

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelumas

Minyak Pelumas atau biasa yang disebut dengan Pelumas merupakan salah satu produk dari minyak bumi dan juga bisa dibuat dengan cara sintesis dengan melalui rangkaian proses kimia , yang mengandung senyawa – senyawa *aromatic* dengan beberapa indeks *viskositas* rendah dan tidak dapat dipisahkan dengan mesin (Sani , 2010). Fungsi utama pada dari pelumas itu sendiri mengurangi gesekan dan keausan (*Wear*) antara dua bidang atau permukaan yang bersinggungan , sebagai media pembawa panas/pendingin untuk mencegah adanya karat pada setiap mesin itu sendiri. Pada prinsip dasar dari sistem kerja pelumas itu sendiri untuk mencegah terjadinya gesekan antara dua permukaan logam yang bergerak pada mesin , sehingga gerakan dari masing – masing logam dapat lancar tanpa banyak energi yang terbuang (Mang , 2001).

2.1.1 Jenis – jenis Pelumas Oil

1) Pelumas Oil Full Sintetik

Pelumas Oil Full Sintetik merupakan Pada Oli full sintetik merupakan hasil terbersih dari pemilahan oli mineral, kemudian dicampur dengan oli mineral lagi yang terdiri atas polyalphaolifins. Oli ini tidak mengandung bahan karbon reaktif, karena sangat tidak bagus untuk oli dapat menghasilkan base oli yang bebas dari sulfur , oksigen, logam – logam berat. Tergolong dalam pelumas ini merupakan Yamalube *Gold Oil* yang diproduksi oleh perusahaan yamaha , merupakan pelumas yang diformulasikan untuk mesin motor roda gigi 4 tak yang membutuhkan pelumas untuk performa lebih tinggi, tahan lama, menjaga stabilitas daya oksidasi yang tinggi, mampu mempertahankan kekentalan oli. Produk salah satu dari oli ini merupakan Yamalube *Gold Oil* yang diproduksi oleh PT. Yamaha.



Gambar 2.1 Pelumas Yamalube *Gold Oil*
(PT. Yamaha Indonesia, 2019)

Keunggulan pada oli ini tidak mudah menguap, pelumas lebih merata, melindungi mesin dari karat, korosi, anti dispersan sehingga mampu bekerja di temperature rendah, stabilitas daya oksidasi yang tinggi dan lebih ramah lingkungan. Spesifikasi pada oli ini dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Oli Yamalube Gold Oil

Spesifikasi Minyak Palumas	Nilai Pengukuran
Densitas	0.987 gr/ cm ³
Viskositas Kinematis < 100 °C	28 mm ² /s
Pour Point	- 1 ° C
Titik Nyala	90 ° C
Warna	Kuning Bening

PT.Yamaha Indonesia, 2019

2) Pelumas Oil Mineral

Oil Mineral merupakan *base oil* yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah, disempurnakan dan ditambahkan dengan zat – zat aditif untuk meningkatkan kemampuan dan fungsinya. Untuk teknologi motor baru dan motor yang baru keluar membutuhkan oli encer , dikarenakan keunggulan dari oli ini yaitu kandungan sulfur pada oli ini cukup tinggi sehingga menyebabkan oli menjadi encer. Oli ini diformulasikan untuk kendaraan motor bebek dan metic 150 CC , salah satu dari oli ini adalah Motul yang diproduksi oleh perusahaan asal francis yaitu Swan and Finch.



Gambar 2.2 Pelumas Motul
(PT. Swam and Finch Indonesia, 2019)

Kelebihan dari oli ini adalah , oli yang berbentuk cair sehingga sangat cocok untuk digunakan motor bebek dan matik 150 CC , teknologi ester yang tinggi sehingga dapat melindungi mesin dari korosi , dapat mendinginkan suhu mesin sehingga dapat terhindar dari *overheat*, dan mampu menjaga kebersihan mesin dari endapan. Spesifikasi pada oli ini dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Spesifikasi Oli Motul

Spesifikasi Minyak Palumas	Nilai Pengukuran
Densitas	0.889 gr/ cm ³
Viskositas Kinematis < 100 °C	23 mm ² /s
<i>Pour Point</i>	1 °C
Titik Nyala	85 °C
Warna	Kuning Kemasan

PT.Swam and Finch Indonesia, 2019

3) Pelumas Oil Semi – Sintetik

Oli Semi sintetik atau *synthetic blend oil* adalah campuran bahan bakar bensin atau Minyak Bumi dengan oli sintetik. Oli jenis ini masuk dalam base 3 yang merupakan mineral base oil terbaik dan sering disebut sebagai semi – sintetik , karena ada sedikit penambahan base oli sintetik untuk menguatkan beberapa karakteristik dari minyak oil ini sendiri. Kelebihan oli ini lebih stabil dibandingkan mineral , range viskositasnya juga lebih tinggi baik pada suhu rendah maupun suhu tinggi. Salah satu contoh oli jenis ini adalah Shell , Oli ini diproduksi oleh perusahaan PT. Shell yang diformulasikan untuk kendaraan mulai dari 150 – 650 CC atau 2 – 4 tak dan untuk semua jenis motor.



Gambar 2.3 Oli Shell
(PT. Shell Indonesia, 2019)

Kelebihan dari produk oli ini adalah , tidak mudah menguap pada suhu rendah , bekerja baik dalam kondisi suhu rendah , melindungi korosi pada mesin, hemat bahan bakar, dan tahan lama terhadap oksidasi sehingga lebih tahan lama . Spesifikasi pada oli ini dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi Oli Motul

Spesifikasi Minyak Palumas	Nilai Pengukuran
Densitas	1 gr/ cm ³
Viskositas Kinematis < 100 °C	30 mm ² /s
Pour Point	-2 ° C
Titik Nyala	98 ° C
Warna	Kuning Kemasan

PT.Shell Indonesia, 2019

4) Pelumas Oil Sintetik Ester

Oil Sintetik Ester adalah campuran antara oli sintetik dengan zat aditif sebagai ester , yang dimana termaksud dalam base oil 5 dan termaksud base oil tingkat tinggi. Sehingga, bila diberikan oli yang mengandung ester akan memiliki tingkat keausan yang minim yaitu 0% , jauh lebih lama, meningkatkan performa yang bagus dibandingkan ful sintetik . Salah satu contoh oli jenis ini adalah prime, Oli ini diproduksi oleh perusahaan PT. Shell yang diformulasikan untuk kendaraan mulai dari 550 CC keatas atau 4 tak.



Gambar 2.4 Oli Prime
(PT. Shell Indonesia, 2019)

Kelebihan dari oli ini adalah , tahan terhadap oksidasi , panas yang tinggi , pembentukan deposit pada piston dan kebersihan mesin juga terjaga. Spesifikasi pada oli ini dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Spesifikasi Oli Motul

Spesifikasi Minyak Palumas	Nilai Pengukuran
Densitas	1 gr/ cm ³
Viskositas Kinematis < 100 °C	30,5 mm ² /s
Pour Point	-3 ° C
Titik Nyala	83 ° C
Warna	Kuning Kemasan

PT.Shell Indonesia, 2019

2.1.2 Bio – Pelumas

Bio – pelumas atau biasa disebut dengan *biolubricant* adalah pelumas yang secara tepat dapat terdegradasi (*bio - degradable*) dan tidak beracun bagi manusia dan lingkungan , serta dapat diperbaharui.

Minyak pelumas yang telah digunakan dalam waktu cukup lama akan mengalami perubahan komposisi atau susunan kimia, selain itu juga akan mengalami perubahan sifat fisis, maupun mekanis. Hal ini disebabkan karena pengaruh tekanan dan suhu selama penggunaan dan juga kotoran-kotoran yang masuk kedalam minyak pelumas itu sendiri. Minyak pelumas bekas yang dikeluarkan dari peralatan biasanya dibuang begitu saja bahkan ada yang dimanfaatkan kembali tanpa melalui proses daur ulang yang benar. Oleh karena itu akan lebih aman dan tepat apabila minyak pelumas bekas dapat diolah kembali atau kita ganti bahan baku pembuatan pelumas menjadi bio-pelumas agar lebih ramah lingkungan , yang salah satunya digantikan dengan bahan baku dari *Clude Palm Oil* (CPO) dengan turunannya yaitu *Fatty Acid Metyl Ester* (FAME).

Persamaan bio – pelumas dengan pelumas konvensional adalah dalam hal fungsinya, yaitu melindungi dan melumasi bagian mesin, dan juga dalam hal penyusunnya yang terdiri dari minyak dasar dan aditif. Perbedaannya adalah minyak dasar yang digunakan untuk bio-pelumas haruslah *white mineral oil* atau sintetik (Fenjery dan Yunita , 2006).

Pada penelitian yang dilakukan Pada penelitian yang dilakukan oleh Attia dkk , (2020) dimana pada pembuatan bio-pelumas berbahan baku Minyak Bunga Matahari yang akan direaksikan dengan Methyl alkohol dengan KOH (Katalisator) untuk menghasilkan *Fatty Acid Metyl Ester* (FAME) dengan variable tetap suhu reaksi 150 °C, waktu 2 jam dan kadar dosis katalis KOH 1,2%. Setelah itu akan disintesis menggunakan Etilen Glikol dan CaO (Katalis) dengan rasio mol 2:1 , suhu 160 °C dan waktu 2 jam , sehingga menghasilkan EGDE (Etilen Glikol di – ester) . Setelah menghasilkan produk maka akan dianalisa dari Viskositas Kenematik , Densitas , *Pour Point* , FTIR dan GC – MS dan didapatkan kesimpulan bahwasanya pembuatan bio – pelumas dari bahan baku Minyak Matahari didapatkan dari analisa dikonfirmasi adanya keberadaan produk di - ester digugus fungsi dan memiliki stabilitas thermal hingga 200 °C , indeks viskositas ditemukan sekitar 140 N.s/m² dan memiliki *Pour Point* 10 °C

Penelitian lain yang dilakukan oleh Jumat dkk, (2012) pada pembuatan bio – pelumas dari CPO dengan variabel tetap waktu reaksi 2 jam dan suhu 120 °C , kemudian dipecah dan diturunkan kadar FFA nya melalui proses Hidrolisis menggunakan Asam fosfat dengan Rasio perbandingan campuran antara CPO dengan Asam Fosfat 3:1, 6:1 dan katalis sejumlah 0,5% , 1%, pertama akan melalui proses Hidrolisis yang Trigliserida untuk menurunkan kadar FFA nya menggunakan katalis asam 3 dan akan menghasilkan produk sampingan yaitu Gliserol. Selanjutnya pada tahap kedua mereaksikan FFA dengan Asam Formiat 25 ml dengan katalisatornya jumlah H₂O₂ 5,6 gr untuk mendapatkan produk yaitu senyawa Epoksida. Pada tahap selanjutnya yaitu menggunakan reaksi Esterifikasi untuk membentuk mono ester menggunakan Asam Heptanoat 25 ml dengan katalisatornya para toluena 10 ml, setelah mendapatkan mono ester selanjutnya itu reaksi pembentukan di – ester menggunakan 2 – etil heksanol 25 ml dan asam sulfat 12 ml sebagai katalisatornya. Untuk tahap terakhir yaitu reaksi

Pembentukan tri – ester menggunakan Asam Maristat 25 ml dan Asam Sulfat 12 ml sebagai katalisatornya. Hasil dari analisa mengkonfirmasi bahwasanya pada analisa GC – MS terdapat senyawa di – ester saja dengan stabilitas thermal 150 0C dan tidak terdeteksi senyawa tri – ester yang harusnya diharapkan , akan tetapi pada analisa Densitas , Viskositas , titik tuang memiliki standar.

2.1.3 Bahan Dasar Pelumas

Materia atau bahan yang dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan pelumas adalah sebagai berikut:

1) Minyak Mineral

Minyak mineral merupakan minyak yang diperoleh dari hasil pengolahan pelumas minyak bumi yang dimana pada fraksi distilat berat , yang mempunyai titik didid lebih dari 300 0C. Minyak bumi yang diperoleh melalui proses sehingga menghasilkan *lube base oil* bersama dengan produk yang lain, seperti bahan bakar dan aspal. *lube base oil* diproses kembali menjadi bahan dasar minyak mineral (Screepsanth, 2006).

2) Minyak Sintetis

Minyak sintetis merupakan minyak yang dibuat melalui sintetis kimiawi dengan memadukan senyawa-senyawa yang memiliki berat molekul yang rendah dan memiliki viskositas yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan dasar pelumas. Pelumas sintetis memiliki banyak perbedaan dengan pelumas yang terbuat dari minyak mineral. Minyak mineral terbuat dari campuran senyawa kompleks hidrokarbon yang terbentuk secara alami. Sifat-sifat yang dihasilkan merupakan sifat rata-rata dari campuran yang sudah mencakup sifat yang baik untuk pelumasan dan juga sifat-sifat yang tergolong buruk untuk pelumasan. Sedangkan pelumas sintetis merupakan pelumas buatan manusia yang dirancang sedemikian rupa sehingga struktur molekul dari campuran yang terbentuk dapat diatur sesuai dengan sifat-sifat yang diharapkan atau diinginkan (Fenjery dan Yunita , 2006).

3) Minyak Natural (Minyak dari Nabati dan Lemak Hewani)

Pelumas hewani dan nabati merupakan minyak yang diperoleh dari lemak hewan dan tumbuh-tumbuhan. Bahan pelumas dari minyak natural ini diperkirakan merupakan pelumas yang paling tua umurnya. Berbeda dengan

pelumas mineral, pelumas hewani dan nabati mengandung senyawa yang tidak jenuh. Senyawa-senyawa ini tidak stabil, mudah teroksidasi dan membentuk asam-asam lemak yang dapat menyebabkan bagian-bagian mesin terserang karat. Hal tersebut terjadi karena ada proses oksidasi dan adanya senyawa *Hidrokarbon* dan *Asam Karboksilat* (Fox dkk, 2006).

Pada bahan baku untuk membuat pelumas harus memiliki syarat yang dapat menjadi minyak dasar (*base oil*) bio- pelumas adalah :

- Tidak mengandung senyawa aromatik
- Tidak mengandung sulfur
- Tidak mengandung logam
- Tidak berbau.

Sebagai mana sifat – sifat pada pelumas pada umumnya bio- pelumas juga mempunyai sifat seperti diatas . Beberapa standar yang harus dipenuhi oleh Pelumas Menurut SNI 06-70695-205 , standar tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Standar Pelumas Menurut SNI 06-70695-205

Spesifikasi Minyak Palumas	Nilai Pengukuran
Densitas	0.8867 – 1 gr/cm ³
Viskositas Kinematis < 100 °C	23 – 30,5 mm ² /s
<i>Pour Point</i>	Min 1 ° C
Warna	Kuning Keemasan

SNI 06-70695-205, 2020

2.1.4 Sifat Pelumas

Pelumas mineral atau pelumas hidrokarbon merupakan suatu campuran kompleks ikatan organik yang juga dilengkapi dengan unsur-unsur anorganik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia. Agar dapat memberikan fungsi pelumasan yang baik, maka pelumas harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1) Viskositas yang sesuai

Viskositas merupakan suatu ukuran sifat alir fluida dibawah keadaan gravitasi, atau ukuran dari besar tahanan yang diberikan oleh pelumas untuk mengalir, atau dengan kata lain ukuran kekentalan dari pelumas. Pelumasan diperlukan karakteristik viskositas yang sesuai, karena akan memungkinkan pelumas tersebut untuk membentuk lapisan film pada bagian yang dilumasi. Terutama apabila pelumas tersebut digunakan untuk mesin-mesin yang bekerja pada kondisi operasi berat. Viskositas yang baik adalah penyesuaian untuk mencapai sirkulasi pelumas yang lancar dalam arti tenaga luar yang diperlukan ringan dan kedua permukaan yang dilumasi bergerak bebas (Fanjery , 2006).

2) *Pour Point* yang rendah

Pour point menunjukkan titik (suhu) terendah dimana pelumas masih dapat mengalir. Jika *pour point* suatu material rendah maka pada suhu rendah material berwujud cair (dapat mengalir/dituang). Sehingga bila *pour point* pelumas rendah berarti minyak lumas dapat berfungsi dengan baik meskipun kondisi operasi dingin dan pada kondisi mesin akan dihidupkan (Fanjery dan Yunita , 2006).

3) Volatilitas rendah

Volatilitas adalah sifat kemudahan menguap. Untuk minyak lumas diperlukan sifat volatilitas rendah agar pada suhu operasi penguapan pelumas dapat dihindari. Bila terjadi penguapan maka fungsi pelumas menjadi tidak optimal karena jumlahnya akan berkurang sehingga tidak sesuai dengan kebutuhan pelumas yang diperlukan oleh mesin dan uap yang terbentuk akan mengganggu kerja mesin (Fanjery , 2006).

4) *Total Base Number* (TBN)

TBN adalah kemampuan pelumas untuk menetralkan asam kuat (sulfat) yang terjadi dari proses perubahan dalam silinder, begitu pula dalam pendinginan gas hasil pembakaran tidak menyebabkan korosi dinding/permukaan silinder,

piston, ring dan lainnya. Angka TBN pada minyak bekas lebih rendah dari pada pelumas baru, karena sebagian besar telah digunakan untuk menetralkan asam-asam yang terbentuk atau untuk menghancurkan kotoran (Fanjery, 2006).

5) *Foaming Tendency*

Foaming tendency adalah angka yang menunjukkan kecenderungan pelumas untuk berbusa pada saat pelumas mengalami sirkulasi atau kocokan per jam. Timbulnya busa sangat mempengaruhi kualitas pelumas (turun) dan membahayakan *bearing*. Pelumas yang baik adalah yang tidak berbusa, dan sekaligus dapat memisahkan diri dari udara/oksigen atau mengurangi oksigen pelumas (Fanjery dan Yunita, 2006).

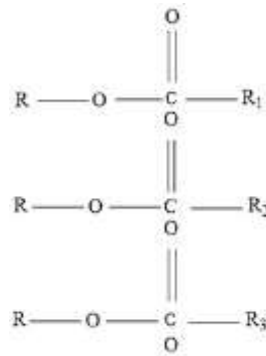
2.2 *Fatty Acid Methyl Ester (Biodiesel)*

Fatty Acid Methyl Ester atau disebut juga Biodiesel merupakan sebuah bahan bakar cair yang berasal dari minyak nabati dan lemak yang dimana hasil dari sintesis menggunakan Alkohol dengan basa Kuat (Katalisator), memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan bahan bakar minyak diesel biasa dari minyak bumi yang dimana bio-diesel ini bersifat *biodegradable*, tidak beracun, dan memiliki emisi yang lebih sedikit daripada dari minyak diesel yang berbasis minyak bumi ketika dibakar. Menurut buku Karangan Prof. Dr. Mahfud *Fatty Acid Methyl Ester (Biodiesel)*, perkembangan dan bahan baku yaitu Biodiesel dapat diproduksi secara langsung dari minyak nabati, lemak hewan dan minyak jelantah melalui proses *Transesterifikasi* menggunakan senyawa kimia Alkohol dan Basa Kuat sebagai katalisatornya untuk menghasilkan Biodiesel.

Transesterifikasi gliserida alami sebagai bahan baku utama dengan metanol menjadi *Methyl ester* merupakan reaksi penting yang telah digunakan secara luas dalam pembuatan sabun dan diterjen serta industri manufaktur di seluruh dunia selama bertahun-tahun. Hampir semua biodiesel diproduksi dalam proses kimia menggunakan proses transesterifikasi dengan katalis basa sebagai proses yang paling ekonomis dan hanya membutuhkan suhu dan tekanan rendah untuk menghasilkan konversi atau yield 98% (Mahfud, 2018).

Proses transesterifikasi adalah reaksi dari trigliserida (lemak atau minyak) dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Sebuah trigliserida memiliki

molekul *gliserin* yang terdiri dari tiga asam lemak rantai panjang yang menempel. Karakteristik lemak ditentukan oleh sifat asam lemak yang melekat pada gliserin itu yang pada akhirnya akan mempengaruhi karakteristik biodiesel tersebut (Jinho dkk, 2013). Rantai baru yaitu disebut dengan FAME atau Biodiesel yang dimana rantai kimia dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



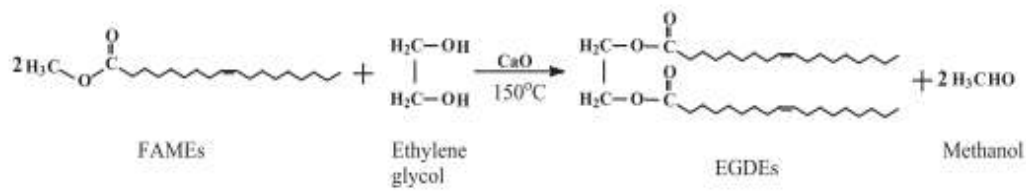
Gambar 2.5 Struktur Kimia Asam Lemak *Metil-Ester* (Mahfud , 2018)

2.3 Proses Reaksi Pembuatan Bio Pelumas

2.3.1 Transesterifikasi

Transesterifikasi atau juga disebut sebagai reaksi alkoholisis adalah mereaksikan lemak minyak dengan alkohol untuk membentuk/ menghasilkan ester dan gliserol. Katalis yang biasanya digunakan untuk meningkatkan laju dan hasil reaksi antara lain alkali (basa), asam atau enzim. Reaksi transesterifikasi fatty acid metil ester yang masih mengandung asam lemak merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Karena reversible, untuk mendapatkan ester yang diharapkan maka alkohol yang akan digunakan berlebih untuk menggeser kesetimbangan kearah produk, atau dengan menghilangkan salah satu produk dari campuran reaksi (Suppes , 2004).

Transesterifikasi adalah proses penggunaan alkohol seperti heksanol , metanol untuk sintesis menjadi pelumas seperti gambar 2.2 dengan menggunakan katalis untuk memecah molekul minyak FAME secara kimia menjadi di ester dengan produk sampingan metanol. Mekanisme reaksi ditunjukkan sebagai berikut:

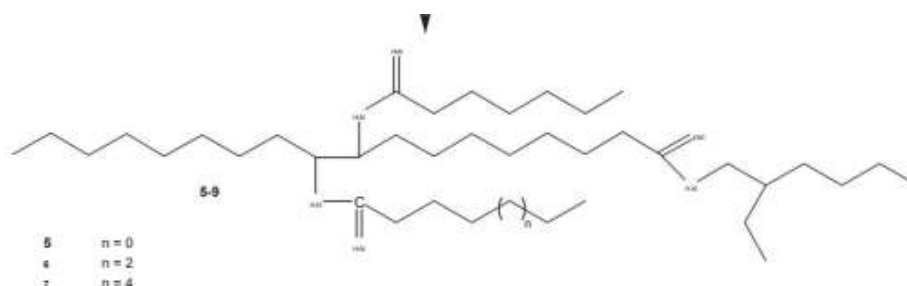


Gambar 2.6 Proses Reaksi Tranesterifikasi FAME menjadi Di Ester (Attia , 2020)

Mekanisme reaksi pembentukan Di Ester dengan katalis CaO didalam penambahan etilen glikol adalah sebagai berikut. CaO sebagai katalis heterogen, menghasilkan H₂O yang bereaksi dengan C₂H₆C₂ untuk membentuk C₄H₆C₂ direaksikan dengan reaksi kimia pembentukan di ester dengan menghilangkan senyawa Hidroksil (OH). Kemudian C₂H₆C₂ direaksikan dengan CaO sebagai katalis Heterogen untuk mempercepat proses laju reaksi dari FAME untuk membentuk Etilen Glikol Di Ester dengan produk sampinganya metanol.

2.3.2 Reaksi Pembentukan Tri Ester

Pada mekanisme reaksi pembentukan Tri Ester, diharapkan menggunakan katalis homogen yaitu Asam Sulfat dengan pelarutnya adalah Asam Laurat. Produk di ester, di diamkan sampai suhu ruang sekitar 28⁰C. Proses ini bisa saja menggunakan katalis heterogen seperti zeolit, hal ini agar sisa – sisa asam lemak pada proses sebelumnya akan turun sehigga akan menghasilkan senyawa baru yaitu ester yang dimana senyawa tersebut merupakan salah satu bentuk reaksi untuk mengubah dari asam lemak menjadi ester . Proses reaksi pembentukan dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.7 Proses Reaksi Pembentukan Tri Ester (Jumat dkk, 2012)

Gugus hidroksil bersifat basa yang dimana memerlukan Asam untuk membentuk Ester. Reaksi di ester dengan asam laurat untuk membentuk tri ester dilakukan menggunakan bantuan katalis asam sulfat. Reaksi ini terjadi karena adanya pembukaan ikatan rangkap menjadi ikatan tertutup. Pada ujung senyawa masih mengikat R_1COO pada setiap ikatannya yang bisa dilihat pada gambar diatas.