

FORMULASI PEMBUATAN *BIOGREASE* DENGAN *BASE OIL* EPOKSI RBDPO

FORMULATION FOR *BIOGREASE* SINTETIC WITH *BASE OIL* EPOXY RBDPO

M Luqmanul Hakim^{1)*}, Erliza Hambali¹, dan Dwi Setyaningsih²

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Peranian, IPB, Bogor, Indonesia, 16680
Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia
Email: pribadisederhana02@gmail.com

²Surfactant and Bioenergy Research Center, LPPM IPB, Bogor, Indonesia, 16144

Makalah: Diterima 2 Juni 2021; Diperbaiki 25 Oktober 2021; Disetujui 20 November 2021

ABSTRACT

Biogrease is a semi-solid lubricant produced using vegetable oil. The biogrease consists of base oil and thickening agent. Base oil modification is done to change properties such as viscosity, adhesive properties to iron, etc. which have an impact on tribological properties. One of the modifications made is the epoxidation of the base oil to increase the viscosity value. Epoxidation of the olein fraction /RBDPO (Refined Bleached Deodorized Palm Olein) was carried out by reacting olein with acetic acid and peroxide acid. This study aimed to find the best time in the synthesis of RBDPO epoxy base oil, to study the effect of variations in % thickener on the characteristics of biogrease, and the best characteristics of biogrease produced from RBDPO epoxy base oil. The epoxidation was carried out with a ratio of RBDPO : acetic acid : peroxide acid of 1: 5: 2 at a temperature of 50°C, with various experimental times of 3 hours, 4 hours, and 5 hours. The epoxidation results calculated the oxirane number and iodine number with two replications, then analyzed ANOVA statistics and LSD test. Furthermore, the best epoxidation results were formulated with a thickening agent with a ratio of 80:20 and 85:15 to produce biogrease. The statistical analysis showed that the best epoxidation time is 3 hours. Thickening agent affects the texture of biogrease. Biogrease with a ratio of base oil with a thickener of 80: 20 has a short fibrous texture (short fibril) with an NLGI value of 3, while biogrease with a ratio of 85: 15 has a brittle texture with an NLGI value of 00. The best biogrease produced in this study is biogrease with a ratio of 80:20 with an NLGI value of 3.

Keywords: biogrease, palm oil, base oil, RBDPO, epoxidation

ABSTRAK

Biogrease adalah pelumas semi padat yang diproduksi menggunakan minyak nabati. Komposisi biogrease terdiri atas base oil dan thickening agent. Modifikasi base oil dilakukan untuk mengubah properti seperti viskositas, sifat adesif kepada besi, stabilitas dan lain-lain yang mana berdampak pada tribological property. Salah satu modifikasi yang dilakukan adalah epoksidasi base oil untuk menaikkan nilai viskositas. Epoksidasi fraksi olein /RBDPO (Refined Bleached Deodorized Palm Olein) dilakukan dengan mereaksikan olein dengan asam asetat dan asam peroksida. Penelitian ini bertujuan mendapatkan waktu terbaik dalam sintesis base oil epoksi RBDPO, mempelajari pengaruh variasi % thickening agent terhadap karakteristik biogrease dan mendapatkan karakteristik terbaik biogrease yang dihasilkan dari base oil epoksi RBDPO. Epoksidasi dilakukan dengan perbandingan RBDPO : asam asetat : asam peroksida 1 : 5 : 2 pada suhu 50°C, dengan variasi waktu percobaan 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Hasil epoksidasi dihitung bilangan oksiran dan bilangan iod dengan dua kali ulangan, kemudian dianalisis statistik ANOVA dan dilanjutkan uji LSD. Selanjutnya hasil epoksidasi terbaik diformulasikan dengan thickening agent dengan perbandingan 80:20 dan 85:15 untuk menghasilkan biogrease. Analisis statistik menunjukkan bahwa waktu epoksidasi terbaik adalah 3 jam. Thickening agent berpengaruh terhadap tekstur biogrease. Biogrease dengan perbandingan base oil dengan thickening agent 80 : 20 memiliki tekstur berserat pendek (short fibril) dengan nilai NLGI 3, sedangkan biogrease dengan perbandingan 85 : 15 memiliki tekstur rapuh (brittle) dengan nilai NLGI 00. Biogrease terbaik yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah biogrease dengan perbandingan 80:20 dengan nilai NLGI 3.

Kata kunci : *biogrease*, minyak sawit, base oil, RBDPO, epoksidasi

PENDAHULUAN

Grease atau gemuk adalah jenis pelumas yang sangat efektif dan ekonomis digunakan pada mekanisme mesin yang sulit dilumasi. Grease di pasaran terbuat dari fraksi minyak bumi, sehingga perlu pengembangan produk pelumas dari bahan

yang dapat diperbaharui (renewable). Penggunaan minyak nabati sebagai bahan dasar pelumas juga lebih ramah lingkungan. Apabila tumpah di tanah, minyak nabati akan terurai 98% nya, sedangkan produk minyak mineral hanya akan terurai 20% sampai 40% (Yanto dan Septiana, 2012).

Karakteristik grease yang dihasilkan tergantung pada tiga komponen penting yaitu bahan dasar (base oil), *thickening agent* dan bahan-bahan aditif yang ditambahkan (Pertamina, 1999).

Base oil adalah minyak pelumas yang memberikan pelumasan sesungguhnya dalam gemuk. *Thickening agent* menentukan karakteristik konsistensi gemuk. Additive pada gemuk berfungsi untuk meningkatkan performa gemuk dan melindungi gemuk dari kerusakan (Ishchuk, 2005). Minyak nabati yang cocok digunakan sebagai lubricant adalah minyak nabati yang memiliki fraksi olein tinggi dengan mono-unsaturated content >80%, low poly-unsaturated fatty acid dan unsaturated fatty acid (Sukirno *et al.*, 2010). Minyak sawit merupakan minyak nabati yang memiliki kandungan fraksi RBDP olein yang tinggi. Sehingga ikatan tak jenuh dalam RBDP olein inilah nanti yang akan terkonversi menjadi ikatan oksiran. Secara umum, proses fraksinasi minyak sawit dapat menghasilkan 75% - 80% olein (Damarani *et al.*, 2019).

Metode modifikasi secara kimia minyak nabati sebagai biolubricant berupa transesterifikasi, epoksidasi, esterifikasi katalis enzim, formasi estolide (Panchal *et al.*, 2014). Modifikasi minyak nabati mengubah properti seperti viskositas, sifat adesif kepada besi dan stabilitas yang berdampak pada tribological property. Sharma *et al.* (2006) melakukan pembuatan biogrease dengan base oil epoksi minyak nabati, menggunakan thickening agent LiOH₂ dan asam stearat. Sukirno *et al.* (2010) melakukan penelitian biogrease terhadap epoksi RBDPO dan modified RBDPO menggunakan thickening agent 12-hidroksi stearat dan CaOH₂. Herawati (2012) membuat biogrease menggunakan epoksi RBDPO menggunakan Li dan Ca kompleks dan 12-hidroksi stearat. Ada dua penelitian yang menggunakan thickening agent berupa asam stearat dan CaOH₂, tetapi base oil yang digunakan adalah blackdate oil (Ayowale *et al.*, 2011) dan neem seed oil (Adamu *et al.*, 2016).

Penelitian ini akan berfokus mencari formulasi terbaik dari karakteristik biogrease berdasarkan base oil dari RBDPO dengan thickening agent asam stearat dan CaOH₂. Base oil yang digunakan adalah epoksidasi RBDPO. Pemilihan metode epoksidasi pada rekayasa base oil agar viskositas base oil semakin meningkat sehingga menghasilkan biogrease yang semakin baik. Perbedaan variasi waktu reaksi pada reaksi epoksidasi pada penelitian ini adalah 3, 4 dan 5 jam dengan dua kali ulangan.

BAHAN DAN METODE

RBDP Olein (teknis, PT. Salim Ivomas Pratama), asam peroksida (teknis, 80%,

Bratachem), asam asetat (teknis, 90%), Na₂CO₃, Na₂SO₄ (Bratachem), CaOH₂ (teknis), asam stearat (teknis), dan air distilat (Bratachem).

Persiapan Base Oil

Epoksidasi dilakukan dengan memasukkan 200 g RBDPO dan asam asetat ke dalam reaktor 2 L labu leher tiga lengkap dengan termometer, magnetic stirer dan reflux condenser, pada suhu 50°C (40°C – 60°C) (Nurazira *et al.*, 2017; Derawi *et al.*, 2014; Ghazali *et al.*, 2017). Setelah itu diaduk dengan putaran 200 rpm sambil ditambahkan asam peroksida yang diteteskan secara perlahan-lahan. Perbandingan RBDPO : asam asetat : asam peroksida yaitu 1:5:2 (Salimon dan Derawi, 2010).

Proses epoksidasi dilakukan sesuai dengan rancangan percobaan yaitu selama 3, 4 dan 5 jam dengan dua kali ulangan, selanjutnya dilakukan proses netralisasi dengan menggunakan garam natrium bikarbonat dan setelah itu dicuci dengan menggunakan air destilat. Setelah itu disaring dan terbentuklah epoksi RBDPO.

Metode Statistik

Rancangan percobaan yang dilakukan adalah rancangan acak lengkap faktorial, dengan faktor waktu sebagai variabel yang diamati pada tiga taraf (3, 4 & 5 jam) dengan dua kali ulangan. Metode penentuan perlakuan base oil terbaik dilakukan dengan uji ANOVA pada data bilangan oksiran dan bilangan iod, dilanjutkan dengan uji lanjut BNT. Data diolah menggunakan software statistik SPSS. Uji ANOVA mengikuti persamaan dibawah ini (Harsojuwono *et al.*, 2011).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + ij$$

Keterangan :

Y_{ij} = Nilai pengamatan dari faktor waktu ke-i, pada ulangan ke-j

μ = Nilai rata-rata

A_i = Pengaruh faktor waktu pembuatan epoksi RBDPO pada taraf ke-i (i = 1, 2, 3)

ij = Pengaruh kesalahan percobaan

Setelah mendapatkan *base oil* terbaik dari uji statistik, dilakukan sintesis *biogrease*. Data yang diambil untuk masing-masing faktor *biogrease* adalah dua kali ulangan. Metode penentuan perlakuan *biogrease* terbaik dilakukan dengan uji *ONE WAY ANOVA* pada data *worked penetration test*, *unworked penetration test* dan *fourballtest*.

Pembuatan Biogrease

Pembuatan biogrease melalui beberapa tahapan yaitu tahap penyabunan, tahap pendinginan atau kristalisasi dan tahap homogenisasi. Formulasi perbandingan antara base oil dengan thickening agent yang diuji dalam penelitian ini adalah 80 : 20 dan 85

:15. Biogrease dibuat dengan memasukan pelumas cair (base oil) sebanyak 90% w/w dari total bobot base oil, dan secara perlahan dimasukkan asam stearat. Larutan dipanaskan sampai suhu 100°C dengan pengadukan 300 rpm. Kalsium hidroksida dimasukkan setelah asam stearat larut. Larutan dipanaskan hingga suhu 165°C, sampai kalsium hidroksida homogen, lalu ditambahkan agen pengompleks yaitu CaOH₂ H₂O dan CH₃COOH. Temperatur dinaikkan hingga 200°C, dan diaduk selama 40 menit untuk penghilangan air dan udara. Base oil ditambahkan kembali sebanyak 10% w/w dari total bobot base oil. Larutan diaduk sampai temperatur proses sama dengan temperatur kamar dan gemuk pelumas dipindahkan ke unit homogenizer.

Analisis

Analisis kuantitatif pada hasil epoksidasi RBDPO dilakukan dengan cara menghitung bilangan iod (SNI 01-3555-1998) dan bilangan oksiran (ASTM D1652-97). Sedangkan parameter penilaian biogrease untuk mengkategorikan aplikasi grease dalam SNI meliputi uji visual, uji penetrasi, dropping point (titik leleh) dan four ball test, yang diukur menggunakan metode standar ASTM D 217-17, ASTM D 2265-5 dan ASTM D 2266-01.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Base Oil Yang Dipreparasi Melalui Epoksidasi RBDPO

Sintesis epoksi RBDPO pada prinsipnya bertujuan untuk mendapatkan senyawa epoksi RBDPO dengan mengubah ikatan rangkap C=C menjadi gugus epoksida melalui proses epoksidasi. Analisis kuantitatif epoksi RBDPO dilakukan dengan analisis bilangan iod dan bilangan oksiran. Perhitungan bilangan oksiran dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan gugus epoksida dalam epoksi RBDPO.

Asam asetat selain sebagai reaktan, juga dapat berfungsi sebagai katalis pada pembentukan asam peroksi asetat yang diperlukan untuk pembentukan cincin epoksi (Gioudutti *et al.*, 2011). Menurut Milchert dan Smagowicz (2009), reaksi epoksidasi dengan asam peroksi asetat tidak memerlukan katalis dikarenakan asam asetat/formiat tersebut bisa menjadi katalis. Maka dalam penelitian epoksidasi ini tidak digunakan katalis. Analisis bilangan iod dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan jumlah ikatan rangkap C=C pada epoksi RBDPO, sehingga dapat mengetahui berapa jumlah ikatan rangkap C=C dalam RBDPO yang terkonversi menjadi gugus epoksida.

Hasil perhitungan pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa bilangan oksiran tertinggi

diperoleh pada variabel lama proses 3 jam. Penentuan waktu oksidasi mungkin diatas kondisi optimum, sehingga pada proses epoksidasi yang dilakukan terjadi penurunan bilangan oksiran dan meningkatkan jumlah ikatan rangkap. Bilangan oksiran menunjukkan jumlah ikatan oksiran yang terjadi, sedangkan bilangan iod menunjukkan jumlah ikatan rangkap C=C dalam epoksi RBDPO. Bilangan oksiran cenderung berbanding terbalik dengan bilangan iod setelah dilakukan proses oksidasi karena adanya proses perubahan ikatan rangkap C=C menjadi gugus epoksida melalui proses epoksidasi.

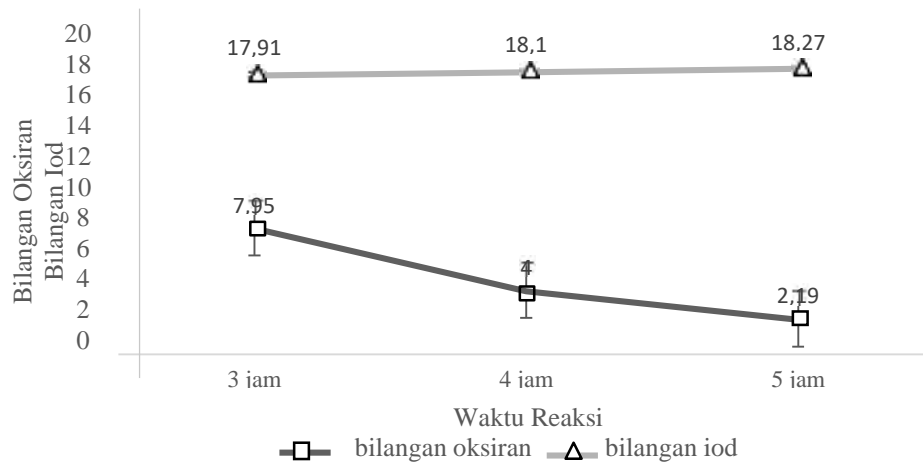
Penentuan konversi epoksi RBDPO didasarkan pada nilai bilangan oksiran, bukan berdasarkan bilangan iod karena bilangan oksiran menunjukkan banyaknya cincin oksiran yang terbentuk dalam epoksi RBDPO, sedangkan bilangan iod menunjukkan banyaknya ikatan rangkap C=C dalam epoksi RBDPO, sehingga bilangan iod tidak dapat dijadikan dasar penentuan konversi optimum karena ikatan rangkap C=C yang terkonversi menjadi cincin oksiran juga dapat putus membentuk ikatan lain (Varshney *et al.*, 2013; Salimon dan Derawi, 2010). Oleh karena itu nilai bilangan iod yang terkecil tidak dapat dijadikan dasar penentuan konversi optimum pembentukan cincin oksiran. Walaupun bilangan iod terkecil juga dihasilkan dari variasi lama proses reaksi 3 jam seperti pada Gambar 1.

Tabel 1. Rerata nilai hasil uji baseoil

Perlakuan (Jam)	Bilangan Oksiran	Bilangan Iod (g iod/100 g epoxy RBDPO)
3	7,50 ± 1,33 ^a	17,91 ± 0,20 ^c
4	4 ± 0,59 ^b	18,10 ± 0,13 ^b
5	2,19 ± 0,80 ^c	18,27 ± 0,09 ^a

Setelah itu dilakukan perhitungan konversi bilangan oksiran. Pada Tabel 2 terlihat bahwa nilai bilangan oksiran paling tinggi 7,99 ± 1,341% didapatkan pada sintesis epoksi RBDPO pada lama proses 3 jam.

Setelah dilakukan uji statistik, pada parameter uji bilangan iod, hasil uji BNT menunjukkan antara perlakuan 3 jam dengan 4 jam berbeda nyata ($p < 0,05$); antara perlakuan 3 jam dengan 5 jam berbeda nyata dengan nilai ($p < 0,05$); sedangkan antara perlakuan 4 jam dengan 5 jam tidak berbeda nyata dengan nilai ($p > 0,05$). Pada parameter uji bilangan oksiran, uji BNT menunjukkan antara perlakuan 3 jam, 4 jam dan 5 jam memiliki perbedaan rata-rata bilangan oksiran secara nyata.



Gambar 1. Perbandingan pengaruh bilangan oksiran dan bilangan iod terhadap epoksi RBDPO yang dihasilkan

Hal ini terlihat dari nilai *sig* tiap perlakuan yang <0,05 antara perlakuan 3 jam dan 4 jam dengan nilai *sig* 0,000; 3 jam dan 5 jam dengan nilai *sig* 0,000; antara perlakuan 4 jam dan 5 jam dengan nilai *sig* 0,005. Rata-rata nilai *sig* tertinggi pada perlakuan 3 jam dan terendah pada perlakuan 5 jam.

Tabel 2. Nilai konversi oksiran dalam base oil (%)

Perlakuan (Jam)	Konversi Bilangan Oksiran (%)
3	7,99 ± 1,341
4	4,02 ± 0,60
5	2,19 ± 0,80

Berdasarkan dua perhitungan di atas baik menggunakan rumus penentuan bilangan oksiran teoritis maupun menggunakan analisa statistik menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut BNT, lama proses sintesis terbaik ditunjukkan oleh perbandingan nilai bilangan oksiran dengan bilangan iod. Nilai terbaik adalah lama proses sintesis yang memiliki nilai bilangan oksiran terbesar dan nilai bilangan iod terkecil. Oleh karena itu, lama proses sintesis terbaik seperti ditunjukkan oleh Tabel 2, yaitu lama proses sintesis 3 jam.

Secara teoritis, nilai oksiran semakin meningkat disebabkan frekuensi terjadinya tumbukan antar molekul-molekul semakin meningkat. Sehingga semakin lama waktu akan membuat konversi oksiran semakin besar (Sudrajat *et al.*, 2007). Namun, hasil percobaan menunjukkan bahwa lama proses paling kecil (3 jam) adalah lama proses sintesis yang paling optimum untuk pembentukan ikatan oksiran. Penambahan waktu pada sintesis dengan waktu melebihi waktu optimum akan menyebabkan sisa-sisa dari peraksi beraksi lebih lanjut menyebabkan pembukaan pada cincin oksiran yang telah terbentuk

(Alamsyah *et al.*, 2013) Selama berlangsungnya reaksi epoksidasi akan terbentuk beberapa reaksi samping yang menghasilkan: air, asam format/asam asetat yang berlebih, hidrogen peroksida yang berlebih, dan minyak nabati yang tidak bereaksi. Reaksi samping yang dihasilkan dari reaksi epoksidasi dapat menyebabkan pembukaan cincin oksiran (Petrovic *et al.*, 2001).

Biogrease yang Menggunakan Sabun Kalsium Kompleks

Base oil dengan formulasi waktu terbaik pada tahap I digunakan untuk memproduksi *biogrease*. Formulasi perbandingan antara *base oil* dengan *thickening agent* yang akan diuji dalam penelitian ini adalah 80 : 20 dan 85 : 15. *Thickening agent* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sabun kalsium stearat dengan agen pengompleks. Sabun kompleks untuk *grease* mengandung lebih dari satu garam alkali. Kombinasi tersebut menjadikan struktur sabun menjadi lebih kompleks sehingga menghasilkan *grease* dengan *dropping point* dan *service temperature* yang lebih tinggi daripada *grease* sabun konvensional. *Grease* dengan sabun kompleks ini memiliki kinerja yang lebih baik dengan adanya peningkatan tersebut (Gow *et al.*, 2010).

Tekstur *biogrease* dapat diamati secara visual dan dirasakan dengan sentuhan dengan cara menekan sejumlah kecil *grease* di antara jari jempol dan telunjuk kemudian dilepaskan secara perlahan. Gambar 2a menunjukkan hasil perlakuan sintesis *biogrease* dengan perbandingan bahan 85 : 15 termasuk tipe rapuh (*brittle*) yaitu *grease* yang mudah patah saat ditarik. Gambar 2b menunjukkan hasil perlakuan sintesis *biogrease* dengan perbandingan bahan 80 : 20 termasuk tipe berserat pendek (*short fibril*) yaitu *grease* secara visual terlihat memiliki fibril pendek, jika ditarik *grease* mulur sedikit sebelum putus (Mang dan Ling, 2007).



Gambar 2. Tampilan visual *biogrease* dengan rasio *base oil* dan *thickening agent* a. 85 :15; b. 80 : 20

Tabel 3. Nilai parameter uji biogrease secara umum

Perlakuan	Penetrasi <i>unworked</i> (mm/10)	Penetrasi, <i>worked</i> (mm/10)	NLGI, -	Titik leleh, (°C)	Uji <i>four ball</i> , (scar mm diameter)
85:15	342,5±15 ^a	414±18 ^a	00	>112°C	0,565±0,007 ^a
80:20	89,5±26 ^b	233±7 ^b	3	>300°C	0,560±0,042 ^b

Kekerasan atau konsistensi suatu grease ditentukan oleh pengental sabun yang membentuk fibril atau serat-serat (Lansdown, 2007). Oleh karena itu, jenis/jumlah *thickening agent* menentukan kekerasan grease. Jenis *thickening agent* yang sama menunjukkan kekerasan grease yang sama pula. Kekerasan *grease* juga ditentukan oleh kekentalan *base oil*. *Base oil* yang lebih kental menghasilkan *grease* lebih keras (Delgado, 2005)

Parameter uji pelumas gemuk meliputi uji visual, kandungan *thickening agent*, uji penetrasi, *dropping point* (titik leleh) dan *four ball test*, yang diukur menggunakan metode standar ASTM D 217-17, ASTM D 2265-5 dan ASTM D 2266-01. Biogrease dengan perlakuan perbandingan bahan 85 : 15 memiliki karakteristik lebih lunak dengan warna yang lebih cerah, dengan titik leleh pada suhu lebih dari 112°C dan nilai NLGI 00. Biogrease dengan NLGI 3 memiliki karakteristik kekentalan sangat lembut, dengan aplikasi pada mesin gigi tertutup dan gigi terbuka. Pembuatan *biogrease* dengan perlakuan perbandingan bahan 80 : 20 menghasilkan hasil uji titik leleh lebih dari 300°C dan nilai NLGI 3. Biogrease dengan NLGI 3 memiliki karakteristik kekentalan *semihard*, dengan aplikasi pada mesin *roll bearing*. Batasan temperatur penggunaan grease dipengaruhi oleh *dropping point*, oksidasi *base oil*, dan pengerasan grease pada temperatur rendah. Jika grease dipanaskan hingga di atas *dropping point*-nya, umumnya grease kehilangan konsistensi dan kemampuan-nya semula (Maria dan Sukirno, 2009). Biogrease dengan nilai perbandingan 80 : 20 memiliki tingkat konsistensi dan kemampuan yang lebih baik dikarenakan dapat bertahan sampai suhu 300°C.

Artinya semakin banyak *thickening agent* yang ditambahkan semakin tinggi nilai *dropping point*-nya. Ketika mencapai *dropping point*, struktur *grease* akan rusak sehingga tidak dapat memerangkap *base oil* didalam matriksnya lagi.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah *thickening agent* yang ditambahkan cenderung mengakibatkan nilai penetrasi semakin menurun atau konsistensi biogrease akan semakin bertambah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh penelitian lain yang menyatakan bahwa nilai konsistensi grease sangat bergantung pada struktur mikro dan dimensi dari sabun logamnya (Adhvaryu *et al.*, 2004). Semakin meningkat konsentrasi sabun kompleks, maka struktur mikro akan semakin kuat serta semakin kecil dan rapat matriks yang terbentuk sehingga *biogrease* yang dihasilkan akan semakin keras. Pada uji penetrasi *unworked* nilai $P < 0,05$ atau nilai signifikansi 0,007 kurang dari 0,05 sehingga terima H_1 tolak H_0 yang berarti bahwa rata-rata penetrasi *unworked* antar perlakuan berbeda secara signifikan. Hasil uji penetrasi *worked* menunjukkan nilai $P < 0,05$ atau nilai signifikansi kurang dari 0,05; sehingga terima H_1 tolak H_0 yang berarti bahwa rata-rata penetrasi *worked* antarperlakuan berbeda secara signifikan.

Tabel 3. menunjukkan hasil *four ball test* cenderung menurun pada *biogrease* dengan rasio 85 : 15, baik itu dilihat dari koefisien friksi dan jumlah keausan bola baja. Seiring dengan penambahan *thickening agent*, massa bola yang hilang akibat friksi akan semakin kecil. Uji *four ball test* dipengaruhi oleh struktur yang keras dari *biogrease*, yang dapat menunjukkan nilai keausan *grease*. Pada saat

pengujian *biogrease* dengan struktur yang keras tidak menyusup pada sela-sela bola yang diujikan dan tidak memberikan lapisan perlindungan sehingga pelumasan tidak sempurna. Bertambahnya persentase *thickening agent* juga mengakibatkan berkurangnya persentase dari *base oil* yang berperan dalam pelumasan, sehingga nilai keausan bertambah seiring dengan penambahan persentase *thickening agent* mungkin disebabkan jumlah *base oil* yang semakin kecil (Sukirno, 2010). Sehingga struktur *biogrease* yang lebih lunak memiliki nilai keausan lebih rendah yaitu *biogrease* rasio 80 : 15. *Biogrease* dengan rasio 80 : 20 memiliki nilai keausan lebih tinggi. *Fourball test* menunjukkan nilai asymp. Sig 0,885 ($p > 0,05$) atau nilai signifikansi lebih dari 0,05; sehingga terima H_0 tolak H_1 yang berarti bahwa rata-rata *four ball test* antar perlakuan tidak berbeda secara signifikan. Pada Tabel 4 disajikan informasi jumlah keausan yang dihasilkan dari *four ball test grease* kalsium kompleks yang dilakukan oleh peneliti lain.

Tabel 4. Hasil uji fourball beberapa jenis biogrease

Jenis <i>Biogrease</i>	Jumlah keausan (mg)
<i>Biogrease</i> kalsium hidroksi stearat asetat (Maria, 2009)	0,4 mg
<i>Biogrease</i> kalsium hidroksi stearat azelat (Ikhmalul, 2011)	2,0 mg
<i>Biogrease</i> kalsium stearat asetat	0,56 mg

Jika dilihat dari tabel jumlah keausan yang dihasilkan oleh *biogrease* penelitian ini lebih kecil dari pada jumlah keausan *biogrease* yang dibuat pada penelitian Ikhmalul (2011). Tetapi masih lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian Maria (2009). Maria (2009) menggunakan *thickening agent* yang susah didapatkan yaitu kalsium 12 hidroksi stearat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *biogrease* dapat dibuat dengan menggunakan *thickening agent* yang mudah didapatkan dengan jumlah keausan yang rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uji statistik (uji ANOVA dan uji BNT) terhadap nilai bilangan oksiran dan bilangan iod diperoleh lama proses sintesis terbaik untuk proses pembentukan epoksi RBDPO sebagai *base oil* pembuatan *biogrease* adalah 3 jam. Lama proses sintesis epoksidasi RBDPO tidak berpengaruh terhadap konversi ikatan oksiran pada RBDPO dikarenakan reaksi epoksidasi yang sedang berlangsung merupakan reaksi kesetimbangan.

Formulasi terbaik pembuatan *biogrease* dengan *base oil* hasil percobaan terbaik sebelumnya

didapatkan, *Biogrease* dengan perbandingan *base oil* dengan *thickening agent* sebesar 85 : 15 memiliki nilai NLGI 00 dengan tekstur rapuh, sedangkan *biogrease* dengan perbandingan *base oil* dengan *thickening agent* sebesar 80 : 20 memiliki nilai NLGI 03 dengan tekstur berserat pendek. Hasil *biogrease* dengan nilai NLGI 03 berhasil didapatkan dengan nilai dropping point, nilai penetrasi dan uji keausan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Saran

Pembuatan *base oil* dapat diperdalam dengan menjadikan perbandingan bahan penyusun *base oil* sebagai variabel dalam percobaan. Disamping itu menjadikan suhu sebagai variabel dalam percobaan akan menambah akurasi kesimpulan yang diperoleh. Penelitian *biogrease* dari *base oil* RBDPO dan *thickening agent* kalsium kompleks dapat ditambahkan variasi perbandingan bahan penyusun *biogrease* dalam percobaan untuk mendapatkan data tren yang lebih baik. Jika dapat menambah ulangan dalam percobaannya akan menghasilkan kesimpulan data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamu MS, Bilal SAA, dan Mashi AH. 2016. Production and characterization of biodegradable grease from neem seed oil. *Journal of Scientific and Engineering Research*. 3(3):39-42.
- Adhvaryu A, Erhan S, Sevim Z, Perez J. 2004. Preparation of soybean oil- based greases : effect of composition and structure on physical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52. (21):6456–6459.
- Alamsyah R, Susanti I, Siregar NC, Heryani S. 2013. Pengaruh perbandingan asam format dan hidrogen peroksida dalam pembuatan senyawa epoksi dari minyak kelapa sawit. *Warta IHP*. 30(2): 55-74.
- Awoyale AA, Odubiyi AE, Eloka-Eboka AC. 2011. Production and testing of biodegradable grease from black-date (*Canarium schweinfurthii*) oil. *Journal of Innovative Research in Engineering and Sciences* 2(4), June, 2011
- Damarani ZN, Sholihah LM, Zullaikah S, Rachimoallah M. 2019. Pra-desain pabrik refined bleached deodorized (RBD) Olein dari crude palm oil (CPO). *Jurnal Teknik*. 8 (1).
- Darfizzi D, Salimon J, dan Ahmed WA. 2014. Perparation of epoxied palm olein as renewable material by using peroxy acid. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 18 (3) : 584 – 591.
- Delgado MA. 2005. Relationship among microstructure, rheology and processing of

- a lithium lubricating grease. *Trans I Chem E, Part A, Chemical Engineering Research and Design*. 83(A9): 1085–1092.
- Ghazali M, Meliana Y, Fahmiati S, Evi T, Darmawan A. 2017. Sintesis asam oleat terepoksidasi dengan katalis asam asetat. *Jurnal Kimia Kemasan*. 40 (2) : 63- 70.
- Gow G, Mortier RM, Fox MF, Orszulik ST. 2010. *Lubricating Grease, Chemistry and Technology of Lubricants*. 3rd ed. Netherlands : Springer.
- Harsojuwono BA, Arnata IW, dan Diah P. 2011. Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi SPSS dan Excel. Malang : Lintas Kata.
- Herawati E. 2012. Pembuatan gemuk bio campuran Li-Ca 12HSA asetat kompleks menggunakan base oil minyak sawit terepoksidasi. [Skripsi]. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Ikhmalul 2011. Asam azelat sebagai complexing agent dalam pembuatan grease kalsium kompleks berbasis minyak sawit. [Skripsi] Depok : Departemen Teknik Kimia FTUI.
- Ishchuk YL. 2005. *Lubricating Grease Manufacturing Technology*. New Delhi : New Age International (P) Limited Publisher.
- Mang T, Ling 2007. *Lubricants and Lubrication*. 2nd Ed. Edited by Theo Mang and W.Dresel, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 978-3- 527-31497-3.
- Maria W dan Sukirno. 2009. Pembuatan gemuk bio foodgrade menggunakan thickener sabun kalsium kompleks. [Skripsi]. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Milchert E dan Smagowicz A. 2009. The influence of reaction parameters on the epoxidation of rapeseed oil with peracetic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 86 (12): 1227–33.
- Nurazira A, Darfizzi D, dan Salimon J. 2017. Chemical modification of epoxidized palm oil for bio lubricant application. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 21 (6): 1423 – 1431.
- Panchal T, Chauhan D, Thomas M, Pate J. 2014. Bio based grease a value added product from renewable resources. *Ind. Crops Prod. Pertamina*. 1999. Pelumas dan pelumasan. Jakarta :Dinas Penyuluhan dan Pengendalian Mutu. Direktorat PPDN Pertamina.
- Petrovic ZS, Zlatanic A, Lava CC, Sinadinovic-Fiser S. 2001. Epoxidation of soybean oil in toluene with peroxyacetic and peroxyformic acids - kinetics and side reactions . Kansas Polymer Research Center. Kansas: Pittsburg State University.
- Salimon J dan Derawi D. 2010. Optimization on epoxidation of palm olein by using performic acid. *CODEN ECJHAO E-Journal of Chemistry*. 7(4) : 1440- 1448.
- Sharma BK, Adhvaryu A, Perez J M, Erhan S.Z. 2006. Biobased grease with improved oxidation performance for industrial application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 7594–7599.
- Sudradjat R, Ariatmi R, dan Setiawan D. 2007. Pengolahan jarak pagar menjadi epoksi sebagai bahan baku minyak pelumas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 25 (1): 57- 74.
- Sukirno, Ludi, Rizqon, Bismo, Nasikin. 2010. Anti-wear properties of bio-grease from modified palm oil and calcium soap thickener. *Agric Eng Int: CIGR Journal*. 12(2): 64–69.
- Sukirno dan Ningsih YR. 2017. Utilization of sulphurized palm oil as cutting fluid base oil for broaching process. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 6001-2008.
- Tri Y dan Aisyah T. 2012. Jatropha oil utilization as basic material of grease lubricant. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13 (1) :34-42.
- Varshney H, Ahmad A, Rauf A. 2013. Ring opening of epoxy fatty esters by nucleophile to form the derivatives of substituted -amino alcohol. *Food and Nutrition Sciences*. 4:21-24.