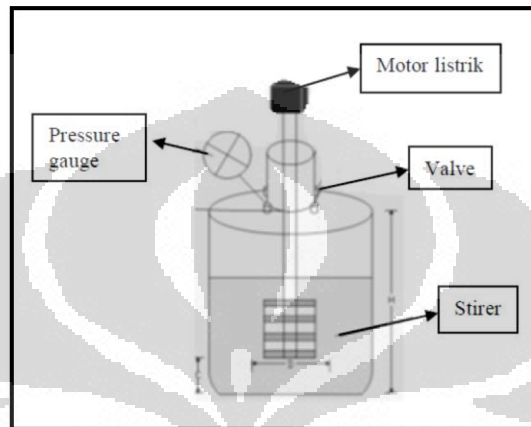
Fungsi utama reaktor adalah tempat terjadinya reaksi saponifikasi dan pendispersian sabun dalam *base oil*. Reaktor dilengkapi dengan lubang untuk memasukan bahan dan *pressure gauge* untuk mengetahui tekanan dalam *autoclave* selama proses pemanasannya. Pemanas yang digunakan adalah *silicon* cair yang diaduk agar pemanasan ke reaktor lebih merata.



Gambar 3.2 Reaktor Batch Tertutup

Spesifikasi alat reaktor batch antara lain :

- a. Kecepatan putaran motor : 398°C
- b. Tekanan operasi maksimum : kurang dari 7 bar
- c. Material : *stainless stell* agar tidak mudah terkorosi oleh asam yang digunakan.



Gambar 3.3 Skema Reaktor Batch Tertutup

2. Mixer (homogenisasi)

Mixer digunakan untuk membuat lemak menjadi homogen dan memperhalus ukuran lemak.



Gambar 3.4 Mixer

III.2.2 Bahan Pembuatan Gemuk Bio Campuran

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. *Base oil* epoksida minyak sawit
2. Lithium hidroksida dan kalsium hidroksida sebagai alkali dalam pembuatan *thickener*.

3. Asam 12-hidroksistearat sebagai asam lemak dalam pembuatan *thickener*.
4. Asam asetat sebagai *complexing agent*.

Tabel 3.1 *Supplier* Bahan Kimia

Bahan	<i>Supplier</i>
Lithium hidroksida 98%	PT. Sinar Bumi Nusantara, Kramat Jati
Kalsium hidroksida 96% EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur	PT. BrataChem, Bogor
Asam 12-hidroksistearat	-
Asam asetat 99.8%	PT. BrataChem, Bogor

III.3 Pembuatan Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dalam pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks, hal – hal yang perlu dilakukan antara lain :

III.3.1 Penentuan Variabel Gemuk Bio Campuran

Tiga jenis variabel dalam penelitian gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks antara lain :

1. Variabel Kontrol
 - a. Waktu pengadukan dan pendinginan.
 - b. Suhu pemanasan
 - c. homogenisasi dilakukan hingga suhu kamar.
2. Variabel Bebas

Persentase Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Kalsium 12HSA Asetat Kompleks yaitu 15:0, 12:3,11:4, 7.5:7.5, 6:9, 5:10, 3:12 dan 0:15.
3. Variabel Terikat
 - a. Tampilan fisik gemuk (warna dan mulur)
 - b. Bilangan penetrasi gemuk
 - c. *Dropping point*
 - d. Ketahanan aus dan koefisien friksi
 - e. *Water wash out*

III.3.2 Penentuan Komposisi Gemuk Bio Campuran

Langkah awal dari penelitian ini yaitu penentuan komposisi awal bahan-bahan yang akan digunakan. Komposisi awal untuk pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks ditentukan dari hasil studi berbagai literatur yang kemudian dilakukan analisis dengan mempertimbangkan hal-hal berikut :

- Kesesuaian dengan produk gemuk yang akan dibuat
- Kesesuaian dengan kuantitas produk gemuk yang akan dibuat atau skala pembuatan, yaitu skala lab dengan kuantitas produksi 1000 gram.

Tabel 3.2 Komposisi Formulasi Gemuk Bio Campuran A

Formulasi Gemuk (gram)	Lithium asetat : Kalsium asetat							
	15:0	12:3	11:4	7.5:7.5	6:9	5:10	3:12	0:15
<i>Base oil</i>	850	850	850	850	850	850	850	850
LiOH	86	69	56	43	35	26	17	0
Ca(OH) ₂	0	18	32	45	55	64	73	91
12-HSA	147	146	145	144	143	143	142	141
Asam Asetat	176	158	144	131	121	112	103	85

Ket : Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1

Tabel 3.3 Komposisi Formulasi Gemuk Bio Campuran B

Formulasi Gemuk (gram)	Lithium asetat : Kalsium asetat							
	15:0	12:3	11:4	7.5:7.5	6:9	5:10	3:12	0:15
<i>Base oil</i>	850	850	850	850	850	850	850	850
LiOH	130	104	84	65	52	39	26	0
Ca(OH) ₂	0	27	48	68	82	95	109	136
12-HSA	147	146	145	144	143	143	142	141
Asam Asetat	294	264	240	218	202	187	172	141

Ket : Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

III.3.3 Preparasi *Base Oil* Minyak Sawit

Berikut adalah prosedur yang dilakukan:

1. Memasukan 10 liter minyak sawit ke dalam reaktor kemudian memanaskan hingga 60°C.
2. Memasukan asam formiat 400 ml secara perlahan dengan tetap mengaduk.
3. Tambahkan 1500 ml hidrogen peroksida perlahan dengan tetap mengaduk dan pemanasan pada suhu 60-70°C dan mengalirkan air ke dalam jaket air selama 1 jam.
4. Pindahkan minyak melalui *valve* di bawah reaktor ke dalam wadah, kemudian dinginkan sesaat sebelum dilakukan penyaringan air dan epoksida.
5. Cuci hasil tersebut menggunakan air dengan perbandingan volume 1:1 dengan tujuan untuk menghilangkan asam formiat kemudian mengaduknya. Diamkan sesaat kemudian terbentuklah air (fasa bawah) dan epoksidasi minyak (fasa atas). Buang air menggunakan selang.
6. Lakukan langkah 4 hingga 3 kali agar air yang terkandung dalam epoksidasi benar-benar hilang.

III.3.4 Pembuatan Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Berikut adalah prosedur yang dilakukan :

1. Memasukkan *base oil* sebanyak 80 % w/w dari total bobot gemuk pada suhu 25 °C.
2. Memasukkan kalsium hidroksida dan asam asetat glasial pada suhu 65°C.
3. Memasukan asam 12-hidroksistearat dengan pengadukan dipercepat dan menambah asam asetat glasial.
4. Melakukan pengadukan dan pemanasan pada suhu 125°C tekanan 1-3 bar selama 1 jam.
5. Menurunkan suhu hingga 93-100°C dan menambahkan lithium hidroksida.
6. Melakukan pengadukan dan pemanasan pada suhu 95°C selama 30 menit.
7. Mengatur suhu reaktor pada suhu 200°C dan ketika proses telah sampai pada suhu tersebut maka dipertahankan selama 30 menit. Setelah itu, suhu proses diturunkan dengan mematikan *heater* dan reaktor dibiarkan tetap mengaduk.

8. Melakukan pengadukan dan penghilangan air dan udara dengan menambahkan kembali *base oil* sehingga menjadi 100 % berat, yaitu sebanyak 6 % berat.
9. Memindahkan gemuk pelumas ke unit homogenisasi menggunakan *mixer* agar gemuk pelumas menjadi homogen.

III.4 Pengujian Kualitas Gemuk Bio Campuran

Setelah proses pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks selesai dilakukan maka dilakukan beberapa tahap pengujian untuk dapat diketahui kualitas gemuk hasil percobaan tersebut. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain uji sifat fisika kimia gemuk (uji mulur, uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji performa (uji *four-ball*, uji koefisien friksi dan uji *water wash out*).

III.4.1 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Tampilan Fisik

a. Pengamatan visual (warna)

Dalam pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks, dilakukan uji tampilan fisik yang paling mudah diamati karena cukup menggunakan mata telanjang yaitu pengamatan visual berdasarkan warna gemuk tersebut.

b. Uji Mulur

Berdasarkan penelitian sebelumnya dilakukan pengujian terhadap perbedaan tekstur gemuk dengan cara diamati dan dirasakan sejumlah sampel gemuk ditekan di antara ibu jari dan jari telunjuk, dan perlahan dipisahkan hingga gemuk terentang. Dengan metode penekanan sampel gemuk, dapat dirasakan kelembutan dan dapat diamati rentang serat gemuk. Tetapi penggunaan cara ini kurang efektif karena dinilai tidak sama jumlah gemuk yang diuji untuk setiap tarikan sampel sehingga dibuat alat uji rentang gemuk dengan ukuran yang relatif kecil. Dengan adanya alat ini, diharapkan jumlah dan luas permukaan sampel yang ditarik akan sama untuk setiap percobaannya dan gaya yang digunakan dapat diukur dari perbandingan waktu selama penarikan alat berlangsung.



Gambar 3.5 Alat Uji Mulur

Spesifikasi alat uji mulur yang digunakan antara lain :

Panjang stick = 14.5 cm

Diameter stick = 5 mm

Ukuran bola = 6 mm

III.4.2 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Penetrasi

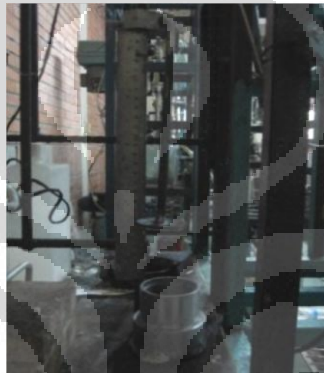
Pengujian penetrasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat konsistensi gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang berkaitan dengan kekerasan gemuk. Alat yang digunakan yaitu *Penetrometer* (ASTM D-217). Sebelum dilakukan pengujian, perlu dilakukan kalibrasi peralatan terlebih dahulu agar hasil pengujian yang dilakukan cukup akurat.

Prosedur kalibrasi dilakukan sebagai berikut :

1. Masukkan gemuk komersil yang dihasilkan ke alat wadah penguji
2. Padatkan sampel dan ratakan
3. Atur skala alat *Penetrometer* ke posisi nol
4. Jatuhkan *spindle* tepat ditengah wadah penguji
5. Setelah didapatkan hasil, masukkan dalam excel untuk mendapatkan garis linear (kalibrasi), cocokkan hasilnya serta lakukan 5-6 kali untuk mendapatkan hasil yang presisi.

Prosedur pengujian yang dilakukan yaitu :

- a) Sebelum diuji, gemuk terlebih dahulu diberikan usaha, baik itu ditekan atau dikocok dengan menggunakan alat yang disebut “*gemuk worker*” sebanyak 0, 60 dan 10000 langkah.
- b) Gemuk yang dihasilkan ditempatkan ke dalam wadah pengujian.
- c) Ujung kerucut dari penetrometer dibiarkan jatuh masuk (penetrasi) ke dalam permukaan gemuk selama 5 detik.
- d) Nilai penetrasi, yaitu kedalaman masuknya penetrometer dapat diketahui.



Gambar 3.6 Alat Uji Penetrometer

III.4.3 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji *Dropping Point*

Pengujian *dropping point* bertujuan untuk mengetahui temperatur kritis di mana struktur gel gemuk pelumas berubah fasa menjadi cair (ASTM D-566). Prosedur pengujian *dropping point* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

- a) Wadah pengujian dibersihkan.
- b) Memasukkan gemuk ke dalam wadah, lalu dipadatkan ke dinding wadah dengan menggunakan batangan pematik.
- c) Memasukkan termometer ke dalam wadah, tetapi tidak menyentuh gemuk yang akan diuji.
- d) Memasukkan perangkat tersebut ke dalam *heated oil bath* (bejana yang memiliki pemanas *silicon*) yang juga terpasang termometer.
- e) Memanaskan *heated oil bath* hingga temperaturnya naik secara perlahan-lahan hingga terjadi tetesan gemuk ketika telah semua peralatan terpasang,
- f) Mencatat temperatur yang ditunjukkan kedua termometer ketika terjadi tetesan pertama. Lalu temperatur tersebut dirata-ratakan.



Gambar 3.7 Alat Uji *Dropping Point*

III.4.4 Performa Menggunakan Uji *Four Ball* dan koefisien Friksi

Ketahanan aus mengalami kehilangan massa pada permukaan yang bergesek sehingga gemuk digunakan sebagai perlindungan aus sedangkan koefisien friksi mengalami kehilangan energi sehingga gemuk digunakan untuk mengurangi friksi (ASTM D-4172).

Prosedur pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

- a) Mencuci bola baja dengan pelarut organik (toluene), kemudian mengeringkan di udara bebas.
- b) Menimbang keempat bola tersebut.
- c) Memasang bola pada alat penguji. Tiga bola dipasang di bagian bawah dan dipasang statis, sedangkan 1 bola dipasang di atas ketiga bola lain pada bagian yang berputar.
- d) Mengaplikasikan gemuk pada bola baja hingga area kontak keempat bola baja terendam ($\pm 2,5ml$).
- e) Mengencangkan *four ball machine* dengan tang dan kunci inggris kemudian diletakkan pada tempatnya.
- f) Memasang beban sebesar 3.130 kg dengan kecepatan bola 1150 rpm.
- g) Menyalakan mesin uji *four ball test* selama 1 jam.
- h) Amati alat penunjuk gaya gesek.
- i) Menimbang bola setelah 1 jam sehingga dapat diketahui tingkat keausan nya.
Tingkat keausan (mg) = massa sebelum pengujian – massa sesudah pengujian.
- j) Membersihkan ke empat bola tersebut.

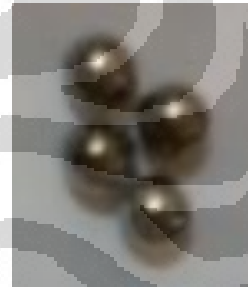
- k) Mengulangi percobaan pada beberapa nilai rpm dengan periode waktu istirahat selama 5 menit sebelum melakukan percobaan lagi.



Gambar 3.8 Alat Uji *Four ball*



(a)



(b)

Gambar 3.9 (a) Alat Penunjuk Gaya F_1 dan (b) *Ball Bearing*

Spesifikasi alat uji *four ball* yang digunakan antara lain :

Kecepatan bola = 1150 rpm

Beban (W) = 3.310 kg = 3310 gram

Ukuran bola = 6 mm

III.4.5 Performa Menggunakan Uji *Water Wash Out*

Pengujian *water wash out* bertujuan untuk bertahan terhadap efek keberadaan air tanpa mengalami perubahan kemampuan dalam pelumasan. Jika komponen gemuk dapat larut atau berinteraksi dengan air, maka akan terjadi perubahan struktur gemuk (konsistensi gemuk) yang menyebabkan penurunan fungsi pelumasan (ASTM D-1264).

Prosedur pengujiannya sebagai berikut :

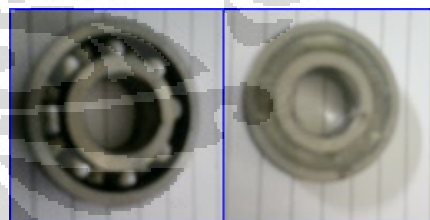
- a) Melekatkan gemuk pada bearing
- b) Menimbang bearing yang sudah dilekat gemuk
- c) Menempatkan bearing pada alat peguji
- d) Mengatur kecepatan putaran bearing sebesar 600 ± 30 rpm
- e) Disemprot bearing dengan kecepatan alir sebesar 5 ± 0.5 ml/sec selama 1 jam kemudian setelah 1 jam dilakukan pengeringan terhadap bearing sampai benar – benar kering dari air.
- f) Menghitung tingkat water wash out dengan cara massa sebelum diberikan perlakuan dikurangi massa gemuk yang terlepas dari bearing.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.10 (a) Alat Uji *Water Wash Out* (b) Alat Pengukur Kecepatan Putaran (c) *Bearing*

Spesifikasi alat uji *water wash out* yang digunakan antara lain :

Kecepatan bearing = 600 ± 30 rpm

Kecepatan air = 5 ± 0.5 ml/sec selama 1 jam

Diameter bearing = 12 mm

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dengan variasi rasio sabun Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan sabun Kalsium 12HSA Asetat Kompleks. Gemuk bio yang dihasilkan kemudian diamati dan diuji untuk mengetahui pengaruh jumlah *thickening agent* terhadap uji sifat fisika kimia gemuk (uji mulur, uji penetrasi dan uji *dropping point*) dan uji performa (uji *four-ball*, uji koefisien friksi dan uji *water wash out*). Hasil pengamatan dan pengujian akan dijelaskan lebih lanjut berikut ini.

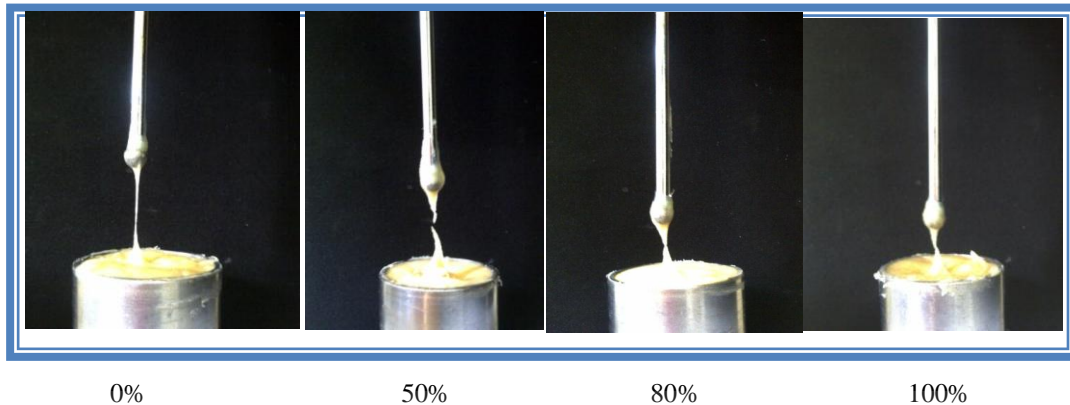
IV.1 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Tampilan Fisik

Tampilan fisik adalah parameter pertama yang di amati pada gemuk yang dihasilkan yaitu warna dan tekstur gemuk, dimana tekstur gemuk yang diamati seperti apakah gemuk lembut, semi solid, atau keras. Berikut ini adalah hasil yang didapat dari pengamatan tampilan fisik gemuk bio campuran B.



Gambar 4.1 Pengamatan Visual (Warna) Gemuk Bio Campuran B

Dari gambar 4.1 diatas dapat diketahui bahwa gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang dihasilkan berwarna krem. Semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks menyebabkan warna gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks bertambah gelap.



Gambar 4.2 Uji Mulur Gemuk Bio Campuran B

Ket : Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

Dari pengujian terhadap gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang dibuat pada penelitian ini diperoleh nilai mulur seperti tabel berikut ini :

Tabel 4.1 Hasil Uji Mulur Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	Rentang penarikan A [cm]	Rentang penarikan B [cm]
0	5.0	6.0
20	4.0	5.1
35	3.7	4.6
50	2.8	4.1
60	2.6	3.7
70	2.5	3.5
80	1.9	2.9
100	1.7	2.1

Ket :

- Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1
- Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

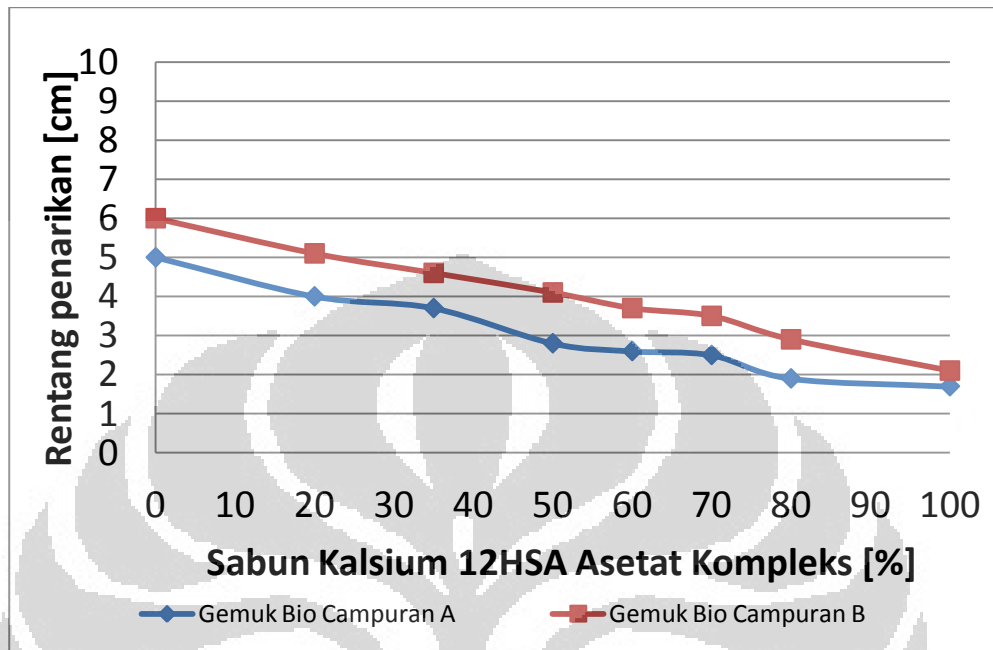
Spesifikasi alat uji mulur yang digunakan antara lain :

Panjang stick = 14.5 cm

Diameter stick = 5 mm

Ukuran bola = 6 mm

Disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 4.3 Kurva Hasil Uji Mulur Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.3 dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks maka semakin rendah memiliki rentang penarikan. Hal ini disebabkan semakin berkurangnya kandungan agen pengkompleks pada gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks, semakin sedikit interaksi antara sabun kalsium hidrosisterat dengan kalsium asetat dan lithium hidrosisterat dengan lithium asetat sehingga menyebabkan semakin kurang kuat dan kurang rapat struktur fiber gemuk dalam membentuk jaring-jaring yang memerangkap *base oil*. Hal ini menurunkan viskositas gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dan mempengaruhi kemampuan “mulur” gemuk sehingga gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks akan berserat lebih pendek.

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa gemuk bio campuran A dan gemuk bio campuran B dengan persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 0% memiliki nilai mulur terbaik.

IV.2 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji Penetrasi

Konsistensi merupakan sifat yang menyatakan kekerasan gemuk dan dapat diketahui dengan pengujian penetrasi. Parameter uji penetrasi dinyatakan dalam bilangan penetrasi yang berbanding terbalik dengan konsistensi (NLGI *Grade*). Sebelum melakukan uji penetrasi, terlebih dulu dilakukan kalibrasi alat uji menggunakan dua gemuk komersil (NLGI 2 dan NLGI 3) yang kemudian dibuat kurva kalibrasi untuk digunakan pada pengujian selanjutnya. Hasil pengujian penetrasi gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil Uji Penetrasi Gemuk Bio Campuran A

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	Penetrasi [x 0.1mm]	NLGI
0	267	2
20	274	2
35	277	2
50	280	2
60	280	2
70	286	2
80	290	2
100	293	2

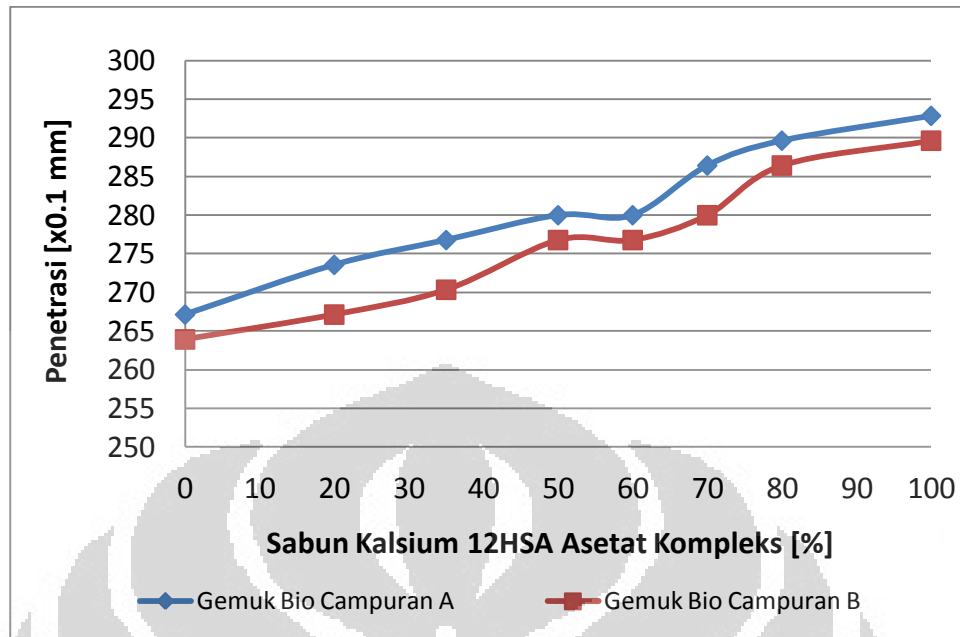
Ket : Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1

Tabel 4.3 Hasil Uji Penetrasi Gemuk Bio Campuran B

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	Penetrasi [x0.1mm]	NLGI
0	264	2
20	267	2
35	270	2
50	277	2
60	277	2
70	280	2
80	280	2
100	283	2

Ket : Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

Disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 4.4 Kurva Hasil Uji Penetrasi Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dari tabel 4.2, tabel 4.3 dan gambar 4.4 dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks memiliki konsistensi yang tidak berpengaruh terhadap karakteristik gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat (NLGI 2). Hal ini disebabkan persentase *thickening agent* yang sama dalam memerangkap *base oil*.

IV.3 Sifat Fisika-Kimia Menggunakan Uji *Dropping Point*

Dropping point adalah titik suhu dimana pada titik tersebut gemuk pelumas mulai mencair (ASTM D-566). Semakin kuat struktur gemuk akan semakin sulit untuk berubah fasa pada suhu tinggi. Ketika mencapai *dropping point*, struktur gemuk akan rusak sehingga tidak dapat memerangkap *base oil* didalam matriksnya lagi. Gemuk dengan nilai *dropping point* yang tinggi memiliki kemampuan melumasi lebih baik pada kondisi operasi suhu tinggi karena mampu mempertahankan strukturnya pada suhu tinggi atau tidak mudah mencair.

Nilai *dropping point* gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut :

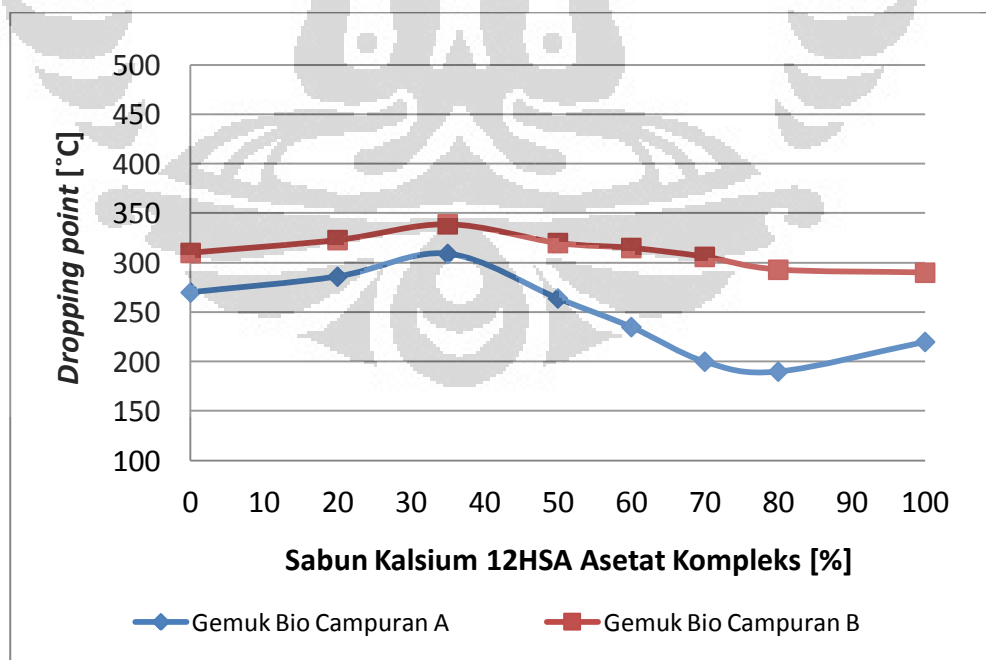
Tabel 4.4 Hasil Uji *Dropping point* Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	<i>Dropping point</i> A [°C]	<i>Dropping point</i> B [°C]
0	270	310
20	286	323
35	309	339
50	264	320
60	235	315
70	200	306
80	190	293
100	220	290

Ket :

- Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1
- Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

Disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 4.5 Kurva Hasil Uji *Dropping Point* Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dari tabel 4.4 dan gambar 4.5 dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks memiliki memiliki *dropping point* yang semakin menurun. Hal ini karena pengurangan agen pengkompleks menyebabkan struktur fiber gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks kurang kompleks dan kurang rapat untuk memerangkap *base oil* sehingga energi kalor yang dibutuhkan untuk mencairkan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks atau memutuskan ikatan yang terjadi akan menjadi lebih kecil. Oleh karena itu, nilai *dropping point*-nya juga semakin menurun.

Pada gemuk bio campuran A terdapat titik optimum *dropping point* sebesar 339°C pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 35% sedangkan gemuk bio campuran A terdapat titik optimum *dropping point* sebesar 309°C pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 35%.

IV.4 Performa Menggunakan Uji *Four Ball* dan Koefisien Friksi

Ketahanan aus dan koefisien friksi dilakukan untuk mengetahui performa dari gemuk pelumas. Pengujian ketahanan aus dan koefisien friksi dilakukan dengan cara uji *four ball*. Spesifikasi alat uji *four ball* yang digunakan antara lain :
Kecepatan bola = 1150 rpm
Beban (W) = 3.310 kg = 3310 gram
Ukuran bola = 6 mm

Hasil pengujian *four ball* dan koefisien friksi dari gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Hasil Uji *Four ball* dan Koefisien Friksi Gemuk Bio Campuran A

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	Jumlah keausan [mg]	Koefisien Friksi [-]
0	0.7	0.015
20	0.4	0.013
35	0.4	0.013
50	0.6	0.013
60	0.6	0.013
70	0.8	0.013
80	1.0	0.018
100	1.2	0.018

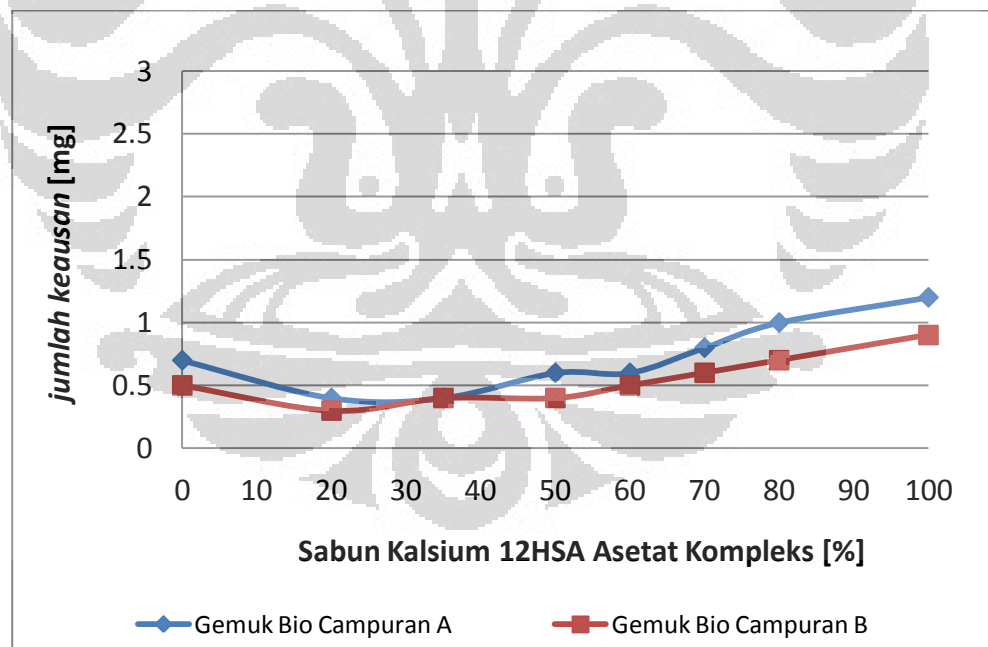
Ket : Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1

Tabel 4.6 Hasil Uji *Four ball* dan Koefisien Friksi Gemuk Bio Campuran B

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	Jumlah keausan [mg]	Koefisien Friksi [-]
0	0.5	0.009
20	0.3	0.007
35	0.4	0.007
50	0.4	0.007
60	0.5	0.007
70	0.6	0.007
80	0.8	0.013
100	0.9	0.013

Ket : Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

Pada uji *four ball* dapat disajikan dalam bentuk grafik



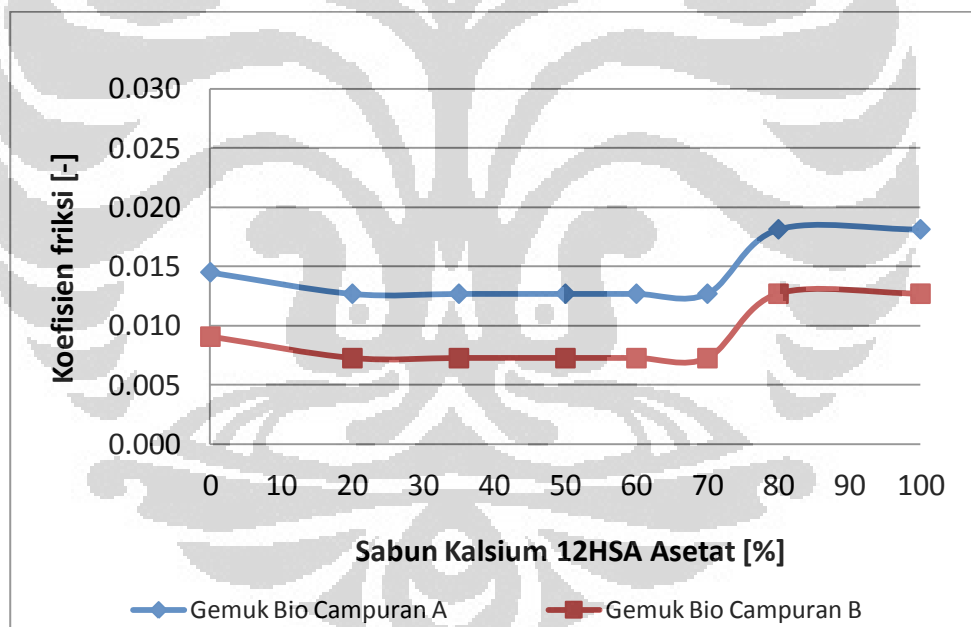
Gambar 4.6 Kurva Hasil Uji *Four Ball* Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dari tabel 4.5, tabel 4.6 dan hasil visualisasi pada grafik 4.6 dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat maka semakin rendah kemampuan anti aus gemuk. Hal ini disebabkan semakin

berkurangnya kandungan agen pengkompleks pada gemuk bio campuran, semakin sedikit interaksi antara sabun kalsium hidroksisterat dengan kalsium asetat dan lithium hidroksistearat dengan lithium asetat maka gemuk semakin kurang lengket. Oleh karena itu, gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks akan sulit untuk masuk kedalam kisi-kisi bola uji sehingga mengakibatkan bola uji menjadi sedikit terlumasi.

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa gemuk bio campuran A pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 20% dan 35% memiliki jumlah keausan sebesar 4 mg sedangkan gemuk bio campuran B pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 20% memiliki jumlah keausan sebesar 3 mg.

Pada uji koefisien friksi dapat disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 4.7 Kurva Hasil Uji Koefisien friksi Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dari tabel 4.5, tabel 4.6 dan hasil visualisasi pada grafik 4.7 dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks maka semakin tinggi nilai koefisien friksi. Hal ini disebabkan nilai koefisien friksi berbanding lurus dengan nilai keausan dimana semakin kecil jumlah keausan maka semakin kecil nilai koefisien friksi.

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa gemuk bio campuran A pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 20% sampai 70% memiliki nilai koefisien friksi sebesar 0.013 sedangkan gemuk bio campuran B pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 20% sampai 70% memiliki nilai koefisien friksi sebesar 0.007.

IV.5 Performa Menggunakan Uji *Water Wash Out*

Water wash out adalah kemampuan gemuk untuk bertahan terhadap efek keberadaan air tanpa mengalami perubahan kemampuan dalam pelumasan. Jika komponen gemuk dapat larut atau berinteraksi dengan air, maka akan terjadi perubahan struktur gemuk (konsistensi gemuk) yang menyebabkan penurunan fungsi pelumasan. Semakin kecil massa bola yang hilang maka semakin baik sifat ketahanan terhadap air pada gemuk.

Hasil pengujian *water wash out* dari gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut :

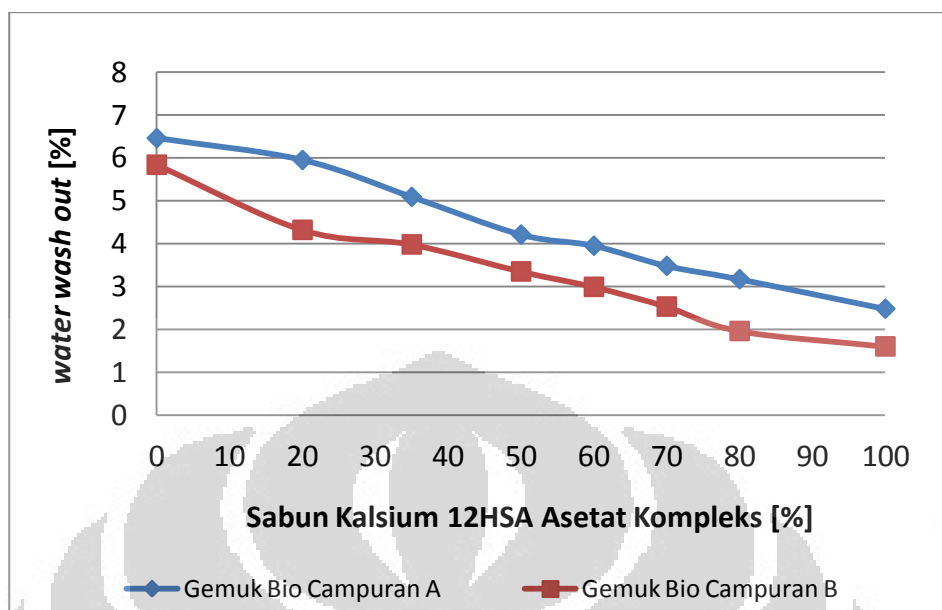
Tabel 4.7 Hasil Uji *Water wash out* Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Sabun Kalsium 12HSA Asetat [%]	<i>Water wash out</i> A [%]	<i>Water wash out</i> B [%]
0	6.46	5.84
20	5.95	4.32
35	5.09	3.98
50	4.21	3.35
60	3.95	2.99
70	3.48	2.53
80	3.17	1.96
100	2.48	1.60

Ket :

- Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1
- Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

Disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 4.8 Kurva Hasil Uji *Water Wash Out* Gemuk Bio Campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks

Dari tabel 4.7 dan hasil visualisasi pada grafik 4.8, dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks maka semakin baik tingkat ketahanan terhadap air. Hal ini disebabkan ketidaklarutan sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks dalam air dan tidak terjadi ikatan antara gemuk dengan air, sehingga keberadaan air tidak akan merubah struktur fiber gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dan tidak berpengaruh terhadap gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks.

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa gemuk bio campuran A pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 100% memiliki nilai *water wash out* sebesar 2.48% dan gemuk bio campuran B pada persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks 100% memiliki nilai *water wash out* sebesar 1.6%.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kualitas Gemuk Bio Campuran A

Kalsium 12HSA Asetat [%]	Rentang penarikan [cm]	Penetrasi [x 0.1mm]	NLGI	<i>Dropping point</i> [°C]	Jumlah keausan [mg]	Koefisien Friksi [-]	<i>Water wash out</i> [%]
0	5.0	267	2	270	0.7	0.015	6.46
20	4.0	274	2	286	0.4	0.013	5.95
35	3.7	277	2	309	0.4	0.013	5.09
50	2.8	280	2	264	0.6	0.013	4.21
60	2.6	280	2	235	0.6	0.013	3.95
70	2.5	286	2	200	0.8	0.013	3.48
80	1.9	290	2	190	1.0	0.018	3.17
100	1.7	293	2	220	1.2	0.018	2.48

Ket : Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kualitas Gemuk Bio Campuran B

Kalsium 12HSA Asetat [%]	Rentang penarikan [cm]	Penetrasi [x 0.1mm]	NLGI	<i>Dropping point</i> [°C]	Jumlah keausan [mg]	Koefisien Friksi [-]	<i>Water wash out</i> [%]
0	6.0	264	2	310	0.5	0.009	5.84
20	5.1	267	2	323	0.3	0.007	4.32
35	4.6	270	2	339	0.4	0.007	3.98
50	4.1	277	2	320	0.4	0.007	3.35
60	3.7	277	2	315	0.5	0.007	2.99
70	3.5	280	2	306	0.6	0.007	2.53
80	2.9	280	2	293	0.8	0.013	1.96
100	2.1	283	2	290	0.9	0.013	1.60

Ket : Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari bab pembahasan yang disajikan dalam makalah ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks yang terbaik memiliki nilai penetrasi NLGI 2 dan *dropping point* 339°C lebih tinggi dibandingkan dengan gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks sebesar 310°C dan gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks sebesar 290°C.
2. Pada pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA Asetat Kompleks dapat diketahui bahwa semakin meningkatnya persentase sabun kalsium 12HSA Asetat Kompleks menghasilkan warna gemuk bertambah gelap, nilai mulur semakin menurun dengan rentang penarikan sebesar 5.1cm, nilai *dropping point* yang semakin rendah tetapi terdapat titik optimum sebesar 339°C, konsistensi yang tidak berubah signifikan, sifat anti aus yang kurang baik dengan nilai antiaus sebesar 0.3 mg, nilai koefisien friksi yang semakin tinggi sebesar 0.007 serta ketahanan terhadap air (*water wash out*) yang semakin baik dengan nilai tahan air sebesar 4.32%.

V.2 Saran

Saran untuk penelitian ini adalah :

- 1) Perlu dipertimbangkan penambahan kalsium sulfonat kompleks untuk memperbaiki *water wash out* yang telah tercapai pada penelitian ini.
- 2) Alat untuk pengujian kualitas gemuk hendaknya merupakan peralatan dengan standar international.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhvaryu, A., (2004). *Preparation of Soybean Oil-Based Greases : Effect of Composition and Structure on Physical Properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52.
- Adhvaryu, A. Sung, C. Erhan, Z.S. (2004). *Fatty Acids and Antioxidant Effects on Grease Microstructures. Industrial Crops and Product an International Journal*.
- Albert, J, & Genetti, Jr. (1999). *Engearing and design lubricants and hydraulics fluid departement of the arm*.
- Andriana, Monica. (2009). *Pembuatan Gemuk Bio Foodgrade Menggunakan Thickener Sabun Aluminium Kompleks*. Skripsi Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok.
- Carley, Don A. (1975). *Process For Preparing Mixed Lithium-Calsium Soap Thickened Greases. United States Patent Application Publication*. US Patent 3891564. <http://www.freepatensonline.com>.
- Dreher, J., 1965. *Grease Compositions*. United States Patent No 3186944.
- Dwivedi, M.C. & Sapre, S. (2002). *Total Vegetable-Oil Based Greases Prepared From Castor Oil. Jurnal Synthetic Lubricant*, 19. pp. 229-241.
- Formiat, Acid*. Juni 2012. (Online). Available from <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9922769> [Accessed 14:25]
- Hamrock, Bernard J. (1994). *Fundamentals of Fluid Film Lubrication*. McGraw Hill International Editions.
- Honary, Lou A.T., & Erwin Richter. (2011). *Biobased Lubricants and Greases Technology and Product*.
- Landsdown, A. R. (2004). *Lubrication A Practical Guide to Lubricant Selection third edition*. United Kingdom : Pergamon Press.
- Lorimor, Jhon. J. (2009). *An investigation into the Use of Boron Esters to improve the high-Temperature Capability of Lithium 12-hydroxystearate Soap Thickened Grease*. NLGI 76th Annual Meeting Tucson, Arizona USA.
- Ludema, Kenneth. (1996). *Friction, wear, lubrication a Textbook in Tribology*. CRC Press.
- Nagarkoti, B.S. *Water Resistance Property of Greases – An Outlook*. December 15, 2011. www.nlgi-india.org/.../B.S.%20Nagarkoti.pdf

- [NLGI] National Lubricating Grease Institute., (1984). *Lubricating Grease Guide*. Kansas City, Missouri.
- Peroxide, Hydrogen*. Juni 2012. (Online). Available from <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924301> [Accessed 14:25]
- Pribadi, Haryo M., (2011). *Pembuatan Gemuk Bio Berbahan Dasar Minyak Sawit Menggunakan Asam azelat dan Sabun Kompleks Lithium sebagai Thickener*. Skripsi Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok.
- Rush, R. E. (1997). A Review of the More Common Standard Grease Tests in Use Today. *Journal of the Society of Tribologists and Lubrication Engineers*, 17-26.
- Stachowiak, Gwidon W., & Batchelor, Andrew W. (2005). *Engineering Tribology*.
- Sukirno, Fajar, R. Bismo and Nasikin, M., (2009). *Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener : Evaluation of Antiwear Property*. *World Applied Sciences Journal* 6(33) pp: 401-407.
- Sukirno, Ludi, Rizqon, Bismo and Nasikin. (2010). *Anti-wear properties of biogrease from Modified Palm Oil and Calsium Soap Thickener*. *CIGR Journal*. Open access at [http : //www.cigrjournal.org](http://www.cigrjournal.org).
- Tambun, Rondang. (2006). *Buku Ajar Teknologi Oleokimia*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Wartawan, Anton L. (1983). *Minyak pelumas : Pengetahuan Dasar dan Cara Penggunaan*. PT.Gramedia
- Witte, Jr, et al. (1984). *Lithium complex soap thickened containing calsium asetat*. *United States Patent Application Publication*. US Patent 4483776. <http://www.freepatensonline.com>.
- Wulandari, M. (2009). *Pembuatan Gemuk Bio Food Grade Menggunakan Thickener Sabun Kalsium Kompleks*. Skripsi Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok.

LAMPIRAN

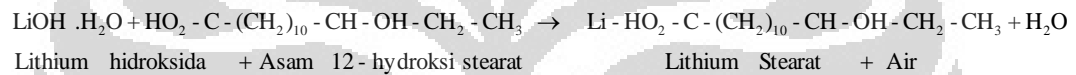
A. Perhitungan Komposisi

Komposisi bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium asetat/Lithium 12 hidroksistearat sebesar 5 : 1 dan Kalsium asetat/ Kalsium 12 hidroksistearat sebesar 5 : 1, dihitung dengan cara dibawah ini :

Basis = 1000 gram

1. Lithium 12HSA Asetat Kompleks

Reaksi 1 :



Reaksi 2 :



$$\begin{aligned} \text{Bobot Base Oil} &= \% \text{ massa minyak} \times \text{Massa gemuk} \\ \text{Bobot Base Oil} &= 85 \% \times 1000 \text{ g} \\ &= 850 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot Thickener} &= \text{Massa gemuk} \times 15 \% \\ \text{Bobot Thickener} &= 1000 \text{ gram} \times 15 \% \\ &= 150 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan asam 12- hidroksistearat dan lithium hidroksida dihitung dari basis mol sabun lithium.

$$\text{mol Lithium asam 12 - hidroksistearat} = \frac{\text{bobot thickener}}{\text{Mr thickener}} = \frac{75 \text{ gram}}{306 \text{ gram/mol}} = 0.245 \text{ mol}$$

Karena perbandingan koefisien reaksi antara sabun lithium dengan asam 12-hidroksistearat dan lithium hidroksida adalah 1 : 1 : 1.

$$\begin{aligned} \text{Bobot 12-HSA} &= \text{Mol 12-HSA} \quad \times \text{Mr 12-HSA} \\ \text{Bobot 12-HSA} &= 0.245 \text{ mol} \quad \times 300 \text{ gram/mol} \\ &= 73.529 \text{ gram} \\ \text{Bobot LiOH} &= \text{mol LiOH} \quad \times \text{Mr LiOH} \\ \text{Bobot LiOH} &= 0.245 \text{ mol} \quad \times 42 \text{ gram/mol} \\ &= 10.294 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk memastikan semua asam 12- hidroksistearat habis bereaksi dengan lithium hidroksida maka bobot lithium hidroksida dibuat berlebih 5 persen.

$$\begin{aligned} \text{Bobot LiOH berlebih} &= 10.294 \text{ gram} \quad \times 5 \% \\ &= 0.515 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Total bobot lithium hidroksida} = 10.294 + 0.515 = 10.809 \text{ gram}$$

$$\text{Mol Lithium asetat : Lithium asam 12-hidroksistearat} = 5 : 1$$

$$\text{Mol Lithium asetat} = 1.225 \text{ mol}$$

Karena koefisien garam lithium asetat : lithium hidroksida : asam asetat = 1 : 1 : 1

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Bobot asam asetat} &= \text{mol asam asetat} \quad \times \text{Mr asam asetat} \\ &= 1.225 \text{ mol} \quad \times 60 \text{ gram/mol} \\ &= 147.059 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot LiOH} &= \text{mol LiOH} \quad \times \text{Mr LiOH} \\ &= 1.225 \text{ mol} \quad \times 42 \text{ gram/mol} \\ &= 51.471 \text{ gram} \end{aligned}$$

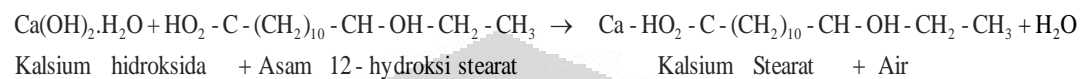
Untuk memastikan semua asam asetat habis bereaksi dengan lithium hidroksida maka bobot lithium hidroksida dibuat berlebih 5 persen.

$$\begin{aligned} \text{Bobot LiOH berlebih} &= 51.471 \text{ gram} \times 5 \% \\ &= 2.574 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Total bobot lithium hidroksida} = 51.471 + 2.574 = 54.044 \text{ gram}$$

2. Kalsium 12HSA Asetat Kompleks

Reaksi 1 :



Reaksi 2 :



Untuk kebutuhan asam 12- hidroksistearat dan kalsium hidroksida dihitung dari basis mol sabun kalsium.

$$\text{mol kalsium 12 hidroksistearat} = \frac{\text{bobot thickener}}{\text{Mr thickener}} = \frac{75 \text{ gram}}{638 \text{ gram/mol}} = 0.118 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot 12- HSA} &= \text{mol 12- HAS} \times \text{Mr 12-HSA} \\ &= (2 \times 0.118) \text{ mol} \times 300 \text{ gram/mol} \\ &= 70.533 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot Ca(OH)}_2 &= \text{mol Ca(OH)}_2 \times \text{Mr Ca(OH)}_2 \\ &= 0.118 \text{ mol} \times 92 \text{ gram/mol} \\ &= 10.815 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk memastikan semua asam 12-hidroksistearat habis bereaksi dengan kalsium hidroksida maka bobot kalsium hidroksida dibuat berlebih 5 persen.

$$\begin{aligned} \text{Bobot Ca(OH)}_2 \text{ berlebih} &= 10.815 \text{ gram} \times 5 \% \\ &= 0.541 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Total bobot kalsium hidroksida} = 10.815 + 0.541 = 11.356 \text{ gram}$$

Mol Kalsium asetat : Kalsium asam 12-hidroksistearat = 5 : 1

Mol Kalsium asetat = 0.588 mol

Karena koefisien garam kalsium asetat : kalsium hidroksida : asam asetat=1 : 1 : 2

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Bobot asam asetat} &= \text{mol asam asetat} \times \text{Mr asam asetat} \\ &= (2 \times 0.588) \text{ mol} \times 60 \text{ gram/mol} \\ &= 70.533 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bobot Ca(OH)}_2 &= \text{mol Ca(OH)}_2 \times \text{Mr Ca(OH)}_2 \\ &= 0.588 \text{ mol} \times 92 \text{ gram/mol} \\ &= 54.075 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk memastikan semua asam asetat habis bereaksi dengan kalsium hidroksida maka bobot kalsium hidroksida dibuat berlebih 5 persen.

$$\begin{aligned} \text{Bobot Ca(OH)}_2 \text{ berlebih} &= 54.075 \text{ gram} \times 5 \% \\ &= 2.704 \text{ gram} \end{aligned}$$

Total bobot kalsium hidroksida = 54.075 + 2.704 = 56.779 gram

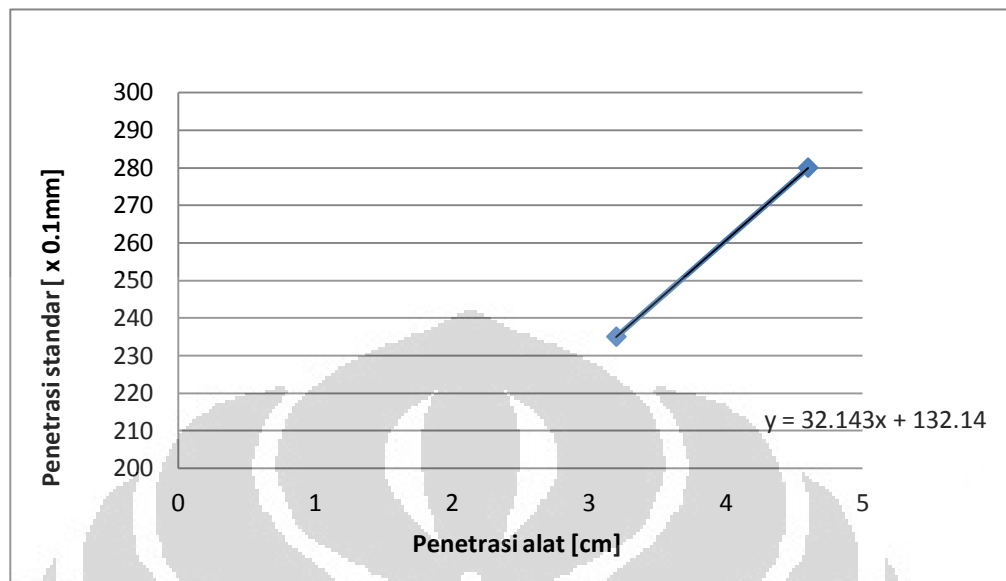
B. Data Kalibrasi Penetrometer

Pengkalibrasian penetrometer dilakukan sebelum melakukan uji penetrasi agar pengukuran yang dilakukan terhadap gemuk hasil percobaan dengan menggunakan skala yang sama untuk gemuk komersil standar yang telah diketahui nomor NLGI-nya.

Berikut ini data yang diperoleh dari kalibrasi:.

Penetrasi standar (x 0,1 mm)	Penetrasi alat (cm)
235 (NLGI 3)	3.2
280 (NLGI 2)	4.6

Berikut ini grafik hasil kalibrasi :



Dari grafik di atas dapat ditentukan nilai kalibrasi penetrometer yang digunakan dengan standar NLGI yaitu:

$$y = 32.143x + 132.14$$

$$\text{Penetrasi standar} = (32.143 \times \text{Penetrasi alat}) + 132.14$$

C. Data Koefisien Friksi

Pada pengujian *four ball* dilakukan juga pencatatan terhadap besarnya gesekan yang dialami oleh logam yang digunakan untuk menentukan besarnya koefisien friksi yang terjadi pada saat *running*.

Diket : $W = 3310 \text{ gram}$

$$L_2 = 15 \text{ cm}$$

$$L_1 = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Gaya } F_1 = F_2 \times (L_2 / L_1)$$

$$\text{Koefisien Friksi } (\mu) = F_1 / W$$

Tabel 1. Hasil Uji Koefisien friksi Gemuk Bio Campuran A

Sabun Kalsium 12HSA asetat [%]	F ₂ [gram]	F ₁ [gram]	Koefisien Friksi [-]
0	80	48	0.015
20	70	42	0.013
35	70	42	0.013
50	70	42	0.013
60	70	42	0.013
70	70	42	0.013
80	100	60	0.018
100	100	60	0.018

Ket : Gemuk Bio Campuran A = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1

Tabel 2. Hasil Uji Koefisien friksi Gemuk Bio Campuran B

Sabun Kalsium 12HSA asetat [%]	F ₂ [gram]	F ₁ [gram]	Koefisien Friksi [-]
0	50	30	0.009
20	40	24	0.007
35	40	24	0.007
50	40	24	0.007
60	40	24	0.007
70	40	24	0.007
80	70	42	0.013
100	70	42	0.013

Ket : Gemuk Bio Campuran B = Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat dan Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Keterangan
Gemuk Bio Tunggal	Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks atau Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks
Gemuk Bio Campuran	Pencampuran antara Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks
Gemuk Bio Campuran A	Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat maupun Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 3:1
Gemuk Bio Campuran B	Pencampuran Gemuk Lithium 12HSA Asetat Kompleks dan Gemuk Kalsium 12HSA Asetat Kompleks dengan rasio mol Lithium Asetat/Lithium hidroksistearat maupun Kalsium Asetat/Kalsium hidroksistearat sebesar 5:1