



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUNAAN ASAM STEARAT DAN ASAM OLEAT SEBAGAI
PENGANTI ASAM 12-HIDROKSISTEARAT DALAM PEMBUATAN
SABUN SEBAGAI *THICKENER* PADA GEMUK BIO KALSIMUM
KOMPLEKS**

SKRIPSI

**OKKY SEPTI DWIPUTRA ZAHIR
0606076665**

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUNAAN ASAM STEARAT DAN ASAM OLEAT SEBAGAI
PENGANTI ASAM 12-HIDROKSISTEARAT DALAM PEMBUATAN
SABUN SEBAGAI *THICKENER* PADA GEMUK BIO KALSIMUM
KOMPLEKS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**OKKY SEPTI DWIPUTRA ZAHIR
0606076665**

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

**DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Okky Septi Dwiputra Zahir

NPM : 0606076665

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : Penggunaan Asam Searat dan Asam Oleat sebagai Pengganti Asam 12-Hidroksisearat dalam Pembuatan Sabun sebagai *Thickener* pada Gemuk Bio Kalsium Kompleks

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 : Dr. Ir. Sukirno, M.Eng.

Penguji : M. Ibadurohman, ST., MT., Msc. Eng.

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

Penguji : Dr. Muhammad Saifan, Ssi., M.Eng.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Makalah Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Okky Septi Dwiputra Zahir

NPM : 0606076665

Tanda Tangan : 

Tanggal : 10 Juli 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan anugerahNya sehingga makalah skripsi dengan judul “Penggunaan Asam Stearat dan Asam Oleat Sebagai Penganti Asam 12-Hidroksistearat dalam Pembuatan Sabun Sebagai *Thickener* pada Gemuk Bio Kalsium Kompleks” dapat diselesaikan tepat waktu. Makalah ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Departemen kimia FTUI.

Dalam penyusunan makalah ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

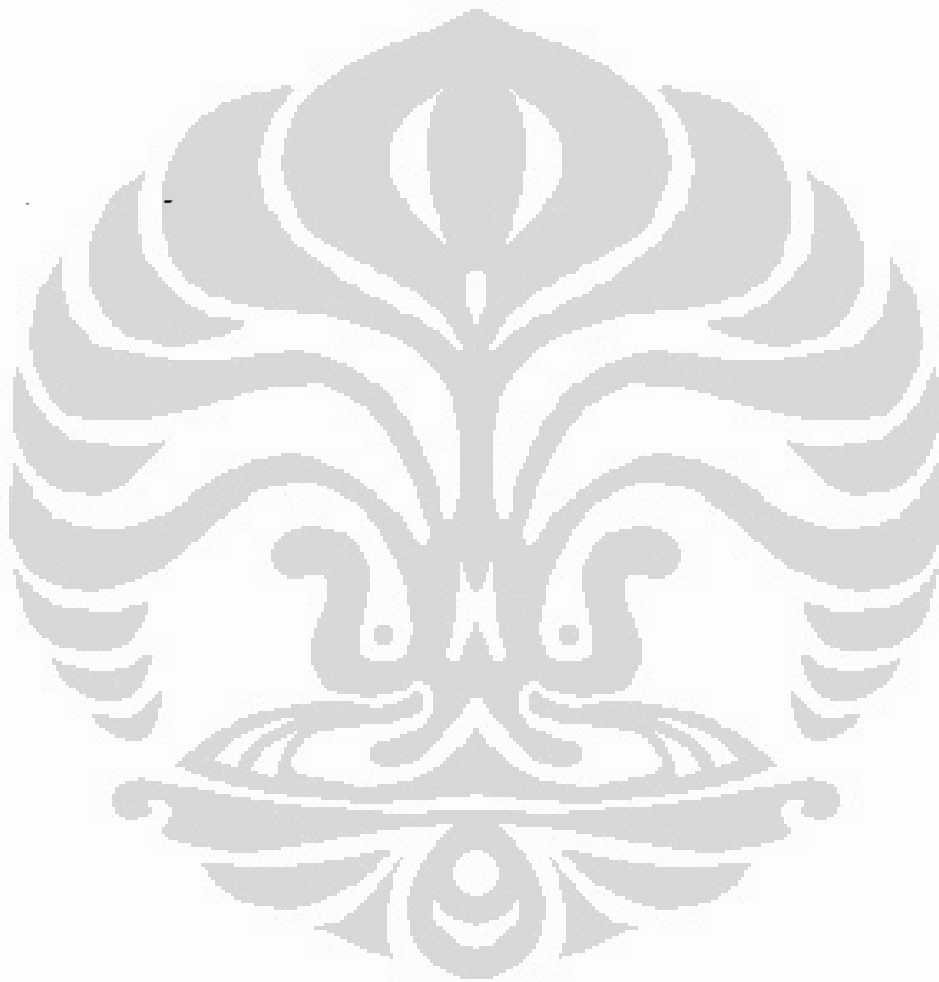
1. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA, selaku ketua Departemen Teknik Kimia FTUI.
2. Bapak DR.Ir. Sukirno, M.Eng selaku pembimbing seminar dan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng, selaku dosen mata kuliah metodologi penelitian.
4. Kedua orang tua dan saudara-saudara atas kasih sayang, perhatian, doa, dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.
5. Rekan kerja satu tim atas kerja sama dan bantuannya dalam penyusunan skripsi ini.
6. Teman-teman angkatan 2006, terutama Haryo Mumpuni P., yang senantiasa menemani penulis dalam mencari literatur di internet hingga larut malam.
7. Pihak-pihak lain, yang tidak dapat disebutkan oleh penulis satu persatu, yang telah memberikan kontribusi hingga seminar ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan yang masih terdapat dalam penulisan makalah ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca dalam rangka memperbaiki penulisan makalah ini di masa yang akan datang dan semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Depok, 27 Juni 2012



Penulis



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

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

Nama : Okky Septi Dwiputra Zahir

NPM : 0606076665

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 :

Penggunaan Asam Stearat dan Asam Oleat sebagai Pengganti Asam 12-Hidroksistearat dalam Pembuatan Sabun sebagai *Thickener* pada Gemuk Bio Kalsium Kompleks

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 memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagaipenulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 10 Juli 2012

Yang menyatakan



(Okky Septi Dwiputra Zahir)

ABSTRAK

Nama : Okky Septi Dwiputra Zahir
Program studi : Teknik Kimia
Judul : Penggunaan Asam Stearat dan Asam Oleat Sebagai Pengganti Asam 12-Hidroksistearat dalam Pembuatan Sabun Sebagai *Thickener* pada Gemuk Bio Kalsium Kompleks

Pada penelitian ini, telah dibuat gemuk *bio food grade* berbasis turunan minyak kelapa sawit menggunakan *thickener* sabun kalsium kompleks. Pada penelitian ini, sebagai komponen sabun utama akan digunakan asam stearat dan asam oleat serta asam oleat yang telah teroksidasi sebagai pengganti asam 12-hidroksistearat yang lebih umum digunakan. Dibuat variasi perbandingan massa *base oil* dengan *thickener* dengan variasi *thickener* 15% -19%. Untuk mendapatkan komposisi gemuk terbaik, rasio mol sabun utama dengan sabun pengompleks akan dibuat 1:5. Gemuk ini dibuat dengan tahapan saponifikasi di reaktor *batch* tertutup dengan skala 1 kg, pendinginan di *crystallizer* dan homogenisasi di homogenizer. Parameter uji pelumas gemuk yang dilakukan yaitu uji *dropping point* (ASTM D-566), uji penetrasi (ASTM D-217), dan uji anti aus *four ball* (ASTM D-4172). Hasil terbaik yang didapat yaitu gemuk pada komposisi 83% w/w *base oil* dan 17% w/w pengental dengan NLGI 2, dan *dropping point* 232 C untuk gemuk stearat dan 82% w/w *base oil* dengan NLGI 2, dan *dropping point* 263 C untuk gemuk oleat teroksidasi. Gemuk dengan menggunakan asam oleat setelah beberapa kali pembuatan, tidak mendapatkan hasil yang diinginkan.

Kata Kunci: asam 12 hidroksi stearat, asam stearat, asam oleat

ABSTRACT

Name : Okky Septi Dwiputra Zahir
Study Program : Chemical Engineering
Topic : The use Stearate Acid and oleic acid as Substitute of 12-hidroxy stearate in making soap as Thickener on Bio Calcium Complex Grease

In this research, we make bio food grade grease based palm-kernel oil that use complex calcium soap as thickener. In this research, as main soap component used stearate acid and oleic acid as well as epoxidized oleic acid as substitute of 12-hidroxy stearate acid that commonly used. Made variations of mass ratio of base oil and thickener with thickener variations are 15% - 19%. To get the best grease composition, mol ratio of main soap and complexing soap made 1:5. This grease made with stage of saponification on closed batch reactor with scale of 1 kg, cooling on crystallizer and homogenization on homogenizer. As lubricating grease test parameters are dropping point test (ASTM D-566), penetration test (ASTM D-217), and four ball anti-wear test (ASTM D-4172). The best result obtained is grease with composition of 83% w/w base oil and 17% w/w thickener with NLGI 2, and 232 C dropping point for stearat grease and 82% base oil with NLGI 2, and 263 C dropping point for epoxidized oleat grease. Grease using oleat acid not showing any good result after several experiments.

Key words: 12 hidroxy stearate acid, stearate acid, oleic acid

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH | vii |
| ABSTRAK | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Pembatasan Masalah | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Definisi Gemuk | 6 |
| 2.2 Fungsi Pelumas Gemuk | 7 |
| 2.3 Bahan Dasar Pembuatan Gemuk | 8 |
| 2.3.1 Minyak Dasar (<i>Base oil</i>) | 8 |
| 2.3.2 Pengental (<i>Thickener / Thickening Agent</i>) | 12 |
| 2.3.2 .1 Sabun | 12 |
| 2.3.2.1.1 Asam lemak yang digunakan | 13 |
| 2.3.2.1.1.1 Asam 12-Hidroksistearat | 13 |

| | | |
|-------------|--|----|
| 2.3.2.1.1.2 | Asam Stearat..... | 14 |
| 2.3.2.1.1.3 | Asam Oleat..... | 14 |
| 2.3.2.1.2 | Sabun yang digunakan dalam pembuatan gemuk kalsium..... | 15 |
| 2.3.2.1.2.1 | Sabun Kalsium Stearat..... | 15 |
| 2.3.2.1.2.2 | Sabun Kalsium Oleat..... | 16 |
| 2.3.2.1.2.3 | Sabun Kalsium Epoksida Oleat.... | 16 |
| 2.3.2.2 | Non Sabun..... | 17 |
| 2.3.3 | <i>Additive</i> | 17 |
| 2.3.3.1 | <i>Anti Oxidant</i> | 18 |
| 2.3.3.2 | <i>Exteme Pressure</i> | 18 |
| 2.3.3.3 | <i>Corrosion Inhibitor</i> | 19 |
| 2.3.3.4 | <i>Metal Deactivator</i> | 19 |
| 2.3.3.5 | <i>Anti Wear</i> | 19 |
| 2.4 | Pembuatan Gemuk Bio Kalsium Kompleks..... | 20 |
| 2.5 | Parameter Uji Gemuk..... | 21 |
| 2.5.1 | Konsistensi..... | 21 |
| 2.5.2 | Uji keausan (<i>four ball test</i>)..... | 24 |
| 2.5.3 | <i>Dropping Point</i> | 25 |

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

| | | |
|-------|------------------------------------|----|
| 3.1 | Metode Pelaksanaan Penelitian..... | 26 |
| 3.2 | Variabel Bebas dan terikat..... | 27 |
| 3.3 | Alat dan Bahan..... | 27 |
| 3.3.1 | Bahan..... | 27 |
| 3.3.2 | Alat..... | 27 |

| | | |
|------------------------|--|----|
| 3.4 | Proses Pembuatan Gemuk | 29 |
| 3.4.1 | Penentuan Komposisi | 29 |
| 3.4.2 | Sintesa Produk | 32 |
| 3.5 | Pengujian Kualitas Gemuk | 34 |
| 3.5.1 | <i>Penetration</i> (ASTM D-217)..... | 34 |
| 3.5.2 | <i>Dropping Point</i> (ASTM D-566) | 35 |
| 3.5.3 | Uji <i>Four Ball Test</i> (ASTM D-4172)..... | 35 |
| | | |
| BAB 4 PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Tampilan Fisik Gemuk..... | 37 |
| 4.2 | Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Uji Penetrasi | 39 |
| 4.3 | Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Uji Dropping point | 41 |
| 4.4 | Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Uji <i>Four Ball Test</i> | 44 |
| | | |
| BAB 5 KESIMPULAN | | 47 |
| | | |
| DAFTAR PUSTAKA | | 48 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Asam 12-Hidroksistearat | 14 |
| Gambar 2.2 Struktur Kalsium Stearat..... | 15 |
| Gambar 2.3 Struktur Kalsium Oleat | 16 |
| Gambar 2.4 <i>Penetration Tester</i> | 23 |
| Gambar 2.5 <i>Four Ball Test</i> | 24 |
| Gambar 2.6 Pengujian <i>Dropping Point</i> | 24 |
| | |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 25 |
| Gambar 3.2 Reaktor Bio Pelumas untuk Epoksidasi RBDPO | 27 |
| Gambar 3.3 Reaktor <i>Batch</i> Tertutup Skala Pilot | 27 |
| Gambar 3.4 <i>Homogenizer</i> | 28 |
| | |
| Gambar 4.1 Kurva Jumlah Pengaruh Pengental Terhadap Penetrasi | 42 |
| Gambar 4.2 Kurva Jumlah Pengaruh Pengental Terhadap <i>Dropping Point</i> | 44 |
| Gambar 4.3 Kurva Jumlah Pengaruh Pengental Terhadap Keausan Logam..... | 46 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Komposisi Bahan Baku Pembuatan Gemuk Secara Umum. | 6 |
| Tabel 2.2 | Kelebihan dan Kekurangan Minyak Mineral sebagai <i>Base Oil</i> | 9 |
| Tabel 2.3 | Kelebihan dan Kekurangan Minyak Sintetis sebagai <i>Base Oil</i> | 19 |
| Tabel 2.4 | Kelebihan dan Kekurangan Minyak Nabati sebagai <i>Base Oil</i> | 11 |
| Tabel 2.5 | Karakteristik Minyak Sawit..... | 12 |
| Tabel 2.6 | Sifat-sifat Fisik Kalsium Stearat | 15 |
| Tabel 2.7 | Karakteristik Gemuk Kalsium Kompleks yang Dibuat di Pasaran..... | 21 |
| Tabel 2.8 | Konsistensi Berdasarkan NLGI..... | 22 |
| | | |
| Tabel 3.1 | Komposisi Gemuk dengan variasi <i>Base Oil</i> yang Dibuat dengan Pengental Sabun Kalsium Oleat..... | 29 |
| Tabel 3.2 | Komposisi Gemuk dengan variasi <i>Base Oil</i> yang Dibuat dengan Pengental Sabun Kalsium Stearat..... | 29 |
| Tabel 3.3 | Komposisi Gemuk dengan variasi <i>Base Oil</i> yang Dibuat dengan Pengental Sabun Kalsium Epoksida Oleat..... | 30 |
| Tabel 3.4 | Data Pengaruh Jumlah Agen Pengompleks Terhadap Uji Penetrasi, <i>Dropping Point</i> , dan Uji Keausan | 34 |
| Tabel 4.1 | Hasil uji penetrasi terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium stearat | 41 |
| Tabel 4.2 | Hasil uji penetrasi terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium oleat terepoksidasi..... | 41 |
| Tabel 4.3 | Hasil uji <i>dropping point</i> terhadap gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium stearat..... | 43 |
| Tabel 4.4 | Hasil uji <i>dropping point</i> terhadap gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium oleat terepoksidasi | 43 |
| Tabel 4.5 | Hasil uji <i>four ball test</i> terhadap gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium stearat..... | 45 |
| Tabel 4.6 | Hasil uji <i>four ball test</i> terhadap gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium oleat terepoksidasi | 45 |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gemuk atau *grease* adalah pelumas semi padat atau cairan sangat kental, yang merupakan koloid padat-cair yang terbuat dari cairan minyak dasar (*base oil*) dan padatan pengental (*thickening agent*). Sifatnya yang semi padat ini menyebabkan gemuk selain dapat berperan sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antara 2 logam juga dapat berperan sebagai penyekat.

Berdasarkan *base oil* penyusunnya, gemuk diklasifikasikan menjadi 3 jenis. Gemuk mineral dibuat dari bahan dasar pelumas dari minyak mineral. Gemuk sintetik dibuat dari minyak sintetis. Gemuk bio dibuat dari minyak berbahan dasar minyak tumbuhan. Berdasarkan jenis bahan pengental yang digunakan, gemuk terbagi menjadi dua yaitu berbahan sabun dan non sabun. Sebagian besar gemuk dibuat dengan menggunakan sabun sebagai pengentalnya. Sabun tersebut dihasilkan melalui reaksi saponifikasi antara asam lemak dengan basa dari logam alkali. Alkali yang banyak digunakan adalah lithium, kalsium, dan sodium, sedangkan asam lemak yang digunakan adalah asam 12-hidroksistearat.

Pembuatan gemuk dengan berbasis *base oil* minyak mineral dengan menggunakan tiga jenis pengental yang berbeda yaitu sabun lithium 12-hidroksistearat ditambahkan boron ester dan sabun lithium 12-hidroksistearat ditambahkan pengomplek azelat, dengan hasil uji memiliki *dropping point* > 200 C pada tingkat NLGI 2 (Lorimor, 2009)

Pembuatan gemuk lithium berbasis *base oil* minyak sawit menggunakan pengental sabun lithium 12-hidroksistearat dan pengompleks kalsium azelat yang divariasikan komposisinya memiliki kondisi optimum pada *dropping point* > 220 C pada tingkat NLGI 2 (Haryo, 2010).

Penggunaan secara luas asam 12-hidroksistearat untuk pembuatan gemuk berpengental sabun disebabkan oleh beberapa alasan. Secara teknis asam 12-hidroksistearat dianggap sebagai asam lemak yang memiliki panjang rantai karbon paling ideal untuk digunakan sebagai komponen pembuatan sabun. Panjang rantai karbon asam lemak paling ideal sebagai komponen sabun pengental yaitu 18. Rantai karbon yang lebih kecil dari 18 akan menurunkan titik leleh dan mengurangi efek pengentalan, sedangkan panjang rantai karbon yang lebih besar dari 18 akan menaikkan kelarutannya dalam minyak dasar juga menurunkan efek pengentalan (Lansdown, 2007). Asam 12-hidroksistearat pada suhu ruang berbentuk padat, berwarna putih, larut dalam minyak, tidak larut dalam air, tidak berbahaya terhadap kulit dan merupakan asam lemak yang memiliki atom C-18 dan memiliki mempunyai gugus karboksilat dan hidroksida pada rantai karbon ke 12. Gugus hidroksi ini menjadi pembeda bagi asam 12-hidroksistearat jika dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Adanya gugus gugus hidroksi ini memungkinkan terjadinya interaksi antar molekul asam lemak maupun molekul asam lemak dengan molekul minyak melalui ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen pada asam lemak 12 hidroksi sterarat juga dianggap membuat *dropping point* gemuk yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan jika digunakan sabun pengental yang tidak memiliki gugus hidroksi.

Asam 12-hidroksistearat dibuat dari hidrolisa minyak jarak castor, oleh negara yang menghasilkan minyak tersebut. Walaupun Indonesia juga merupakan penghasil minyak jarak castor, namun sulit memperoleh asam 12-hidroksistearat. Sebagian besar jarak castor diekspor ke negara-negara penghasil asam 12-hidroksistearat, sedangkan kebutuhan akan asam 12-hidroksistearat di Indonesia masih mengandalkan impor dari luar dan sulit memperolehnya di pasaran.

Disisi lain, Indonesia merupakan penghasil minyak sawit yang besar dan telah dapat memproduksi asam lemak melalui hidrolisa minyak sawit tersebut. Diantara

jenis asam lemak yang dihasilkan yaitu asam stearat dan asam oleat, yang memiliki panjang rantai C-18. Dari sisi panjang rantai hidrokarbon kedua jenis asam lemak ini serupa dengan asam 12-hidroksistearat namun, berbeda dalam hal gugus hidroksinya. Oleh karena itu beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencoba menggunakannya sebagai komponen pembuatan gemuk, menggantikan asam 12-hidroksistearat.

Pembuatan gemuk aluminium berbasis *base oil* minyak sawit menggunakan pengental kompleks sabun aluminium stearat dan sabun aluminium benzoat yang divariasikan komposisinya memiliki kondisi optimum pada *dropping point* 218 °C pada NLGI 2 (Monica, 2009).

Penggunaan asam oleat dalam pembuatan gemuk juga dibuat dengan skala industri pada tahun 2011 dengan nama produk SumTech *FGCO* oleh *Summit Industrial Product* . Produk ini dihasilkan dengan menggunakan *base oil* berbasis hidrokarbon sintetis dan sebagai pengentalnya adalah sabun kalsium oleat. Produk gemuk ini memiliki *dropping point* > 320 °C pada tingkat NLGI 2.

Pada penelitian ini akan digunakan asam stearat dan asam oleat, dan asam oleat yang telah diepoksidasi sebagai pengganti dari asam 12-hidroksistearat untuk komponen sabun pada pembuatan gemuk bio kalsium dengan *base oil* minyak sawit. Diharapkan kedua jenis asam lemak ini dapat memberikan produk gemuk bio kalsium kompleks yang memiliki sifat dan ketahanan yang mendekati gemuk bio kompleks yang menggunakan asam 12-hidroksistearat.

Pada penelitian ini, rasio sabun utama dan sabun pengompleks adalah 1:5, sebagai komposisi optimum yang dihasilkan sebelumnya (Wulandari, 2009). Pada penelitian ini dilakukan variasi komposisi campuran *base oil* dan pengental. Gemuk yang dihasilkan dari setiap variasi campuran akan diuji kualitasnya melalui pengukuran tingkat konsistensi (kekerasannya), *dropping point*, kemampuan mencegah keausan (*fourball test*). Hasilnya kemudian dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang dirumuskan beberapa permasalahan yang ada pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penggantian asam 12-Hidroksistearat dengan asam Stearat terhadap uji *dropping point*, *four ball test* dan *penetration value*?
2. Bagaimana pengaruh penggantian asam 12-Hidroksistearat dengan asam Oleat yang telah diepoksidasi terhadap uji *dropping point*, *four ball test* dan *penetration value*?
3. Bagaimana komposisi yang terbaik dari penggunaan asam stearat dan asam oleat sebagai pengganti? sehingga kualitas gemuk bio lithium kompleks menjadi lebih baik dibandingkan gemuk komersil.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Diperoleh produk gemuk bio kalsium yang terbuat dari sabun kalsium-stearat dan kalsium-oleat memiliki nilai *dropping point* mendekati dengan gemuk kalsium dari sabun kalsium-hidroksistearat.
2. Didapatkan hubungan antara penambahan perubahan komposisi *base oil* dan sabun dengan nilai *penetration* dan nilai *four ball test*.
3. Didapatkan komposisi produk gemuk bio kalsium dari sabun oleat dan stearat yang memiliki kualitas mendekati atau mungkin bahkan lebih jika dibandingkan dengan gemuk dari hasil sabun hidroksistearat.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam makalah ini adalah :

1. Komposisi *thickener* yang digunakan pada pembuatan gemuk bio kalsium adalah sebesar 15 % dari total komposisi gemuk dan dilakukan variasi – variasi komposisi campuran.
2. Rasio mol antara sabun utama dan sabun pengompleks dijaga tetap yaitu 1 : 5

3. Base oil yang digunakan adalah epoksidasi RBDPO (*Refined Bleach Deodorized Palm Oil*) dari berbagai minyak kelapa sawit dengan asumsi kandungan asam lemak yang dikandung sama.
4. Pengujian yang dilakukan untuk menguji kualitas gemuk bio kalsium adalah uji *dropping point*, *penetration value*, dan *four ball test*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan makalah ini disusun sebagai berikut :

Abstrak

BAB 1 : Pendahuluan

Bab ini berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan

BAB 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan tentang gemuk pelumas, bahan dasar gemuk pelumas, proses pembuatan gemuk bio kalsium, dan parameter uji gemuk bio.

BAB 3 : Metode Penelitian

Bab ini berisikan tentang diagram alir penelitian, bahan dan alat yang digunakan, serta prosedur penelitian analisa gemuk pelumas dengan menggunakan alat *penetration*, *dropping point*, dan *four ball test*

BAB 4 :

Bab ini berisikan hasil dari penelitian beserta hasil uji gemuk, seperti uji penetrasi, uji *dropping point*, dan uji keausan (*fourball test*).

BAB 5 :

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Gemuk

Gemuk adalah pelumas semi padat, atau cairan yang sangat kental yang dibuat dengan cara mendispersikan pengental (*thickening agent*), biasanya sabun, kedalam minyak dasar (*base oil*) . Jadi, pada prinsipnya pelumas gemuk merupakan suatu dispersi koloidal dari thickener atau bahan pengental dalam minyak pelumas yang dibentuk melalui pemanasan dua komponen tersebut secara bersamaan hingga *thickener* mengembang dan mengabsorb minyak (Sharma dkk, 2005).

Komposisi gemuk secara umum dapat dilihat dari tabel berikut

Tabel 2.1 Komposisi bahan baku pembuatan gemuk secara umum

| Bahan Baku | % Komposisi |
|-----------------------------------|-------------|
| <i>Base oil</i> | 75-95 |
| <i>Thickening agent/Thickener</i> | 5-20 |
| Aditif | 0-15 |

(Sumber: Adhvaryu, 2004)

Base oil merupakan komponen pelumasan utama yang memberikan sifat melumaskan pada gemuk. *Base oil* yang digunakan dapat diperoleh dari minyak mineral, minyak sintetis, maupun minyak hasil olahan dari tumbuhan atau minyak nabati.

Thickener merupakan komponen pengental atau memberikan sifat semi padat pada gemuk. Hal ini dikarenakan partikel sabun didalam gemuk tidak berbentuk bulat atau butiran, melainkan merupakan struktur seperti jalinan benang sehingga memberikan tekstur berserat . Bahan pengental dapat berasal sabun (*soap*) atau dari bukan sabun (*non soap*), *thickener* yang berasal dari *soap* merupakan reaksi antara asam lemak dengan alkali hidroksida.

2.2 Fungsi Pelumas Gemuk

Pelumas gemuk memiliki fungsi utama yang sama dengan pelumas umumnya, yaitu berfungsi untuk mengurangi gesekan dan keausan antara dua bidang atau permukaan yang saling bersinggungan atau bergesekan. Fungsi lain dari gemuk yaitu :

1. Mencegah masuknya debu dan kotoran lain ke dalam komponen mesin karena memiliki struktur yang semi padat sehingga dapat menghalangi masuknya debu dan kotoran.
2. Mencegah terjadinya korosi akibat debu dan kotoran yang masuk.
3. Mengurangi kebisingan mekanis

Gemuk pelumas umumnya digunakan pada:

A, Mesin yang bekerja tidak periodik atau mesin yang tidak dipakai dalam waktu periode yang lama. Hal ini dikarenakan lapisan film pelumas pada gemuk pelumas dapat segera terbentuk (Albert,1999).

1. Mesin yang tidak dapat dicapai untuk pelumasan berkali-kali. Atau dengan kata lain mesin yang sulit untuk dilakukan penggantian pelumas cair, sehingga penggunaan gemuk pelumas dapat lebih efektif untuk melumasi bagian mesin ini.
2. Mesin-mesin yang beroperasi di bawah kondisi operasi temperatur tinggi dan tekanan tinggi. Mesin bekerja pada kecepatan rendah dan muatan yang berat.

Berdasarkan sifatnya gemuk pelumas memiliki keunggulan yaitu :

- 1) Berfungsi sebagai *sealant*

Fungsi sebagai *sealant* berarti *grease* dapat mencegah kebocoran dari pelumas atau dapat menghindarkan kontak dengan air dan udara sehingga dapat mencegah proses korosi .

- 2) Lebih murah dan efisien dalam penerapan di mesin

Mesin yang memiliki sistem pelumasan dengan pelumas cair membutuhkan sistem untuk sirkulasi. Hal ini akan mempertinggi biaya kerja, sehingga akan lebih mahal dibandingkan sistem yang menggunakan gemuk pelumas. Sebagai pembanding gemuk pelumas dalam penggunaannya tidak membutuhkan pompa sirkulasi sehingga akan lebih murah .

3) Dapat menahan padatan dalam suspensi

Kemampuan dapat menahan padatan dalam bentuk suspensi pelumas menjadi keunggulan gemuk pelumas sehingga dapat ditambahkan *additive* yang akan menaikkan unjuk kerjanya. Sebagai contoh *additive* yang berfungsi sebagai *extreme pressure* yaitu *molybdenum disulfide* atau *graphite* (Albert, 1999).

Disamping memiliki beberapa keunggulan gemuk pelumas juga memiliki kelemahan yaitu :

1) Lemah pada siklus pendinginan

Panas yang timbul pada saat terjadi friksi diantara dua metal tidak dapat terbawa melalui siklus konveksi hal ini dikarenakan gemuk pelumas tidak dapat bersirkulasi seperti pelumas cair.

2) Kesulitan dalam melakukan penggantian dibandingkan pelumas cair.

2.3 Bahan Dasar Gemuk Pelumas

Bahan utama pembentuk gemuk yaitu *base oil* (pelumas utama) , pengental (*thickener*), dan aditif. Proses yang dialami yaitu proses pengisian bahan baku, epoksidasi, penyabunan (saponifikasi), dan proses penyelesaian akhir (pencampuran).

2.3.1 Minyak Dasar (*Base oil*)

Base oil merupakan komponen utama dan terbesar pada gemuk pelumas. *Base oil* inilah yang berperan sebagai pelumas utama yaitu berperan sebagai bahan untuk memperkecil gaya gesek pada permukaan logam yang bergesekan. Komposisi *base oil* dari gemuk pelumas itu adalah 75-90 % dari total komposisi gemuk pelumas (Dizi,

2008). *Base oil* dapat berupa minyak mineral (hasil olahan minyak bumi), minyak sintetik, maupun minyak hasil olahan tumbuhan (minyak nabati). Dalam gemuk pelumas *bio*, *base oil* yang digunakan harus bersifat mudah diuraikan secara organik, dan minyak tumbuhan memenuhi kriteria tersebut karena berasal dari bahan organik yang dapat terurai (*biodegradable*). Dalam penelitian-penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, minyak sawit memiliki kriteria yang dapat digunakan sebagai *base oil* dalam pembuatan gemuk pelumas.

A. Minyak Mineral

Minyak mineral secara umum dapat diartikan sebagai minyak yang diperoleh dari *petroleum* (Iansdown, 1982). Minyak mineral merupakan bahan utama dalam pembuatan pelumas gemuk yang paling banyak dipakai saat ini. Kelebihan dan kekurangan minyak mineral pada pembuatan gemuk pelumas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan minyak mineral sebagai *base oil*

| Minyak Mineral | |
|---|---|
| Kelebihan | Kekurangan |
| <ul style="list-style-type: none"> a. Jangkauan suhu operasi relatif luas sehingga dapat digunakan secara luas b. Sifat-sifat fisika dan kimianya mudah dikontrol c. Tidak beracun (khusus <i>white mineral oil</i>) d. Mudah bercampur dengan aditif e. Tidak membentuk emulsi dengan air | <ul style="list-style-type: none"> a. Ketersediaannya semakin menipis seiring dengan penurunan ketersediaan minyak bumi b. <i>Biodegradability</i>-nya rendah sehingga dapat mencemari lingkungan bila terbuang ke alam |

B. Minyak Sintetis

Minyak sintetis merupakan minyak yang dibuat melalui sintesis kimiawi dengan memadukan senyawa-senyawa yang memiliki berat molekul rendah dan

viskositas yang memenuhi syarat sebagai bahan dasar pelumas . Kelebihan dan kekurangan minyak sintetis dalam pembuatan gemuk dapat dilihat dari tabel dibawah

Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan minyak sintetis sebagai *base oil*

| Minyak Sintetis | |
|--|---|
| Kelebihan | Kekurangan |
| a. Dapat merekayasa struktur minyak yang dihasilkan sedemikian rupa sehingga didapat minyak sintetis yang karakteristiknya sesuai dengan yang diharapkan b. Kestabilan yang tinggi baik pada temperatur tinggi maupun temperatur rendah | Proses produksi minyak sintetis sangat mahal dan terkadang tidak ekonomis |

C. Minyak Nabati

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

Kelebihan dan kekurangan minyak nabati dalam pembuatan gemuk dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.4 Kelebihan dan kekurangan minyak nabati sebagai *base oil*

| Minyak Nabati | |
|---|---|
| Kelebihan | Kekurangan |
| a. Dapat dengan mudah terdegradasi oleh lingkungan sehingga lebih bersifat ramah lingkungan b. Tidak beracun karena berasal dari | Struktur rantai yang banyak mengandung ikatan tidak jenuh sehingga mudah teroksidasi dan membentuk asam lemak |

| | |
|--|---|
| bahan alami | yang dapat menyebabkan koroasi pada komponen yang terbuat dari logam |
| c. Aman, tidak mudah terbakar karena memiliki flash point yang sangat tinggi yaitu lebih dari 290 ⁰ C | Sangat mudah terbentuk emulsi dengan air yang merupakan pelarut organik sehingga sulit dalam pemisahannya |
| d. Dapat diperbaharui (dapat diregenerasi) | |

Minyak nabati yang dapat digunakan adalah: minyak kelapa sawit, minyak kacang kedelai, minyak biji bunga matahari, minyak zaitun, minyak jarak dan lain sebagainya . Minyak sawit merupakan minyak nabati yang paling melimpah dan paling banyak dibuat didunia. Pemilihan minyak sawit dalam penelitian ini karena mudahnya memperoleh minyak sawit dan harganya yang cukup murah.

Minyak sawit bersifat padat pada suhu kamar, dengan titik cair berkisar antara 40-70 ⁰C, hal ini dikarenakan minyak sawit mengandung beberapa macam asam lemak yang mempunyai titik cair yang berbeda-beda. Karakteristik dari minyak sawit dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Karakteristik Minyak Sawit (Rondang, 2006)

| Karakteristik | Nilai |
|---|-------------|
| Specific Gravity pada 37,8 ⁰ C | 0,898-0,901 |
| Iodine Value | 44-58 |
| Saponification Value | 195-205 |
| Unsaponification Value, % | < 0.8 |
| Titer, ⁰ C | 40-47 |

2.3.2 Pengental (*Thickener / Thickening Agent*)

Bahan pengental atau *thickener* adalah pembentuk dari gemuk pelumas, *thickener* dapat berasal dari sabun (*soap*) alkali dan alkali tanah atau dapat juga berasal dari bukan sabun (*non soap*) . *Thickener* yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas dari gemuk yang dihasilkan, seperti sifat ketahanan pada tekanan tinggi, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan ketahanan terhadap air. Berikut akan dijelaskan tentang pengental dari sabun dan non sabun.

2.3.2.1 Sabun (*Soap*)

Sabun merupakan bahan pengental yang terbentuk melalui mekanisme saponifikasi yaitu penyabunan antara asam lemak dengan alkali. Asam lemak yang digunakan dapat berasal dari hewan maupun tumbuhan. Sedangkan alkali yang digunakan adalah jenis logam dari golongan alkali dan alkali tanah seperti kalsium, lithium dan sodium.

Asam lemak terbaik yang digunakan dalam pembuatan sabun pengental yaitu asam lemak dengan jumlah rantai atom karbon 18 (Lansdown, 2007). Panjang rantai karbon dalam asam karboksilat ini berpengaruh terhadap kemampuan dari sabun larut kedalam *base oil*.

Ikatan karbon ikatan rangkap yang terdapat dalam asam karboksilat menjadikan sabun lebih larut dalam minyak dasar mineral, mengurangi efek pengentalan, menurunkan *dropping point*, dan bahkan menurunkan kestabilan oksidasi sehingga jarang digunakan. Untuk memaksimalkan hasil yang didapat, asam lemak yang memiliki ikatan rangkap ini terlebih dahulu diepoksidasi.

Perbedaan pokok antara gemuk pelumas yang menggunakan *thickener* dari sabun dengan yang menggunakan *thickener* bukan sabun adalah ketika bekerja pada suatu kondisi operasi yang menyebabkan kenaikan temperatur maka gemuk pelumas yang menggunakan *thickener* sabun akan terjadi perubahan fasa menjadi cair sedangkan gemuk pelumas yang menggunakan *thickener* bukan sabun hanya akan lembek saja.

2.3.2.1.1 Asam Lemak Yang Digunakan

Dalam pembuatan sabun, asam lemak yang akan digunakan tentunya harus memiliki kriteria tertentu. Panjang rantai karbon asam lemak paling ideal sebagai komponen sabun pengental yaitu 18. Rantai karbon yang lebih kecil dari 18 akan menurunkan titik leleh dan mengurangi efek pengentalan, sedangkan panjang rantai karbon yang lebih besar dari 18 akan menaikkan kelarutannya dalam minyak dasar juga menurunkan efek pengentalan (Lansdown, 2007)

Asam lemak yang dapat digunakan dalam pembuatan sabun dan memenuhi kriteria rantai karbon 18 yaitu asam 12-hidroksistearat, asam stearat, dan asam oleat.

2.3.2.1.1.1 Asam 12-Hidroksistearat

Asam 12-hidroksistearat merupakan asam lemak jenuh yang diperoleh dari hidrolisa minyak jarak castor.

Asam 12 hidroksi stearat adalah asam lemak yang diperoleh melalui hidrogenasi dan hidrolisis castor oil. Asam 12 hidroksi stearat berwarna putih, tidak beracun, tidak berbahaya, larut dalam sejumlah pelarut organik, dan tidak larut dalam air. Asam 12 hidroksi stearat dapat meningkatkan *performance* secara keseluruhan dengan tekstur yang lebih baik, meningkatkan *heat stability*, dan meningkatkan *dropping point*.

Terdapatnya gugus hidroksi pada asam lemak ini menjadikan asam 12-hidroksistearat memiliki kriteria yang cocok untuk dijadikan bahan baku gemuk pelumas. Ikatan hidrogen pada asam 12-hidroksistearat ini yang diduga berperan kuat dalam meningkatkan *dropping point*, *heat stability* dan tekstur yang bagus. Gugus hidroksi ini membentuk ikatan hidrogen sehingga dapat mengikat minyak lebih kuat dan juga berperan dalam meningkatkan titik leleh.

Sejauh ini, asam 12 hidroksi stearat digunakan oleh Pertamina sebagai bahan baku pembuatan gemuk pelumas dan untuk memperolehnya, Pertamina mengimpor asam 12 hidroksi stearat dari negara-negara seperti India dan Amerika



Gambar 2.1 Asam 12 Hidroksi Stearat

2.3.2.1.1.2 Asam Stearat

Asam stearat adalah asam lemak jenuh yang mudah diperoleh dari lemak hewani serta minyak masak. Wujudnya padat pada suhu ruang, dengan rumus kimia $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$. Asam stearat memiliki titik didih $361\text{ }^\circ\text{C}$ dan Titik lebur $69.6\text{ }^\circ\text{C}$. Tidak terdapatnya ikatan rangkap pada asam stearat merupakan keunggulan tersendiri. Sifat jenuhnya ini membuat asam stearat tahan terhadap oksidasi. Mudahnnya memperoleh asam stearat di Indonesia diharapkan dapat menggantikan peran asam 12-hidroksistearat dalam pembuatan lemak.

2.3.2.1.1.3 Asam Oleat

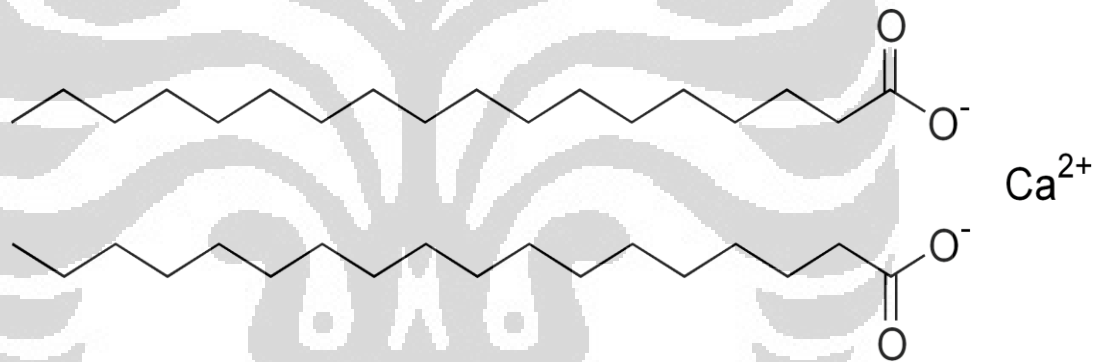
Asam oleat merupakan asam lemak tak jenuh yang banyak dikandung dalam minyak zaitun. Asam ini tersusun dari 18 atom C dengan satu ikatan rangkap diantara atom C ke-9 dan ke-10. Rumus kimia: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CHCH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$. Asam lemak ini pada suhu ruang berupa cairan kental dengan warna kuning pucat atau kuning kecoklatan. Asam ini memiliki titik leburnya $15.3\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik didihnya $360\text{ }^\circ\text{C}$. Terdapatnya ikatan rangkap (tidak jenuh) pada asam oleat ini mengakibatkan asam oleat mudah teroksidasi. Hal ini nantinya akan berpengaruh pada ketahanan oksidasi lemak yang akan dihasilkan. Untuk menghilangkan ikatan rangkap pada asam oleat ini, perlu dilakukan epoksidasi terlebih dahulu. Selain itu, epoksidasi juga memungkinkan muncul gugus hidroksi seperti yang dimiliki oleh asam 12-Hidroksistearat jika bereaksi dengan air pada temperature panas saat didalam reaktor.

2.3.2.1.2 Sabun yang Digunakan dalam Pembuatan Gemuk Kalsium

Sabun kalsium yang dapat digunakan sebagai pengental untuk menggantikan sabun kalsium 12-hidroksistearat yaitu sabun kalsium stearat, sabun kalsium Oleat, dan sabun kalsium epoksida oleat.

2.3.2.1.2.1 Sabun Kalsium Stearat

Kalsium stearat merupakan sabun yang diperoleh dengan memanaskan kalsium oksida atau kalsium hidroksida dengan asam stearat yang merupakan suatu asam lemak. Sabun ini tidak larut dalam air dan tidak terlalu berbusa. Sifat sulit larut dalam air ini memiliki nilai tambah sebagai pengental pada sabun karena gemuk yang didapatkan memiliki sifat yang tahan air.



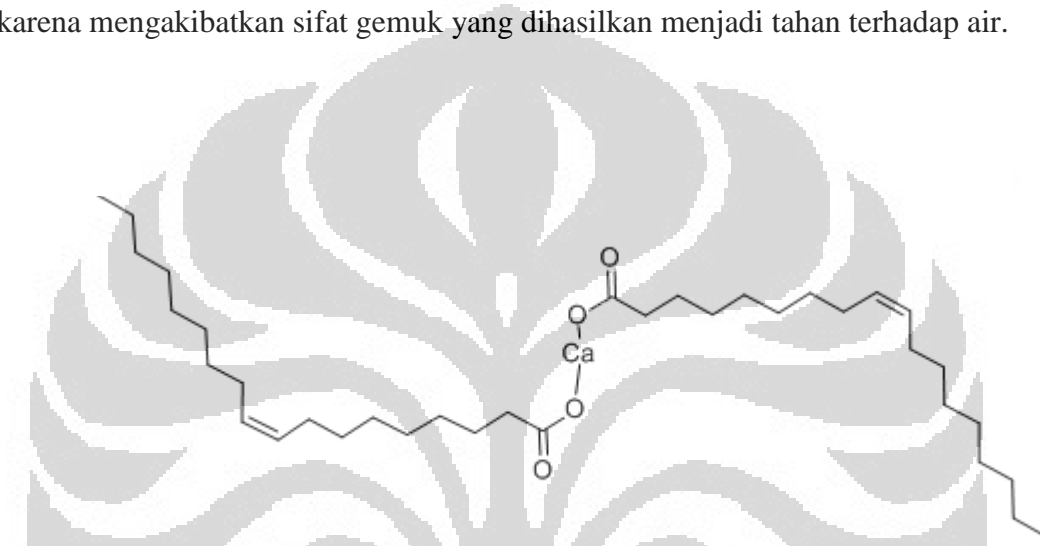
Gambar 2.2 Struktur molekul kalsium stearat

Tabel 2.6 Sifat fisik kalsium stearat

| | |
|---------------------|--|
| Rumus molekul | C ₃₆ H ₇₀ CaO ₄ |
| Massa molar | 607,02 gr/mol |
| Bentuk | Bubuk putih hingga putih kekuningan |
| Densitas | 1,08gr / cm ³ |
| Titik leleh | 1550C |
| Kelarutan dalam air | 0,004 gr/100ml pada suhu 15C |

2.3.2.1.2.2.Sabun Kalsium Oleat

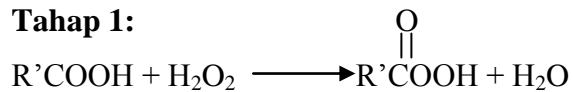
Kalsium oleat dibuat dengan mereaksikan asam oleat dengan kalsium hidroksida. Seperti halnya kalsium stearat, kalsium oleat juga sulit larut dalam air, ini dikarenakan terdapatnya 2 buah gugus oleat yang saling berseberangan, yang mengakibatkan molekul sabun menjadi tidak polar. Sifat yang kurang polar ini menjadi kelebihan dari sabun kalsium sebagai komponen pengental dalam gemuk karena mengakibatkan sifat gemuk yang dihasilkan menjadi tahan terhadap air.



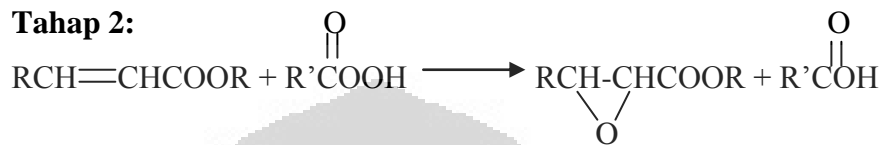
Gambar 2.3 Struktur molekul kalsium oleate

2.3.2.1.2.3 Sabun kalsium epoksida oleat

Pada pembuatan sabun kalsium ini, dilakukan epoksidasi terlebih dahulu terhadap asam oleat. Epoksidasi ini bertujuan untuk menghilangkan ikatan rangkap yang terdapat pada asam oleat. Dengan hilangnya ikatan rangkap ini, sabun yang didapat menjadi lebih jenuh sehingga sulit dioksidasi. Epoksidasi dilakukan dengan mereaksikan asam oleat dengan hidrogen dan bantuan dari asam formiat sebagai katalis. Secara keseluruhan reaksi terjadi dalam 2 tahap, dapat dilihat pada gambar dibawah:

Tahap 1:

(asam formiat)

Tahap 2:

Setelah dilakukan epoksidasi, epoksida oleat kemudian direaksikan dengan kalsium hidroksida untuk mendapatkan sabun kalsium hasil epoksidasi oleat.

Reaksi penyabunan pada penelitian ini :

1. Asam oleat + Kalsium Hidroksida → Kalsium oleat + air
2. Asam stearat + Kalsium Hidroksida → Kalsium stearat + air
3. Asam oleat hasil epoksidasi + Kalsium Hidroksida → Kalsium oleat epoksida + air

2.3.2.2 Bukan Sabun (*Non Soap*)

Thickener non sabun merupakan bahan pengental yang tidak menggunakan asam lemak dan alkali sebagai bahan pengental. Gemuk yang dihasilkan dengan menggunakan bahan pengental jenis ini akan lebih mampu bertahan pada temperatur tinggi tidak mudah mencair sehingga mampu memberikan pelumasan pada mesin mesin dengan baik.

2.3.3 Additive

Additive digunakan untuk meningkatkan performa gemuk pelumas. *Additive* akan menyempurnakan kinerja dari gemuk pelumas, bahkan *additive* akan menutupi kekurangan yang ada pada gemuk pelumas. Dengan adanya *additive* kemampuan dari sifat alamiah dari pelumas akan meningkat. Sehingga dengan adanya *additive* maka usia pemakaian dari gemuk pelumas menjadi lebih lama disamping kemampuannya untuk melindungi logam yang dilumasi menjadi lebih baik.

Secara umum *additive* adalah senyawa-senyawa yang dapat meningkatkan performa dari gemuk pelumas, dengan adanya *additive* maka gemuk pelumas akan tahan terhadap tekanan yang ekstrem, tahan terhadap oksidasi, tahan terhadap korosi. Dan dapat lebih menjaga keausan dari logam yang dilumasi. Beberapa *additive* yang biasa digunakan adalah *anti oxidant*, *extreme pressure*, *corrosion inhibitor*, *metal deactivator*, *anti wear*.

2.3.3.1 Anti Oxidant

Anti Oxidant adalah *additive* yang berfungsi mencegah terjadinya oksidasi terhadap molekul-molekul gemuk. Oksidasi pada gemuk pelumas dapat terjadi pada *lubricating oil (base oil)* dan asam lemak. Akibat proses oksidasi ini maka akan menghasilkan senyawa-senyawa *peroxide*, terutama *hydroperoxide* yang bersifat asam. Dengan adanya asam yang terbentuk maka akan menyebabkan terbentuknya karat pada logam yang dilumasi. *Anti Oxidant*, akan bereaksi dengan senyawa *peroxide* yang terbentuk dan menghasilkan suatu *inhibitor radical*, dimana *inhibitor radical* ini tidak dapat bereaksi lagi, baik dengan *oxygen* maupun molekul-molekul gemuk (Dizi, 2007).

2.3.3.2 Extreme Pressure

"*Extreme pressure (EP)* adalah *additive* yang dapat mencegah keausan yang terjadi pada saat terjadi beban yang berat diakibatkan tekanan yang ekstrim" (Albert, 1999, hal. 50). *Extreme pressure* membentuk suatu lapisan film pada logam yang dilumasi menjadi sangat keras (*solid friction*) sehingga mencegah keausan. Keausan yang terjadi pada suatu peralatan dapat dibagi menjadi tiga tipe yaitu :

1) *Abrasive wear*

Adalah keausan yang disebabkan oleh karena adanya gesekan antara permukaan logam suatu peralatan dengan *abrasive contaminant* (unsur lain yang sifatnya dapat menggores misalnya : debu dan partikel logam).

2) *Corrosive wear*

Adalah keausan yang disebabkan karena adanya pengaruh senyawa-senyawa asam terhadap permukaan logam suatu peralatan.

3) *Adhesive wear*

Adalah keausan yang disebabkan oleh karena adanya *metal to metal contact* antara permukaan logam yang bergerak.

2.3.3.3 *Corrosion Inhibitor*

Corrosion inhibitor adalah *additive* yang dapat melindungi permukaan peralatan yang terbuat dari bahan bukan metal (*non ferrous metal*), terhadap pengaruh senyawa asam untuk menghindari terjadinya korosi (Albert,1999, hal. 56). Mekanisme kerja *additive* di dalam gemuk pelumas adalah bereaksi dengan peralatan bukan metal sehingga membentuk lapisan yang tahan terhadap korosi yang melekat kuat pada permukaan logam tersebut sehingga lapisan tersebut akan menghalangi logam dengan oksigen dan senyawa asam yang terbentuk akibat oksidasi *lubricating oil (base oil)* atau asam lemak.

2.3.3.4 *Metal Deactivator*

Memiliki fungsi yang hampir sama dengan *anti oxidant*, namun mekanisme kerjanya berbeda. Terjadinya oksidasi dapat dipercepat oleh logam-logam seperti tembaga, besi dan lain-lain, karena logam-logam tersebut bertindak sebagai katalisator. *Metal deactivator additive* akan bereaksi dengan permukaan logam yang dilumasi sehingga membuat logam-logam yang bertindak menjadi katalisator tersebut menjadi tidak aktif, sehingga oksidasi bisa dicegah. Contoh *additive* yang bertindak sebagai metal deactivator adalah *heterocyclic sulfur-nitrogen compound*.

2.3.3.5 Anti Wear

Anti wear adalah *additive* yang berfungsi untuk mengurangi gesekan terutama ketika mesin baru dijalankan, karena anti wear membuat lapisan film pada permukaan logam dan dapat menahan pelumas sehingga tidak lepas ikatannya dengan logam yang dilumasi contoh senyawa yang tergolong *additive anti wear* adalah *alkyl derivative of 2-5 di mercapte 1-3-4 thiadiazol*.

2.4 Pembuatan Gemuk Bio Kalsium Kompleks

Pembuatan gemuk bio kalsium kompleks bukan yang pertama kali dilakukan. Hasil pembuatan gemuk bio kalsium kompleks yang pernah dilakukan dapat digunakan sebagai pembanding dan diharapkan penelitian ini jika dilakukan dengan pengental yang berbeda, hasil uji kualitasnya mendekati nilai uji yang pernah dibuat sebelumnya. Pembuatan gemuk bio kalsium kompleks yang digunakan sebagai pembanding, yaitu :

i. Pembuatan Gemuk Bio Kalsium Kompleks, DTK 2009.

Pembuatan gemuk bio kompleks oleh Maria Wulandari dilakukan dengan mereaksikan kalsium hidroksida dengan asam 12-hidroksistearat sebagai sabun utama dan kalsium hidroksida dengan asam asetat sebagai sabun pengompleks sebagai pengental. Base oil yang digunakan dalam percobaan ini adalah minyak sawit yang telah diepoksidasi.

Dalam percobaan ini, persentase base oil dengan pengental dibuat tetap dengan rasio massa 85% *base oil* dan 15 % pengental. Pada pengental, perbandingan antara mol sabun kompleks, yaitu kalsium hidroksistearat dan kalsium asetat diubah-ubah sampai didapat komposisi yang paling bagus.

Hasil terbaik dari percobaan ini adalah didapat rasio mol antara sabun kompleks dan sabun utama sebesar 5 : 1. Pada percobaan ini berhasil didapatkan gemuk dengan NLGI 2 dan *dropping point* pada 324 °C. Pembuatan sabun kompleks kalsium dengan menggunakan asam stearat dan asam oleat serta asam oleat

terepoksidasi sebagai pengganti asam 12-hidroksistearat diharapkan memiliki nilai uji kualitas yang mendekati pada percobaan ini.

ii. Pembuatan Produk Gemuk Sintetik Kalsium Kompleks dengan Pengental Kalsium Oleat *SumTech FGCO* oleh *Summit Industrial Product*

Pada produk *SumTech FGCO* ini, dihasilkan dengan menggunakan pengompleks Kalsium asetat dengan komponen sabun utamanya kalsium oleat.

Produk ini berhasil mendapatkan gemuk sintetik kalsium kompleks dengan NLGI 2 dan *dropping point* diatas 320 C. Selain itu, produk ini juga berhasil mendapatkan sertifikat NSF sebagai pelumas yang aman terhadap bahan makanan

Data properties dari produk ini dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 2.7 Karakteristik gemuk kalsium kompleks yang dibuat di pasaran

| Produk | SumTech FGCO #2 |
|-----------------------|----------------------|
| Nilai NLGI | 2 |
| Warna | Putih |
| Tekstur | Lembut |
| <i>Base Oil</i> | Hidrokarbon sintetis |
| <i>Thickener Tipe</i> | Kalsium oleat |
| <i>Dropping point</i> | 320 C |
| <i>NSF Certified</i> | H1 |

Summit Industrial Product (2011)

2.5 Parameter Uji Gemuk Pelumas

Parameter uji pelumas gemuk penting untuk dilakukan demi mengetahui kualitas gemuk yang telah dibuat. Hal ini dikarenakan gemuk pelumas yang diperoleh harus memiliki kestabilan dalam kualitas. Kualitas dari gemuk pelumas ditentukan

dari beberapa parameter uji. Jenis dan jumlah pengental (*thickener*) serta viskositas pelumas menentukan sifat gemuk pelumas yang terbentuk, warna dan tekstur, diteliti secara visual. Parameter uji pelumas gemuk menggunakan standar uji dari ASTM (*American Standard Thermal Material*). Parameter uji kualitas gemuk yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

2.5.1 Konsistensi

Konsistensi / *Consistency* adalah suatu keadaan yang menunjukkan kekerasan atau kelunakan suatu gemuk pelumas . Konsistensi gemuk bergantung pada jenis dan banyaknya bahan pengental yang digunakan serta viskositas dari *base oil*. Gemuk dapat mengeras ataupun melunak karena efek kontaminasi, penguapan minyak ataupun gaya mekanik. Kepadatan suatu gemuk pelumas dinyatakan dengan “angka penetrasi”, dimana penetapannya dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut “*penetrometer*”. Angka penetrasi adalah suatu angka dalam satuan 0.1 mm, yang menyatakan kedalaman menembusnya “*penetrator cone*” ke dalam contoh pelumas gemuk yang diuji konsistensi diukur dengan menggunakan uji penetrasi (ASTM D217) menggunakan penetrometer, dan dinyatakan dalam bilangan penetrasi. Semakin besar bilangan penetrasi suatu pelumas, semakin rendah konsistensi gemuk tersebut . Pengujian dilakukan dalam dua macam cara :

1) *Unworked Penetration*

Dimana angka penetrasi yang didapatkan merupakan keadaan asli dari pelumas gemuk tanpa adanya perlakuan usaha (ditekan atau dikocok).

2) *Worked Penetration*

Terhadap contoh yang diuji terlebih dahulu diberikan usaha (ditekan atau dikocok) dengan menggunakan alat yang disebut “*grease worker*”, sebanyak 0, 60, dan 1000 langkah. Angka penetrasi yang didapatkan memberikan gambaran mengenai tentang keadaan gemuk pelumas pada pemakaiannya nanti. Umumnya *worked penetration* lebih tinggi (lebih lembek) daripada *unworked penetration*.

Berikut ini adalah tabel nilai konsistensi berdasarkan NLGI:

Tabel 2.8 Konsistensi berdasarkan NLGI (National Lubricating Grease Institute, 1984)

| Bilangan NLGI | <i>Worked penetration</i> pada suhu 25^o C (0.1 mm)* | Konsistensi |
|----------------------|---|-----------------------------|
| 000 | 445-475 | Sangat lembut |
| 00 | 400-430 | Sangat lembut |
| 0 | 355-385 | Lembut |
| 1 | 310-340 | <i>Creamy</i> |
| 2 | 265-295 | <i>Semi solid</i> |
| 3 | 220-250 | <i>Semi hard</i> |
| 4 | 175-205 | Keras |
| 5 | 130-160 | Sangat keras, seperti sabun |
| 6 | 85-115 | Sangat keras, seperti sabun |



Gambar 2.4 Penetration Tester

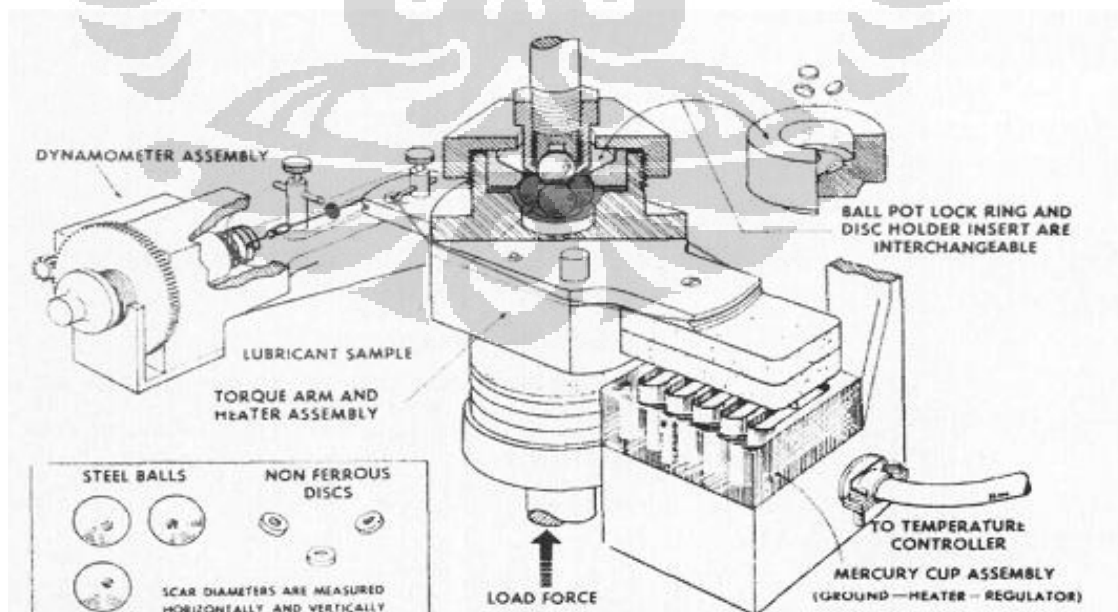
2.5.2 *Four Ball Test* (Uji Keausan)

Four ball test dilakukan untuk mengetahui performa atau kemampuan dari suatu gemuk untuk melindungi permukaan logam dari keausan akibat gesekan yang dialami.

Metode uji keausan dapat dilakukan dengan metode *Four Ball Test* sesuai dengan prosedur standar ASTM D-4172. Analisis dilakukan dengan membandingkan perubahan massa bola sebelum dan sesudah proses pengujian (Rush, 1997). Semakin kecil nilai koefisien friksinya maka akan semakin kecil pula keausan yang ditimbulkan

Kondisi pelumasan pada metode ini adalah pelumasan batas, dimana terjadi kontak antar logam dengan adanya beban dan putaran. Secara garis besar, alat ini terdiri dari empat buah bola, tiga bola berada dibawah dan satu bola berada diatas, bola-bola tersebut memiliki ukuran yang seragam dan dilumasi dengan gemuk pelumas yang akan diuji. Bola yang terletak diatas berputar dengan putaran antara 600 rpm sampai 1800 rpm dengan beban dari 0,1 kg sampai dengan 50 kg, ketiga bola yang lain yang terletak diatas dipasang secara statis.

Peralatan yang digunakan dalam *four ball test* yaitu seperti berikut:

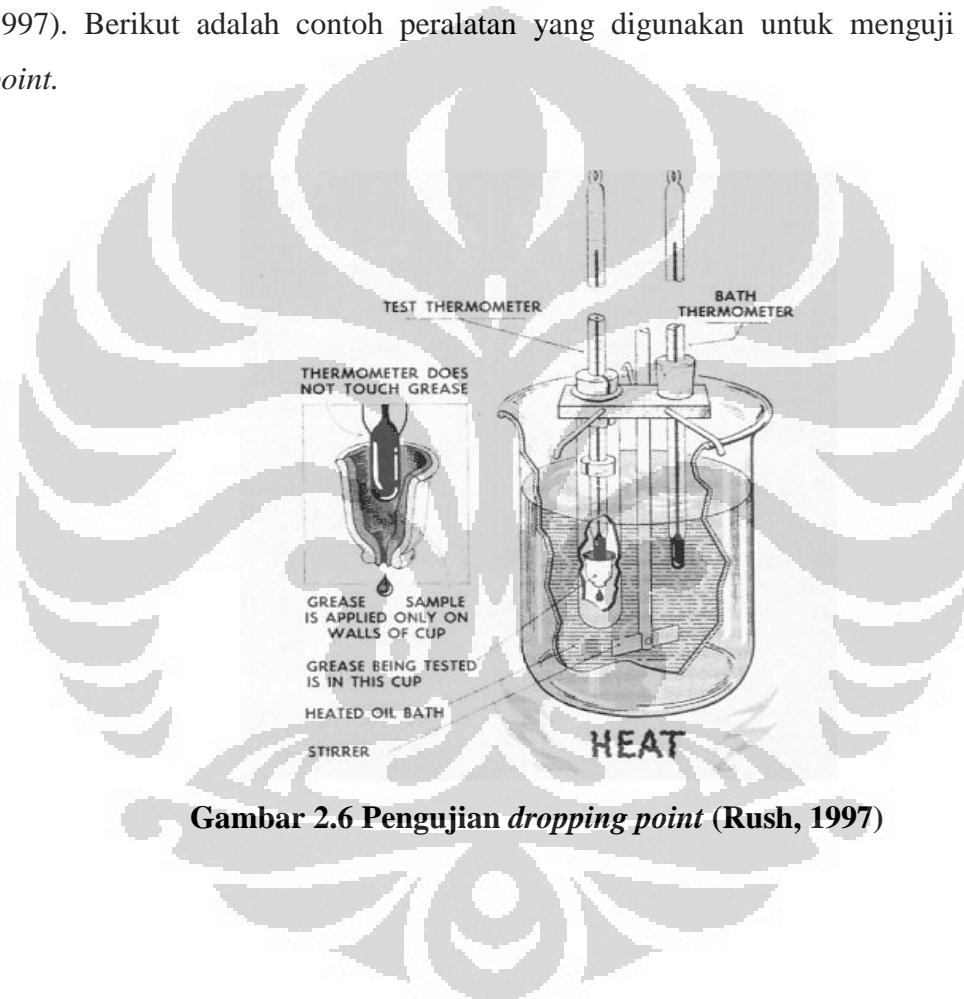


Gambar 2.5 *Four ball test* (Rush, 1997)

2.5.3 Dropping Point

Uji *dropping point* bertujuan untuk mengetahui kondisi suhu pada saat gemuk tampak mulai mencair. Semakin tinggi nilai *dropping point*, maka semakin bagus performa dari gemuk yang dihasilkan. Hal ini karena dalam beberapa penerapannya, gemuk digunakan untuk melumasi bagian logam yang bekerja pada suhu tinggi.

Metode pengukuran *dropping point* menggunakan ASTM D-566 (Rush, 1997). Berikut adalah contoh peralatan yang digunakan untuk menguji *dropping point*.



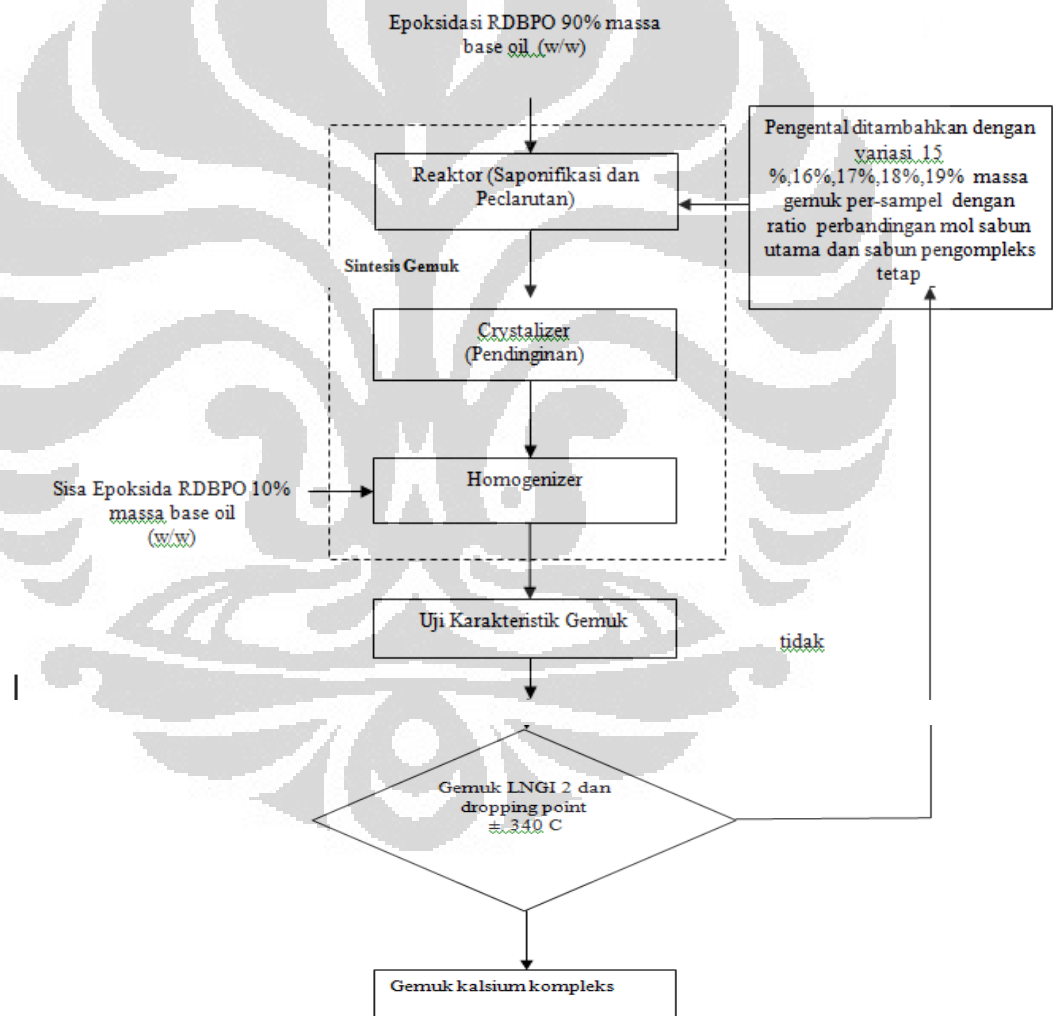
Gambar 2.6 Pengujian *dropping point* (Rush, 1997)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pelaksanaan Penelitian

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

Diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan yaitu :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Variabel Bebas dan Terikat

Terdapat satu variabel bebas atau variabel yang divariasikan dalam penelitian ini yaitu rasio massa bahan pengental terhadap massa base oil. Variabel yang dijaga tetap yaitu rasio mol antara sabun utama dan sabun pengompleks yang dijaga 1:5, mengacu pada rasio terbaik yang didapat oleh peneliti sebelumnya. Komposisi bahan pembuatan lemak kalsium kompleks asetat menggunakan perbandingan persentase berat. Komposisi bahan pengental dibuat bervariasi antara 15% - 19 % dari seluruh berat lemak yang dibuat. Sedangkan variasi komposisi bahan sabun pengompleks yang dilakukan yaitu tetap pada perbandingan mol 1:5. Parameter yang ingin diketahui dari penelitian ini (variabel terikat) adalah:

1. *Penetration value*
2. *Dropping point*
3. Ketahanan aus

3.3 Alat Dan Bahan

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Epoksida RBDPO (*Refined Bleached Deodorized Palm Oil*) sebagai *base oil*.
2. Kalsium hidroksida sebagai alkali dalam pembuatan bahan pengental.
3. Asam stearat dan asam oleat sebagai asam lemak dalam pembuatan bahan pengental.
4. Asam asetat sebagai agen pengompleks dalam pembuatan sabun kalsium kompleks.
5. Hidrogen peroksida untuk mengepoksidasi asam oleat.

3.3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- Reaktor bio pelumas : 1 unit
- Kontaktor berpengaduk (*Autoclave*) : 1 unit
- *Mixer* : 1 unit

Reaktor bio pelumas digunakan untuk mengepoksidasi RBDPO untuk digunakan sebagai *base oil* pada pembuatan lemak. Reaktor yang digunakan

merupakan reaktor bertekanan dengan kapasitas 20 L. Sehingga volume minyak RBDPO yang dimasukkan ke dalamnya maksimal ± 10 L. Reaktor dioperasikan pada suhu $60-65^{\circ}\text{C}$, dengan menggunakan jaket air. Berikut ini gambar reaktor bio pelumas untuk epoksidasi RBDPO:



Gambar 3.2 Reaktor bio pelumas untuk epoksidasi RBDPO

Reaktor yang digunakan merupakan jenis reaktor bertekanan dengan kapasitas 2 kg, sehingga berat sampel percobaan maksimal ± 1 kg. Hal ini untuk menghindari kenaikan tekanan yang sangat besar selama proses pemanasan (proses pemanasan berlangsung pada suhu tinggi $\pm 195^{\circ}\text{C}$). Foto reaktor yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Reaktor *batch* tertutup skala pilot

Fungsi utama reaktor adalah sebagai tempat terjadinya reaksi saponifikasi dan pendispersian sabun dalam *base oil*. Reaktor dilengkapi dengan *pressure gauge* untuk mengetahui tekanan dalam *autoclave* selama proses pemanasannya. Untuk aspek keamanan, reaktor dilengkapi dengan *pressure safety valve* untuk melepaskan tekanan berlebih di dalam reaktor

Selain reaktor bio pelumas dan reaktor gemuk tertutup, pada penelitian ini juga digunakan *homogenizer* untuk menghaluskan gemuk sehingga strukturnya homogen. *Homogenizer* yang digunakan adalah *mixer* seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Homogenizer

3.4 Pembuatan Gemuk

3.4.1 Penentuan Komposisi

Langkah awal dari penelitian ini yaitu penentuan komposisi awal bahan-bahan yang akan digunakan. Komposisi awal untuk pembuatan pelumas gemuk kalsium kompleks ini ditentukan dari hasil studi berbagai literatur yang kemudian dilakukan analisis dengan mempertimbangkan hal-hal berikut :

- Kesesuaian dengan produk pelumas gemuk yang akan dibuat, yaitu pelumas gemuk dengan nomor NLGI 2
- Kesesuaian dengan bahan baku yang akan digunakan, yaitu kalsium hidroksida
- Kesesuaian dengan kuantitas produk pelumas gemuk yang akan dibuat atau skala pembuatan, yaitu skala lab dengan kuantitas produksi 1000 gram.

- Komposisi terbaik untuk menghasilkan gemuk kalsium kompleks terdiri dari 15% berat *thickener* dan rasio mol 12 hidrosistearat dan kalsium asetat yaitu 1 : 5 (Maria, 2009). Gemuk yang dihasilkan dari penelitian tersebut cukup bagus dan memenuhi persyaratan NLGI 2. Atas dasar inilah dalam penelitian ini rasio mol sabun utama dengan sabun pengompleks dijaga sebesar 1 : 5, dan perubahan komposisi dilakukan terhadap perbandingan massa *thickener* dan base oil. Berikut ini merupakan tabel dari komposisi gemuk yang akan dibuat.

Tabel 3.1 Komposisi gemuk dengan komposisi variasi *base oil* yang dibuat dengan pengental sabun kalsium oleat

| % Pengental (gram) | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | Total Kebutuhan bahan |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|
| Base oil(gram) | 850,0 | 840,0 | 830,0 | 820,0 | 810,0 | 4150,0 |
| Pengental (gram) | 150,0 | 160,0 | 170,0 | 180,0 | 190,0 | 850,0 |
| Total Gemuk (gr) | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 5000,0 |
| Ca(OH)2.2H2O total (gram) | 71,0 | 75,7 | 80,5 | 85,2 | 89,9 | 402,3 |
| Asam Asetat (gram) | 64,5 | 68,8 | 73,1 | 77,4 | 81,7 | 365,7 |
| Asam oleat (gram) | 60,8 | 64,9 | 68,9 | 73,0 | 77,4 | 893 |
| Total bahan pengental (gram) | 196,3 | 209,4 | 222,5 | 235,6 | 249 | 1112,8 |

Tabel 3.2 Komposisi gemuk dengan komposisi variasi *base oil* yang dibuat dengan pengental sabun kalsium stearat

| % Pengental (gram) | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | Total Kebutuhan bahan |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|
| Base oil(gram) | 850,0 | 840,0 | 830,0 | 820,0 | 810,0 | 4150,0 |
| Pengental (gram) | 150,0 | 160,0 | 170,0 | 180,0 | 190,0 | 850,0 |
| Total Gemuk (gr) | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 5000,0 |
| Ca(OH)2.2H2O total (gram) | 70,8 | 75,5 | 80,2 | 84,9 | 89,7 | 401,1 |
| Asam Asetat (gram) | 64,3 | 68,6 | 72,9 | 77,2 | 81,5 | 364,5 |
| Asam stearat (gram) | 61,1 | 65,2 | 69,3 | 73,4 | 77,4 | 346,4 |
| Total bahan pengental(gram) | 196,2 | 209,3 | 222,4 | 235,5 | 248,6 | 1112 |

Tabel 3.3 Komposisi gemuk dengan komposisi variasi *base oil* yang dibuat dengan pengental sabun kalsium epoksida oleat

| % Pengental (gram) | 15% | 16% | 17% | 18% | 19% | Total Kebutuhan bahan |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|
| Base oil(gram) | 850,0 | 840,0 | 830,0 | 820,0 | 810,0 | 4150,0 |
| Pengental (gram) | 150,0 | 160,0 | 170,0 | 180,0 | 190,0 | 850,0 |
| Total Gemuk (gr) | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 1000,0 | 5000,0 |
| Ca(OH)2.2H2O total (gram) | 69,4 | 74,0 | 78,7 | 83,3 | 87,9 | 393,3 |
| Asam Asetat (gram) | 63,1 | 67,3 | 71,5 | 75,7 | 79,9 | 357,5 |
| Asam oleat epoksida(gram) | 62,8 | 67,0 | 71,2 | 75,4 | 79,6 | 356 |
| Total bahan pengental (gram) | 195,3 | 208,3 | 221,4 | 234,4 | 247,4 | 1107 |

Pada perhitungan total massa bahan pembuatan gemuk, lebih banyak dibandingkan gemuk yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan adanya molekul air yang terdapat pada kalsium hidroksida hidrat.

3.4.2 Sintesa Produk

Dalam sintesa produk ini, terdapat beberapa tahap yang akan dilakukan. Prinsip-prinsip dasar pembuatan gemuk pelumas:

- 1) Menentukan komposisi gemuk : perbandingan antara *base oil*, *thickener*, dan *complexing agent*.
- 2) Pembuatan *base oil* epoksidasi RBDPO dan juga asam oleat yang diepoksidasi
- 3) Mereaksikan antara bahan baku (*raw material*) dengan urutan-urutan tertentu. Berupa reaksi saponifikasi.
- 4) Proses pendinginan : dimana akan terbentuk gemuk pelumas yang masih kasar.
- 5) Homogenisasi : proses menghomogenkan baik secara komposisi maupun ukuran partikel.

Berikut merupakan prosedur pembuatan pelumas gemuk lithium kompleks yang telah dilakukan pada penelitian ini:

- 1) Pembuatan *base oil* epoksidasi RBDPO dengan mereaksikan RBDPO dan hidrogen peroksida dengan katalis asam formiat. Berikut adalah prosedur yang dilakukan:
 - Panaskan 10 liter RBDPO hingga mencapai suhu 60°C dan dilakukan pengadukan.
 - Masukkan katalis asam formiat sebanyak 400 ml secara perlahan kemudian 1,5 liter H₂O₂ secara perlahan dengan dilakukan pengadukan (setiap penambahan 100 mL ditunggu hingga bereaksi (ditandai dengan kenaikan suhu) setelah suhu kembali ke 60°C dilakukan kembali penambahan hingga seluruh H₂O₂ habis)

- Pengadukan dilakukan selama 1 jam dan pertahankan suhu reaksi pada 60-65°C dengan menggunakan jaket air.
 - Setelah reaksi dilakukan, diamkan sesaat. Produk akan terpisah menjadi dua fasa yaitu hasil epoksidasi dan air beserta sisa H₂O₂ dan asam formiat. Pisahkan menggunakan corong pisah.
 - Setelah dipisahkan, dilakukan pencucian dengan menggunakan air untuk menghilangkan sisa asam formiat dari produk. Pencucian dilakukan sebanyak 3-4 kali menggunakan air dengan perbandingan volume 1:1.
 - Panaskan kembali produk yang telah dicuci pada suhu 68°C dalam kondisi vakum untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa.
 - Produk epoksidasi RBDPO yang telah bebas air digunakan sebagai *base oil*.
- 2) Pembuatan epoksida asam oleat. dengan mereaksikan asam oleat dan hidrogen peroksida dengan katalis asam formiat. Prosedur yang dilakukan kurang lebih sama dengan epoksidasi RBDPO, berbeda dalam jumlah hidrogen peroksida dan jumlah asam oleat yang akan diepoksidasi. Dalam epoksidasi ini, asam oleat yang akan diepoksidasi sebanyak 345 gr dan hidrogen peroksida kemurnian 50% sebanyak 83 gr.
- 3) Dalam Reaktor tertutup
- a. Pembuatan gemuk kalsium kompleks sabun oleat
 - Dimasukkan pelumas cair (*base oil*) sebanyak 90% dari total massa base oil yang digunakan pada suhu 25 °C.
 - Dimasukan asam stearat 5,86 % w/w dari total bobot gemuk, pada suhu 25 °C dan pengadukan dipercepat. Lakukan dengan variasi yang berbeda untuk 5 sampel
 - Dimasukan Kalsium Hidroksida sebanyak 2 – 3 % dari total bobot gemuk pada suhu 65 °C
 - Dimasukan asam asetat dan kalsium hidroksida untuk agen pengompleks sebanyak 1 - 4 % per bobot total gemuk pada suhu 80 °C

- Dilakukan pengadukan dan pemanasan pada temperatur 160 °C tekanan 3 – 6 bar. Reaksi saponifikasi ini dilakukan selama 1 jam.
- Suhu reaktor diatur pada suhu 165 °C dan ketika proses telah sampai pada suhu tersebut maka dipertahankan selama 15 menit lalu suhu proses diturunkan dengan mematikan *heater*.
- Setelah terjadi reaksi saponifikasi, pemanas kemudian dimatikan dan reaktor dibiarkan tetap mengaduk.
- Dilakukan pengadukan dan penghilangan air dan udara dengan menambahkan kembali *base oil* sehingga menjadi 100 % berat, yaitu sebanyak 10 % berat *base oil*.
- Diaduk sampai temperatur proses sama dengan temperatur kamar.
- Dipindahkan gemuk pelumas ke unit *Homogenizer*.

b. Pembuatan gemuk kalsium kompleks sabun stearat.

Pembuatan gemuk kompleks dari sabun oleat memiliki komposisi yang hampir mirip dengan pembuatan gemuk kalsium kompleks stearat.

Pembuatan dilakukan dengan komposisi yang terdapat pada tabel 3.1 dan tabel 3.3

Dalam Unit *Homogenizer*.

- Dilakukan pengadukan menggunakan *mixer* sehingga gemuk pelumas menjadi homogen.

3.5 Pengujian Kualitas Gemuk

Setelah proses pembuatan gemuk selesai dilakukan dan menghasilkan pelumas gemuk kalsium kompleks, gemuk hasil percobaan tersebut harus terlebih dahulu melewati beberapa tahap pengujian untuk dapat diketahui kualitasnya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain, uji penetrasi (*penetration*), uji *dropping point*, dan *four ball test*.

3.5.1 Penetration (ASTM D-217)

Pengujian penetrasi dari gemuk yang dihasilkan menggunakan alat yang disebut *penetrometer*. Dalam penelitian ini terdapat dua jenis pengujian yang akan dilakukan yaitu *unworked penetration* dan *worked penetration*.

A. *Unworked Penetration*

- a. Gemuk yang dihasilkan ditempatkan ke dalam wadah penguji.
- b. Tanpa adanya perlakuan (ditekan ataupun dikocok), pelumas gemuk langsung ditempatkan ke dalam penetrometer.
- c. Ujung kerucut dari penetrometer dibiarkan jatuh masuk (penetrasi) ke dalam permukaan gemuk.
- d. Nilai penetrasi, yaitu kedalaman masuknya penetrometer dapat diketahui

B. *Worked Penetration*

- a) Sebelum diuji, pelumas 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 penguji.
- c) Ujung kerucut dari penetrometer dibiarkan jatuh masuk (penetrasi) ke dalam permukaan gemuk.
- d) Nilai penetrasi, yaitu kedalaman masuknya penetrometer dapat diketahui.

Dalam penelitian ini, *Worked Penetration* tidak dilakukan.

3.5.2 Dropping point (ASTM D-566)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur kritis di mana struktur gel gemuk pelumas berubah fasa menjadi cair. Peralatan yang digunakan terdiri atas termometer, *heated oil batch*, dan wadah penguji. Prosedur pengujian *dropping point* yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

- a) Wadah penguji dibersihkan.
- b) Gemuk dimasukkan ke dalam wadah, lalu dipadatkan ke dinding wadah dengan menggunakan batangan pematik.

- c) Termometer dimasukkan ke dalam wadah, tetapi tidak menyentuh gemuk yang akan diuji.
- d) Masukkan perangkat tersebut ke dalam *heated oil batch* yang di dalamnya juga terpasang termometer.
- e) Setelah semua peralatan terpasang, panaskan *heated oil batch* hingga temperaturnya naik secara perlahan-lahan hingga terjadi tetesan gemuk.
- f) Mencatat temperatur yang ditunjukkan kedua termometer ketika terjadi tetesan pertama. Lalu temperatur tersebut dirata-ratakan.

3.5.3 Uji *Four Ball* (ASTM D-4172)

Pengujian *four ball* bertujuan untuk mengukur tingkat keausan logam yang dilindungi oleh gemuk dengan prosedur pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

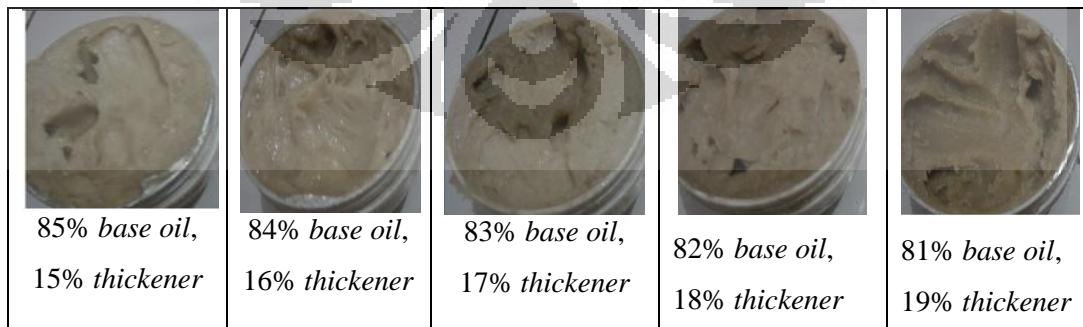
- a) Mencuci bola baja dengan toluen, kemudian mengeringkan di udara bebas.
- b) Menimbang keempat bola.
- c) Memasang bola pada alat penguji. Tiga bola dipasang di bagian bawah dan dipasang statis, sedangkan 1 bola dipasang di atas ketiga bola lain pada bagian yang berputar.
- d) Mengaplikasikan gemuk 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 dan kecepatan bola 1150 rpm.
- g) Setelah 1 jam, bola dibersihkan dan ditimbang sehingga dapat diketahui tingkat keausan (massa logam yang hilang akibat keausan) = (massa sebelum – massa sesudah pengujian).

BAB 4 PEMBAHASAN

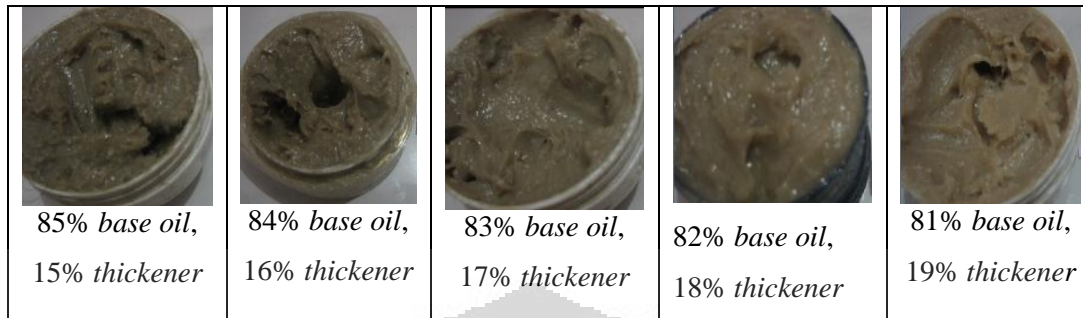
Pada bab ini akan ditampilkan hasil penelitian pembuatan serta pengujian gemuk bio kalsium stearat kompleks asetat, gemuk bio kalsium oleat kompleks asetat, dan gemuk bio kalsium oleat terepoksidasi kompleks asetat . Gemuk bio kalsium kompleks asetat yang dihasilkan akan diuji kualitasnya sehingga diketahui pengaruh dari penambahan jumlah pengompleks terhadap fisik gemuk, nilai *dropping point*, penetrasi maupun uji *four ball* dengan rasio mol sabun utama dan pengompleks dijaga tetap yaitu 1:5. Hasil pengamatan dan pengujian akan dijelaskan lebih lanjut berikut ini.

4.1 Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Tampilan Fisik Gemuk

Dalam penelitian ini dibuat dengan 5 macam variasi massa *base oil* dan *thickener* yaitu sabun kalsium stearat dengan penambahan asam asetat serta sabun kalsium oleat terepoksidasi dengan penambahan asam asetat dengan perbandingan mol sabun utama dan pengompleks dijaga tetap, yaitu perbandingan 1 :5 . Variasi komposisi *base oil* dan *thickener* yang diujikan adalah 85% w/w 15% w/w, 84% w/w 16% w/w, 83% w/w dan 17% w/w, 82% w/w 18% w/w, serta 81% w/w 19% w/w, maka didapatkan tampilan gemuk sebagai berikut ini:



Gambar 4.1 Tampilan gemuk kompleks Ca-stearat



Gambar 4.2 Tampilan gemuk kompleks Ca-oleat terepoksidasi

Aroma:

Gemuk kalsium kompleks asetat yang dihasilkan dari penelitian ini secara umum berbau khas minyak kelapa sawit dan sudah tidak berbau asam, walau pun dalam pembuatan base oil epoksidasi RBDPO menggunakan katalis asam. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pembuatan epoksida RBDPO asam telah ternetralkan kembali karena pada epoksidasi asam hanya digunakan sebagai katalis.

Warna:

Dari gambar 4.1 dan gambar 4.2 dapat dilihat sedikit perbedaan penampakan gemuk yang dihasilkan dengan pengental kalsium stearat dan pengental kalsium oleat terepoksidasi. Gemuk dengan pengental kalsium oleat terepoksidasi berwarna lebih kehitaman dibandingkan dari gemuk dengan pengental kalsium stearat. Hal ini mungkin diakibatkan dari warna asam lemak yang digunakan. Asam oleat terepoksidasi berbentuk cairan berwarna coklat kehitaman sehingga warna gemuk yang dihasilkan juga berwarna lebih gelap. Asam stearat berbentuk serbuk berwarna putih sehingga gemuk yang dihasilkan cenderung lebih berwarna cerah dibandingkan dengan gemuk dari asam oleat terepoksidasi.

Tekstur:

Tekstur yang dihasilkan dari penelitian ini dilihat dari Tabel 4.1 di atas menunjukkan penambahan jumlah pengental menyebabkan gemuk yang terbentuk menjadi lebih keras dan kurang berserat. Tekstur gemuk ini dapat dilihat dengan

menekan gemuk dengan ibu jari dan telunjuk kemudian dilepaskan secara perlahan akan menunjukkan kemampuan 'mulur' gemuk. Gemuk yang dihasilkan dengan pengental kalsium oleat teroksidasi cenderung lebih lunak dibandingkan dengan gemuk yang dihasilkan dari pengental kalsium stearat. Hal ini mungkin dikarenakan asam oleat berbentuk cairan dan asam stearat berbentuk serbuk, sehingga struktur sabun pengikat minyak yang terbentuk menjadi lebih lunak jika menggunakan asam oleat teroksidasi.

4.2 Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Uji Penetrasi

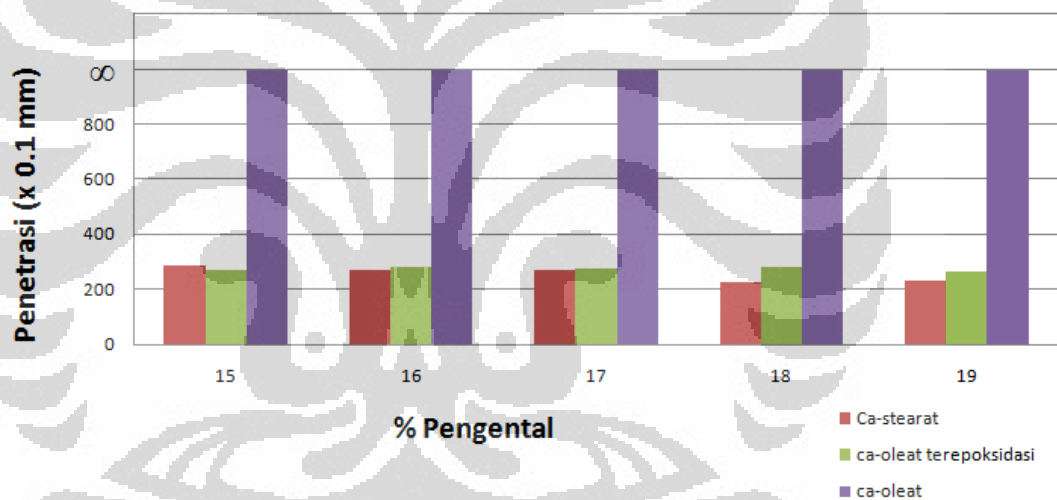
Uji penetrasi dilakukan untuk menentukan tingkat kekerasan atau konsistensi dari gemuk yang dibuat. Untuk gemuk kalsium kompleks yang dihasilkan dari penelitian ditunjukkan dalam tabel-tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil uji penetrasi terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium stearat

| Jumlah Pengental(%) | Penetrasi (x 0,1 mm) | NLGI | Consistency |
|----------------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|
| 15 | 285 | 1 | Creamy |
| 16 | 270 | 2 | Lunak |
| 17 | 268 | 2 | Lunak |
| 18 | 227 | 3 | Semi hard |
| 19 | 230 | 3 | Semi hard |

Tabel 4. 2 Hasil uji penetrasi terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental utama kalsium oleat terepoksidasi

| Jumlah Pengental (%) | Penetrasi (x 0,1 mm) | NLGI | Consistency |
|----------------------|----------------------|------|-------------|
| 15 | 270 | 2 | Lunak |
| 16 | 280 | 2 | Lunak |
| 17 | 276 | 2 | Lunak |
| 18 | 279 | 2 | Lunak |
| 19 | 266 | 2 | Lunak |



Gambar 4.3 Grafik antara penetrasi dengan persen pengental

Berdasarkan teori, tekstur gemuk dipengaruhi oleh struktur matriks yang terbentuk. Dalam matriks gemuk, molekul-molekul sabun membentuk jaringan berpori yang dapat memerangkap minyak (Stachowiak, 2005).

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah pengental yang ditambahkan cenderung mengakibatkan nilai penetrasi semakin menurun atau konsistensi gemuk akan semakin bertambah. Semakin banyak jumlah pengental atau

sabun kalsium stearat / kalsium oleat teroksidasi dan sabun kalsium asetat ditambahkan, maka jumlah serat-serat dalam matriks juga akan semakin banyak dan membentuk jaringan-jaringan pemerangkap minyak yang lebih rapat sehingga terbentuk struktur yang lebih kuat dengan konsistensi yang makin tinggi. Akibatnya, nilai penetrasi semakin kecil.

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh penelitian lain yang menyatakan bahwa nilai konsistensi gemuk sangat bergantung pada struktur mikro dan dimensi dari sabun logamnya (Adhvaryu, 2004). Semakin meningkat konsentrasi sabun kompleks, maka struktur mikro akan semakin kuat serta semakin kecil dan rapat matriks yang terbentuk sehingga gemuk yang dihasilkan akan semakin keras.

Pada gemuk dari kalsium oleat, hasil uji penetrasi menunjukkan angka yang sangat tinggi (∞) karena gemuk yang dihasilkan berwujud encer dan cair (NLGI 000). Pada gemuk kalsium oleat, sabun kalsium oleat kurang mampu mengikat minyak dengan baik. Perlu dilakukan variasi dengan penambahan jumlah kalsium oleat untuk mendapatkan gemuk yang diinginkan untuk mendapatkan kemampuan pengikatan minyak yang sama dengan jika menggunakan *thickener* kalsium stearat atau kalsium oleat teroksidasi.

Berdasarkan tabel, gemuk yang dihasilkan dari kalsium oleat teroksidasi cenderung lebih lunak dibandingkan dengan gemuk kalsium stearat. Hal ini dikarenakan sabun kalsium oleat teroksidasi yang cenderung lebih encer dibandingkan sabun kalsium stearat.

4.3 Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap *Dropping point*

Uji *dropping point* dilakukan untuk mengetahui pada suhu berapa gemuk yang dihasilkan mulai berubah fasa atau mencair. Semakin kuat struktur suatu gemuk akan semakin sulit untuk berubah fasa pada suhu tinggi. Gemuk akan mengalami perubahan fasa saat struktur gemuk mengalami kerusakan dan tidak mampu untuk

memerangkap *base oil* di dalam matriks strukturnya pada suhu tertentu, hal ini disebut dengan nilai *dropping point*.

Gemuk mulai berubah fasa karena sabun yg terdapat dalam gemuk mulai berubah fasa dan mencair. Perubahan fasa ini disebabkan putusnya ikatan kalsium dengan stearat / oleat terepoksidasi serta kalsium dengan asetat akibat pemanasan pada suhu tinggi sehingga minyak yang terperangkap dalam jaringan-jaringan matriks lepas.

Nilai *dropping point* gemuk yang dihasilkan dari penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel berikut ini:

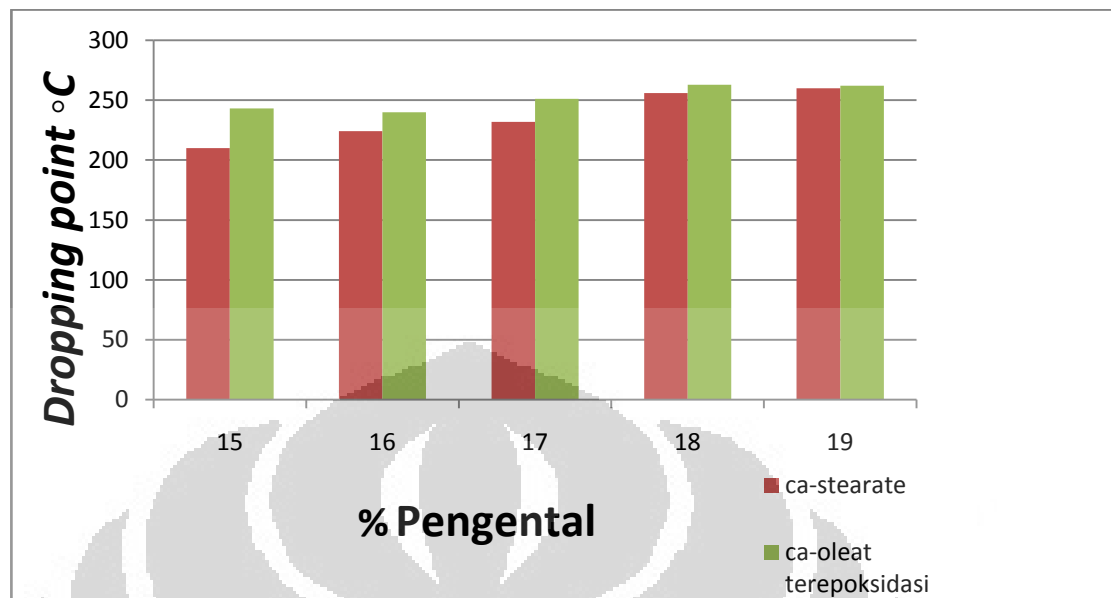
Tabel 4. 3 Hasil uji *dropping point* terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium stearat

| Jumlah Pengental (%) | <i>Dropping point</i> (°C) |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 15 | 210 |
| 16 | 224 |
| 17 | 232 |
| 18 | 256 |
| 19 | 260 |

Tabel 4. 4 Hasil uji *dropping point* terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium oleat terepoksidasi

| Jumlah Pengental(%) | <i>Dropping point</i> (°C) |
|----------------------------|-----------------------------------|
| 15 | 243 |
| 16 | 240 |
| 17 | 251 |
| 18 | 263 |
| 19 | 262 |

Data dari tabel-tabel di atas dapat dilihat dalam bentuk grafik berikut:



Gambar 4.4 Grafik antara dropping point dengan persen pengental

Dari data yang diperoleh, dapat dilihat lemak kalsium kompleks asetat yang dihasilkan dengan menggunakan pengental kalsium stearat memiliki *dropping point* > 210. Lemak kalsium asetat dengan menggunakan pengental kalsium oleat terepoksidasi memiliki *dropping point* > 240 atau lebih besar dari *dropping point* jika menggunakan kalsium stearat sebagai pengental.

Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh interaksi ikatan gugus epoksi yang mudah diserang oleh molekul air yang terdapat dalam reaksi sehingga membentuk 2 buah gugus O-H. Gugus O-H ini kemudian berperan dalam sabun membentuk ikatan hidrogen antar molekul. Ikatan hidrogen ini menyebabkan molekul sabun yang mengikat *base oil* lebih bersifat tahan panas karena membutuhkan energi panas yang lebih untuk memutuskannya.

Secara umum, penambahan jumlah pengental menyebabkan meningkatnya nilai *dropping point*. Peningkatan *dropping point* yang seiring dengan peningkatan komposisi Ca-stearat / Ca-oleat terepoksidasi ini berkaitan erat dengan struktur matriks lemak. Peningkatan jumlah Ca-stearat / Ca-oleat terepoksidasi akan

menyebabkan jaringan yang terbentuk melalui interaksi antarmolekul sabun dalam matriks gemuk menjadi lebih banyak dan lebih rapat sehingga ikatan antarmolekul sabunya menjadi lebih kuat. Semakin kuat ikatan antar molekul sabun, maka semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan yang terjadi sehingga nilai *dropping point*-nya juga semakin tinggi.

4.4 Pengaruh Jumlah Pengental Terhadap Uji *Four Ball*

Ketahanan aus dilakukan untuk mengetahui kemampuan gemuk yang dihasilkan untuk memberikan perlindungan pada logam terhadap gesekan yang dialami. Uji ketahanan aus ini dilakukan dengan *four ball test*. Nilai keausan dari logam pada uji four ball adalah selisih dari berat ke empat bola sebelum dan sesudah dilakukan uji *four ball*. Semakin sedikit selisih berat dari ke empat bola, maka semakin baik kemampuan gemuk untuk melindungi logam dari keausan.

Berikut ini hasil dari uji *four ball* yang disajikan dalam tabel:

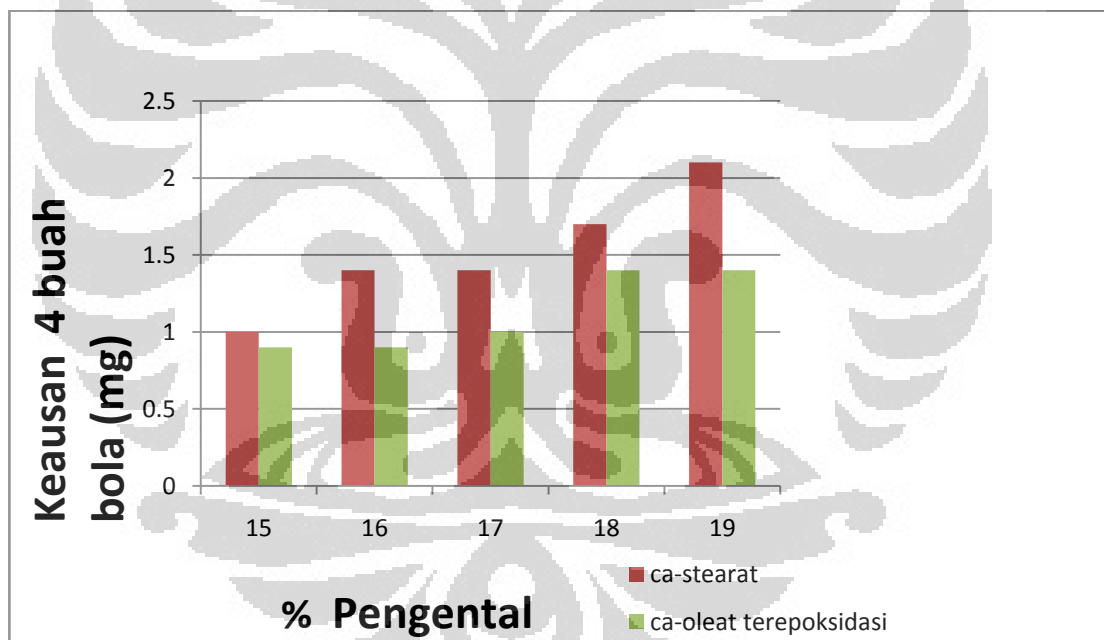
Tabel 4. 5 Hasil uji *four ball* terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium stearat

| Jumlah Pengental (%) | Δ massa 4 bola sebelum-sesudah(mg) |
|----------------------|---|
| 15 | 1 |
| 16 | 1.4 |
| 17 | 1.4 |
| 18 | 1.7 |
| 19 | 2.1 |

Tabel 4. 6 Hasil uji *four ball* terhadap produk gemuk bio kalsium kompleks dengan pengental kalsium oleat terepoksidasi

| Jumlah Pengental (%) | Δ massa 4 bola sebelum-sesudah(mg) |
|----------------------|---|
| 15 | 0.9 |
| 16 | 0.9 |
| 17 | 1 |
| 18 | 1.4 |
| 19 | 1.4 |

Dari tabel-tabel di atas dapat dibuat grafik seperti berikut:

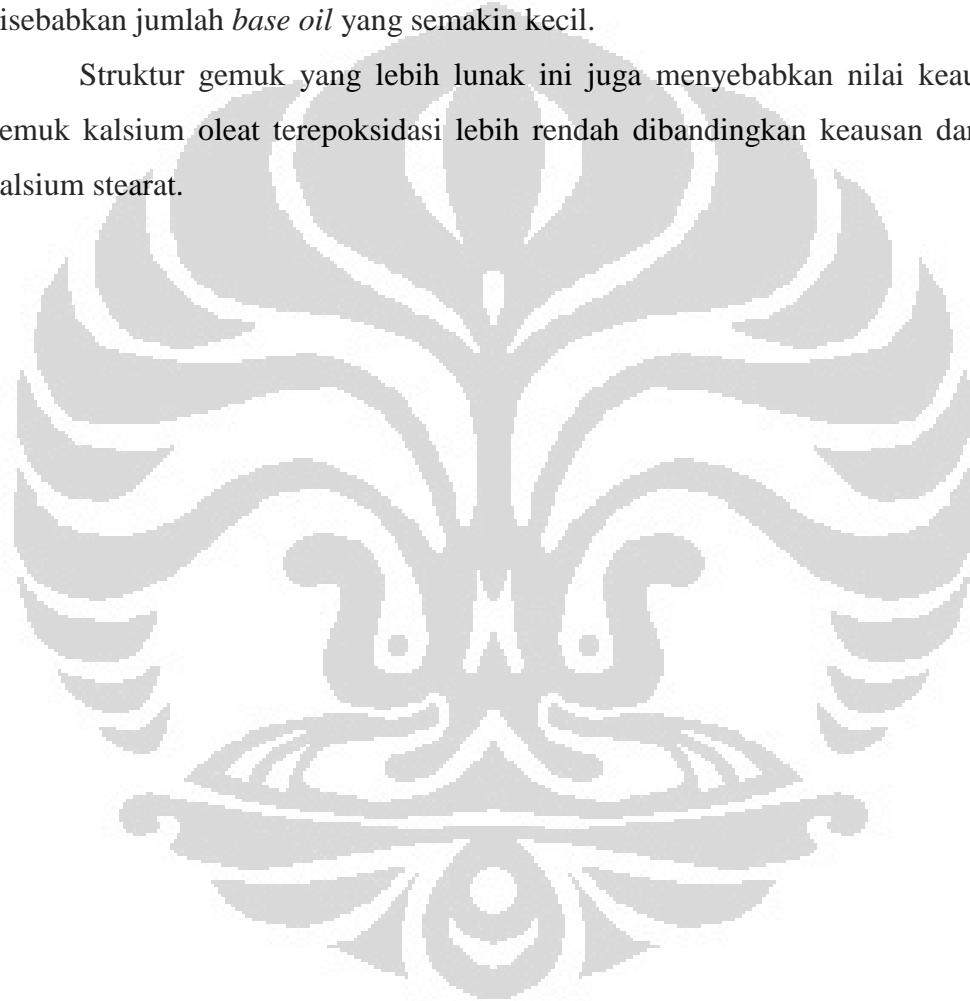


Gambar 4.5 Grafik antara keausan dengan persen pengental

Dari tabel dan grafik di atas dapat dilihat bahwa gemuk yang dihasilkan dari penelitian memiliki nilai keausan yang semakin bertambah. . Bertambahnya nilai keausan disebabkan makin kerasnya struktur gemuk yang disebabkan bertambahnya

jumlah pengental sabun yang menyebabkan struktur semakin rapat. Dengan struktur yang keras tersebut, pelumasan menjadi tidak sempurna dan gemuk tidak menyusup pada sela-sela bola yang diujikan dan memberikan lapisan perlindungan sehingga pelumasan tidak sempurna. Bertambahnya persentase pengental juga mengakibatkan berkurangnya persentase dari *base oil* yang berperan dalam pelumasan, sehingga bertambahnya nilai keausan dengan penambahan persentase pengental mungkin disebabkan jumlah *base oil* yang semakin kecil.

Struktur gemuk yang lebih lunak ini juga menyebabkan nilai keausan dari gemuk kalsium oleat teroksidasi lebih rendah dibandingkan keausan dari gemuk kalsium stearat.



BAB 5 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Gemuk stearat dengan kualitas terbaik didapat pada komposisi 83% w/w *base oil* dan 17% w/w pengental dengan NLGI 2, dan *dropping point* 232 C serta uji keausan 1,4 mg.
2. Gemuk oleat dengan kualitas terbaik didapat pada komposisi 82% w/w dengan NLGI 2, dan *dropping point* 263 C serta uji keausan 1.4 mg.
3. Penambahan jumlah komposisi pengental mengakibatkan meningkatnya nilai konsistensi, *dropping point*, serta keausan.
4. Gemuk yang dihasilkan masih memiliki kualitas dibawah gemuk dengan menggunakan asam 12-hidroksistearat sebagai komponen asam lemak sehingga untuk menghasilkan kualitas yang sama perlu ditambahkan beberapa *additive*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhvaryu, A., Erhan, S. Z., dan Perez, J. M.. *Preparation of Soybean Oil-Based Greases : Effect of Composition and Structure on Physical Properties*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52. 2004.pp. 6456-6459.
- Caines, A., dan Roger, H. (1996). *Automotive Lubricants Reference Book*. United States: Society of Automotive Engineers, Inc.
- Chtourou, M., Trabelsi, M., dan Frikha, M.H. (2004). *Utilization of Olive-Residue Oil in the Formulation of Lubricating Calcium Greases*. Journal of The American Oil Chemists Society, 81. pp. 809-812.
- Czarny, R. (1995). *Effect of Changes in Grease Structure on Sliding Fraction*. Industrial Lubrication and Tribology, 47. p. 3-7.
- Drake, D.A. and Wulfers, Thomas F, 1992. *Environmentally Friendly Grease Compositions*. United States Patent No 5154840.
- Fenjerry, Y. (2006). *Pembuatan dan Karakterisasi EPOME Gliserol dan EPOME Monoalkohol Sebagai Pelumas Foodgrade*. Skripsi Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J.S. (1999). *Kimia Organik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hotten, B.W. (1964). *Advances in Petroleum Chemistry and Refining*. New York: Interscience Publishers.
- Kennedy, C.S. dan Zelman, F. (2001). *Dibasic acids to reduce coefficient of friction in rolling oils*. United States Patent No 4390438
- Landsdown, A.R. (1982). *Lubrication: A Practical Guide to Lubricant Selection*. United Kingdom: Pergamon Press.
- Marius. (2007). *Pembuatan Grease Calcium dan Grease Lithium Berbahan Dasar EPOME Gliserol*. Skripsi Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok.
- National Lubricating Grease Institute [NLGI]. (1984). *Lubricating Grease Guide*. Kansas City, Missouri.

- Newsoroff, George P. (1990). *Lithium Complex Grease Thickener and High Dropping Point Thickened Grease*. United States Patent No 4897210
- 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*, 53. pp.17-26.
- Sukirno, Fajar, R., Bismo, S. and Nasikin, M. (2009). *Biogrease Based on Palm Oil and Lithium Soap Thickener: Evaluation of Antiwear Property*. World Applied Sciences Journal 6 (3): pp 401-407.
- Tuszynski, W. dan Bessette P. A. (2008, July). *An Evaluation of Sebacic Acid and Azelaic Acid as Thickener in Lithium Complex Greases*. NLGI Spokesman, Vol. 72, No. 4.
- Witte Jr., Arnold C., Stone, Aubrey L. and Woloszyn, Patrick F. (1984) *Lithium Complex Soap Thickened Grease Containing Calcium Acetate*. United States Patent No 4483776
- Wulandari, M (2009) *Pembuatan Gemuk Bio Food Grade Menggunakan Thickener Sabun Kalsium Kompleks* . Skripsi Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok

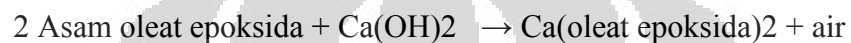
LAMPIRAN

L.1 Perhitungan Komposisi Gemuk Bio

Reaksi yang terjadi pada gemuk ini ada 2 yaitu reaksi penyabunan untuk sabun utama dan reaksi penyabunan pada sabun pengompleks.

A. Reaksi penyabunan pada sabun utama.

Terdapat 3 reaksi yaitu :



B. Reaksi penyabunan pada sabun kompleks.



Pada setiap gemuk, terdapat perbandingan mol antara sabun utama dan sabun pengompleks yaitu 1 : 5

Gemuk Bio lithium kompleks dengan *base oil* 85% massa dan 15% *thickener*

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

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

$$\begin{aligned} \text{Total bobot gemuk bio} &= \text{bobot } \textit{base oil} + \text{bobot } \textit{thickener} \\ &= 850 \text{ gram} + 150 \text{ gram} = 1000 \text{ gram} \end{aligned}$$

Rasio massa molar sabun pengompleks dengan rasio massa molar sabun utama merupakan rasio massa sabun pengompleks dengan sabun utama.

1. Pada gemuk kompleks kalsium oleat

$$5 \text{ Mr Ca(asetat)}_2 : \text{Mr Ca(oleat)}$$

$$5(158,17) : 603 = 1,31 : 1$$

Massa kalsium asetat dalam pengental = 85,0 gr (0,5374 mol) dan massa kalsium oleat dalam pengental = 65 gr (0,1078 mol)

Dengan persamaan koefisien reaksi pada sabun utama, mol asam oleat = 2 x mol kalsium oleat = 2 x mol Ca(OH)₂. Sehingga mol asam oleat = 0,2156 mol dan mol Ca(OH)₂ = 0,1078 mol. Didapat massa asam oleat = 60,9 gr dan massa Ca(OH)₂ = 8gr

Dengan persamaan koefisien reaksi pada sabun kompleks, mol asam asetat = 2 x mol kalsium asetat = 2 x mol Ca(OH)₂. Sehingga mol asam asetat = 1,0748 mol dan mol Ca(OH)₂ = 0,5374 mol. Didapat massa asam asetat = 64,5 gr dan massa Ca(OH)₂ = 39,8 gr. Massa total Ca (OH)₂ yang digunakan dalam percobaan ini adalah 47,8 gram. Dalam percobaan ini Ca(OH)₂ dalam bentuk hidrat Ca(OH)₂.2H₂O, sehingga massa hidrat yang digunakan 71,0 gr.

2. Pada lemak kompleks kalsium stearat.

5 Mr Ca(asetat)₂ : Mr Ca(stearat)

5(158,17) : 607,02 = 1,3 : 1

Massa kalsium asetat dalam pengental = 84,8 gr (0,536 mol) dan massa kalsium stearat dalam pengental = 65.2 gr (0,1074 mol)

Dengan persamaan koefisien reaksi pada sabun utama, mol asam stearat = 2 x mol kalsium stearat = 2 x mol Ca(OH)₂. Sehingga mol asam stearat = 0,2148 mol dan mol Ca(OH)₂ = 0,1074 mol. Didapat massa asam stearat = 61,1 gr dan massa Ca(OH)₂ = 7,9 gr

Dengan persamaan koefisien reaksi pada sabun kompleks, mol asam asetat = 2 x mol kalsium asetat = 2 x mol Ca(OH)₂. Sehingga mol asam asetat = 1,072 mol dan mol Ca(OH)₂ = 0,536 mol. Didapat massa asam asetat = 64,3 gr dan massa Ca(OH)₂ = 39,7 gr. Massa total Ca (OH)₂ yang digunakan dalam percobaan ini adalah 47,6 gram. Dalam percobaan ini Ca(OH)₂ dalam bentuk hidrat Ca(OH)₂.2H₂O, sehingga massa hidrat yang digunakan 70,8 gr.

3. Pada kalsium kompleks epoksida oleat.

5 Mr Ca(asetat)₂ : Mr Ca(epoksida oleat)

$$5(158,17) : 635 = 1,245 : 1$$

Massa kalsium asetat dalam pengental = 84,2 gr (0,536 mol) dan massa kalsium epoksida oleat dalam pengental = 65,8 gr (0,1074 mol)

Dengan persamaan koefisien reaksi pada sabun utama, mol asam epoksida oleat = 2 x mol kalsium epoksida oleat = 2 x mol Ca(OH)₂. Sehingga mol asam epoksida oleat = 0,2148 mol dan mol Ca(OH)₂ = 0,1074 mol. Didapat massa asam epoksida oleat = 61,1 gr dan massa Ca(OH)₂ = 7,9 gr

Dengan persamaan koefisien reaksi pada sabun kompleks, mol asam asetat = 2 x mol kalsium asetat = 2 x mol Ca(OH)₂. Sehingga mol asam asetat = 1,072 mol dan mol Ca(OH)₂ = 0,536 mol. Didapat massa asam asetat = 64,3 gr dan massa Ca(OH)₂ = 39,7 gr. Massa total Ca (OH)₂ yang digunakan dalam percobaan ini adalah 47,6 gram. Dalam percobaan ini Ca(OH)₂ dalam bentuk hidrat Ca(OH)₂.2H₂O, sehingga massa hidrat yang digunakan 70,8 gr

Perhitungan untuk komposisi pengental 16%, 17%, 18%, dan 19% dan dibuat dalam bentuk tabel di BAB Metodologi penelitian

L.2 Perhitungan jumlah Hidrogen peroksida yang digunakan dalam epoksidasi asam oleat

Reaksi epoksidasi asam oleat yaitu :



(asam oleat)

(epoksida oleat)

Dari persamaan reaksi yang ada, jumlah mol epoksida oleat yang dihasilkan = mol hidrogen peroksida yang digunakan. Dari data **tabel 3.3** didapatkan kebutuhan epoksida oleat yaitu sebanyak 356 gram, atau 0,56 mol. Maka didapatkan kebutuhan akan hydrogen peroksida sebesar 0,56 mol (rasio koefisien reaksi) atau 19,1 gram. Hidrogen peroksida yang digunakan memiliki kemurnian 50%, sehingga penggunaan hydrogen peroksida yang digunakan sebanyak 38,2 gram

