

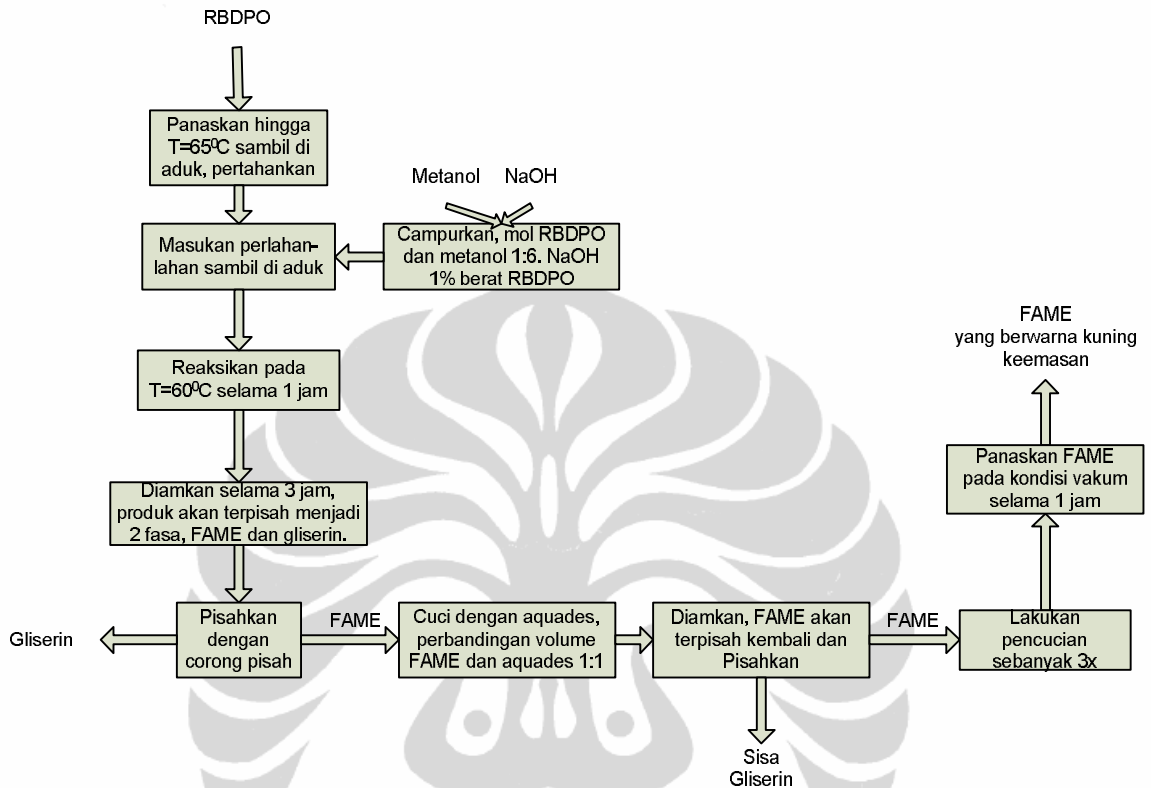
LAMPIRAN A

Transesterifikasi

Transesterifikasi ini merupakan tahap awal pembuatan pelumas bio dengan mereaksikan minyak kelapa sawit dengan metanol dengan bantuan katalis NaOH. Transesterifikasi ini bertujuan untuk menghasilkan FAME (fatty acid methyl ester). Prosedur yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Minyak kelapa sawit terlebih dipanaskan hingga suhu 65°C dengan menggunakan pemanas dan dilakukan pengadukan secara konstan. Sedangkan katalis NaOH terlebih dahulu dilarutkan dalam metanol untuk memudahkan reaksi karena NaOH yang digunakan berbentuk padatan. Perbandingan mol metanol dan mol minyak kelapa sawit yang digunakan adalah sebesar 6:1. Katalis NaOH yang digunakan adalah sebanyak 1% dari massa minyak sawit.
2. Larutan metanol dan NaOH dimasukkan secara perlahan dan pengadukan terus dilakukan agar larutan tersebut terdispersi merata dalam minyak kelapa sawit.
3. Pasang kondensor untuk mencegah penguapan metanol (titik didih = 65°C) yang mudah menguap.
4. Reaksi dilakukan pada suhu 65°C dan dijaga konstan selama reaksi dilakukan, yaitu 1 jam.
5. Setelah reaksi dilakukan produk yang dihasilkan didiamkan selama ± 3 jam, lalu produk akan terpisah menjadi 2 fasa yaitu methyl ester (FAME) dan gliserin.
6. FAME dari gliserin dipisahkan dengan corong pisah.
7. FAME dicuci dengan menggunakan aquades dengan perbandingan volume 1:1 dan diaduk merata. Setelah pengadukan dilakukan, diamkan dan FAME akan terpisah kembali. Aquades tersebut kemudian dipisahkan dari FAME dengan corong pisah. Pencucian dilakukan sebanyak tiga kali. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan gliserin yang masih tercampur dalam FAME.

- Panaskan FAME dalam kondisi vakum selama 1 jam untuk menghilangkan kandungan aquades yang tersisa. FAME akan berwarna kuning keemasan yang jernih setelah pemanasan.



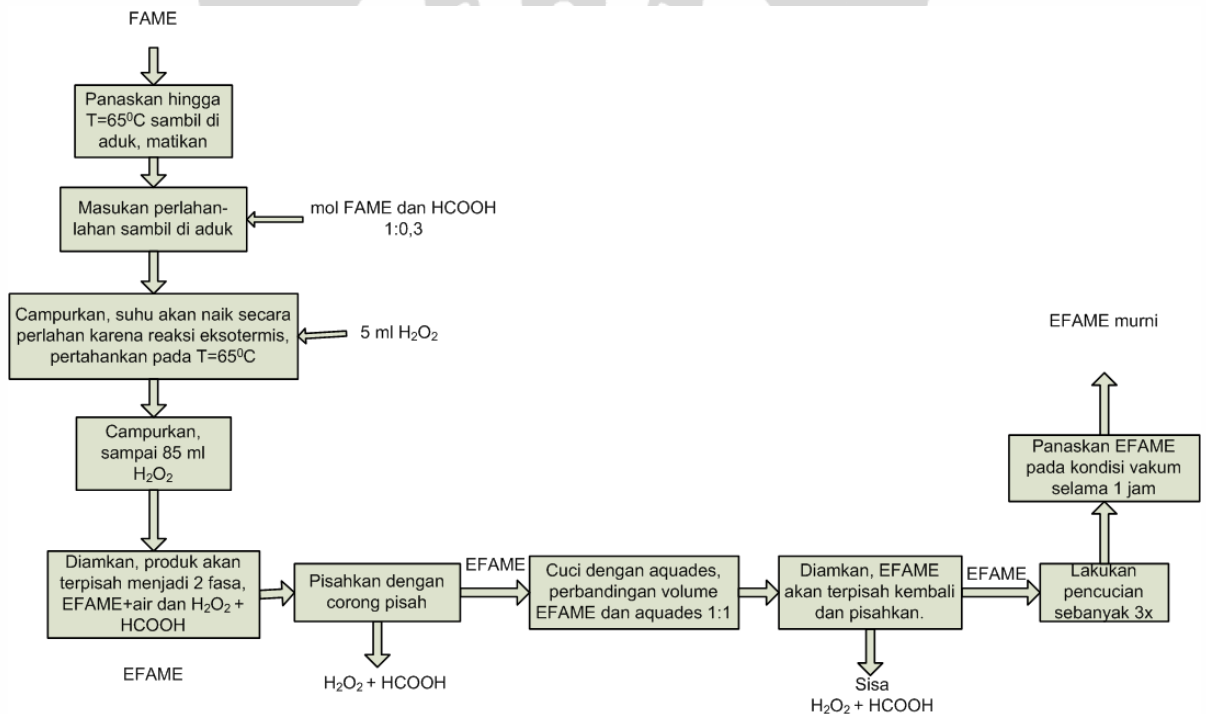
Gambar A.1 Mekanisme proses transesterifikasi

Epoksidasi

FAME hasil transesterifikasi diepoksidasi dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan bantuan katalis asam formiat untuk menghasilkan EFAME (*Epoxied Palm Oil Metik ester*). Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Panaskan FAME hingga mencapai suhu $65^{\circ}C$ dan dilakukan pengadukan.
- Matikan pemanas setelah suhu FAME mencapai $65^{\circ}C$.
- Masukkan katalis asam formiat ke dalam FAME yang telah dipanaskan dengan perbandingan mol FAME dan mol asam formiat 1 : 0,3.
- Tambahkan kira-kira 5 ml H_2O_2 dengan tetap dilakukan pengadukan. Suhu akan naik secara perlahan karena reaksi epoksidasi ini termasuk reaksi eksotermis. Jaga suhu reaksi pada $65^{\circ}C$.

5. Jika suhu tidak naik lagi, baru tambahkan 5 ml H_2O_2 berikutnya. Setelah penambahan ini, suhu akan naik kembali. Seperti tadi, pertahankan suhu pada $65^{\circ}C$.
6. Demikian seterusnya hingga H_2O_2 berlebih yang disediakan habis.
7. Setelah reaksi dilakukan, diamkan produk sesaat. Produk akan terpisah menjadi 2 fasa, EFAME dan air beserta H_2O_2 dan asam formiat. Pisahkan dengan menggunakan corong pisah.
8. EFAME dicuci dengan menggunakan aquades dengan perbandingan volume 1 : 1 dan diaduk merata. Setelah pengadukan dilakukan, diamkan dan EFAME akan terpisah kembali. Aquades tersebut kemudian dipisahkan dari EFAME dengan corong pisah. Pencucian dilakukan sebanyak tiga kali. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan sisa H_2O_2 dan asam formiat yang mungkin masih tercampur dalam EFAME.
9. Panaskan EFAME dalam kondisi vakum selama 1 jam untuk menghilangkan kandungan air yang tersisa.



Gambar A.2 Mekanisme proses epoksidasi

LAMPIRAN B

Komposisi trigliserida dalam minyak kelapa sawit :

Tabel B.1 Komposisi minyak kelapa sawit (Deperin, 2007)

C 12:0	Lauric	0,90%
C 14:0	Myristic	1,00%
C 16:0	Palmitic	44%
C 18:0	Stearic	4,60%
C 18:1	Oleic	38,70%
C 18:2	Linoleic	10,50%

Ikatan rangkap yang terdapat dalam 1 mol trigliserida adalah :

$$\text{C 18 :1} = 1 \times 38,70\%$$

$$\text{C 18:2} = 2 \times 10,50\%$$

$$\text{Total} = 58,80\% \approx 60\%$$

Maka, dalam 1 mol trigliserida terdapat 0,6 mol ikatan rangkap. Sehingga gliserol yang dibutuhkan untuk mengadisi ikatan rangkap tersebut adalah 0,6 mol gliserol.

LAMPIRAN C
DATA PENELITIAN

1. Uji Densitas

Produk	Berat Pikno + Sampel (gr)		Berat Pikno kosong (gr)	Volume piknometer (ml)	ρ sampel (gr/ml)		
					I	II	Rata2
Minyak sawit	24,23	24,24	15,26	10	0,897	0,898	0,8975
FAME	23,63	23,62	15,26		0,837	0,836	0,8365
EFAME	24,13	24,14	15,26		0,887	0,888	0,8875
EFAMEGLI 1 (2%,12 jam)	24,26	24,25	15,26		0,9	0,899	0,8995
EFAMEGLI 2 (2%,16 jam)	24,72	24,71	15,26		0,946	0,945	0,9455
EFAMEGLI 3 (2%,20 jam)	24,77	24,78	15,26		0,951	0,952	0,9515
EFAMEGLI 4 (2%,24 jam)	24,81	24,82	15,26		0,955	0,956	0,9555
EFAMEGLI 5 (2,5%,12 jam)	24,71	24,71	15,26		0,945	0,945	0,945
EFAMEGLI 6 (2,5%,16 jam)	24,72	24,72	15,26		0,946	0,946	0,946
EFAMEGLI 7 (2,5%,20 jam)	24,76	24,75	15,26		0,95	0,949	0,9495
EFAMEGLI 8 (2,5%,24 jam)	24,79	24,78	15,26	0,953	0,952	0,9525	

2. Uji Viskositas

Produk	η pada $T = 40^{\circ}\text{C}$				C
	C	I	II	Rata-rata	
HVI 160S	0,2204	174	172	38	0,01627
Minyak Sawit	0,1631	26	26	4,2	0,01627
FAME	0,1631	42	41	6,8	0,01627
EFAME	0,2204	435	439	96	0,01627
EFAMEGLI 1 (2%,12 jam)	0,01631	524	525	8,6	0,01627
EFAMEGLI 2 (2%,16 jam)	0,2204	132	130	29	0,01627
EFAMEGLI 3 (2%,20 jam)	0,2204	148	147	33	0,01627
EFAMEGLI 4 (2%,24 jam)	0,2204	203	208	45	0,01627
EFAMEGLI 5 (2,5%,12 jam)	0,2204	134	133	29	0,01627
EFAMEGLI 6 (2,5%,16 jam)	0,2204	137	138	30	0,01627
EFAMEGLI 7 (2,5%,20 jam)	0,2204	150	149	33	0,01627
EFAMEGLI 8 (2,5%,24 jam)	0,2204	177	179	39	0,01627

3. Uji Four Ball wear

Produk	Waktu (jam)	Ball (sebelum)				Ball	
		1	2	3	4	1	2
HVI 160S	3	2,0485	2,0479	2,0451	2,0469	2,0421	2,04
Minyak Sawit		1,9949	2,0833	2,048	1,8722	1,9944	2,08
FAME		2,0143	2,0456	2,0466	2,0493	2,0131	2,04
EFAME		2,0096	2,0475	2,0477	2,0451	2,0079	2,04
EFAMEGLI 1 (2%,12 jam)		2,0676	2,0476	2,0462	2,0311	2,0468	2,02
EFAMEGLI 2 (2%,16 jam)		2,0384	2,032	2,0154	2,0181	2,0369	2,03
EFAMEGLI 3 (2%,20 jam)		2,0774	2,0494	2,047	2,0493	2,0771	2,04
EFAMEGLI 4 (2%,24 jam)		2,0514	2,0496	2,0493	2,0452	2,0513	2,04
EFAMEGLI 5 (2,5%,12 jam)		2,0454	2,0122	2,0304	2,0287	2,0438	2,01
EFAMEGLI 6 (2,5%,16 jam)		2,0245	2,0469	2,013	1,975	2,0238	2,04
EFAMEGLI 7 (2,5%,20 jam)		2,0492	2,0276	2,0472	2,0221	2,0487	2,02
EFAMEGLI 8 (2,5%,24 jam)		1,9945	2,0481	2,0464	2,0537	1,9941	2,04

4. Uji Mikrooksidasi

Laju alir oksigen = 3 ml/s

T = 200°C

t = 30 menit

Produk	Berat kosong (gr)	Berat kosong + produk (gr)	Setelah oksidasi (gr)
HVI 160S	0,1621	0,2458	0,1779
Minyak Sawit	0,1323	0,2868	0,1631
FAME	0,2186	0,2366	0,222
EFAME	0,1743	0,1923	0,1788
EFAMEGLI 1 (2%,12 jam)	0,1485	0,1719	0,1523
EFAMEGLI 2 (2%,16 jam)	0,1724	0,19	0,1759
EFAMEGLI 3 (2%,20 jam)	0,2874	0,3138	0,294
EFAMEGLI 4 (2%,24 jam)	0,2197	0,2424	0,2267
EFAMEGLI 5 (2,5%,12 jam)	0,2672	0,2897	0,2705
EFAMEGLI 6 (2,5%,16 jam)	0,2672	0,2897	0,2701
EFAMEGLI 7 (2,5%,20 jam)	0,1491	0,1767	0,1551
EFAMEGLI 8 (2,5%,24 jam)	0,1242	0,1485	0,1307