

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Minyak Kelapa Sawit

Sumber minyak dari kelapa sawit ada dua, yaitu daging buah dan inti buah kelapa sawit. Minyak yang diperoleh dari daging buah disebut dengan minyak kelapa sawit kasar (CPO), sedangkan minyak yang diperoleh dari biji buah disebut dengan minyak inti sawit (PKO) (Rondang, 2006). CPO mempunyai ciri-ciri fisik agak kental, berwarna kuning jingga kemerah-merahan. CPO yang telah dimurnikan mengandung asam lemak bebas (ALB) sekitar 5% dan karoten atau pro-vitamin E (800-900 ppm). Sedangkan PKO mempunyai ciri-ciri fisik minyak berwarna putih kekuning-kuningan dengan kandungan asam lemak bebas sekitar 5% (Liang, 2009). Minyak sawit yang terkandung dalam sel-sel serat adalah sekitar 20 – 24% dari berat tandan sawit, sedangkan minyak inti sawit sekitar 2 – 4 % (Salunkhe, 1992). Beberapa sifat fisika-kimia dari minyak sawit dan minyak inti sawit dapat dilihat seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai sifat fisika-kimia minyak sawit dan minyak inti sawit

Sifat	Minyak sawit	Minyak inti sawit
Bobot jenis	0,900	0,900-0,903
Indeks bias pada 40°C	1,4565-1,4585	1,495-1,415
Bilangan Iod	46-48	14-20
Bilangan Penyabunan	196-206	244-254

Sumber : Ketaren (2005).

Minyak kelapa sawit merupakan lemak semi padat yang mempunyai komposisi tetap. Komposisi asam lemak dari minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi asam lemak minyak sawit

Asam lemak	Rumus kimia	Jumlah (%)
Asam Miristat	$C_{13}H_{27}COOH$	1,1-2,5
Asam palmitat	$C_{13}H_{31}COOH$	40-46
Asam stearat	$C_{13}H_{35}COOH$	3,6-4,7
Asam oleat	$C_{13}H_{33}COOH$	39-45
Asam linoleat	$C_{13}H_{31}COOH$	7-11

Sumber : Ketaren (2005).

2.2. Minyak Inti Sawit

Minyak inti sawit atau *palm kernel oil* (PKO) merupakan minyak inti buah tanaman kelapa sawit yang telah dipisahkan dari daging buah dan tempurungnya. PKO mengandung kadar asam lemak bebas (ALB) sekitar 5% dan kadar minyak sekitar 50%. PKO ini berupa minyak putih kekuning-kuningan yang diperoleh dari proses ekstraksi inti buah tanaman kelapa sawit (Liang, 2009). Standar mutu PKO di Indonesia tercantum di dalam Standar Produksi SP 10-1975. Syarat mutu PKO adalah kadar minyak minimum 48%; kadar air maksimum 8,5%; kontaminasi maksimum 4,0%; kadar inti pecah maksimum 15%; warna maksimum 40%; dan asam lemak bebas maksimum 0,1% (Liang, 2009).

PKO terdiri dari asam lemak, esterifikasi dengan gliserol sama seperti minyak biasa. PKO bersifat semi padat pada suhu ruang, lebih jenuh dari pada minyak kelapa sawit namun setara dengan minyak kelapa. Kandungan asam lemak dalam PKO dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Asam lemak yang terkandung dalam PKO

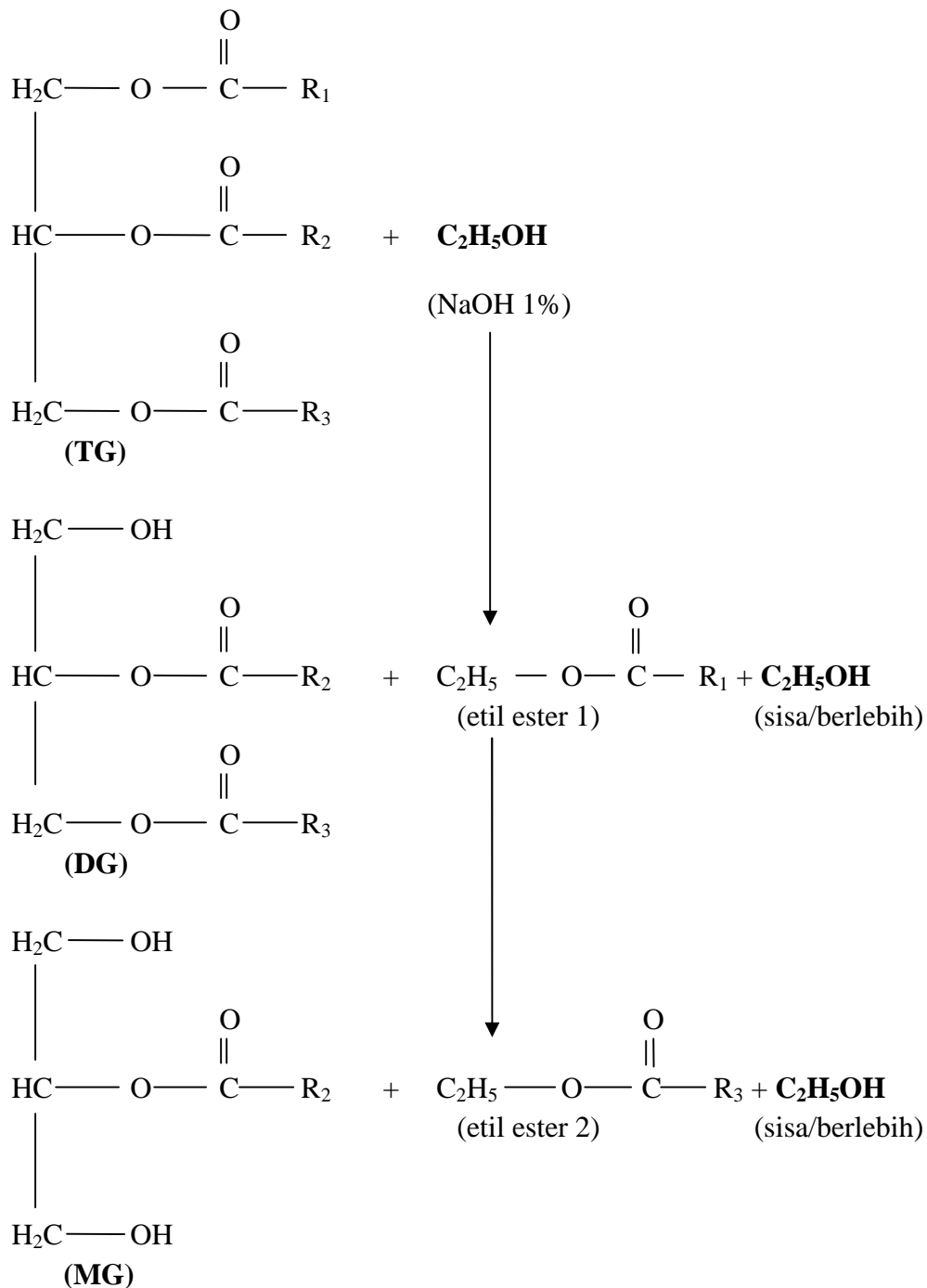
Jenis Asam Lemak	Persen (%)
A. Asam Lemak Jenuh	
1. Kaprilat (C8:0)	3,87
2. Kaprat (C10:0)	3,50
3. Laurat (C12:0)	49,39
4. Miristat (C14:0)	15,35
5. Palmitat (C16:0)	8,16
6. Stearat (C18:0)	0,55
7. Arasidat (C20:0)	0,08
8. Dodekanoat (C22:0)	0,00
B. Asam Lemak Tidak Jenuh	
1. Miristoleat (C14:1)	0,00
2. Palmitoleat (C16:1, n-7)	15,35
3. Oleat (C18:1, n-9)	3,10
4. Linoleat (C18:2, n-6)	0,00
5. A-Linoleat (C18:3, n-3)	0,00
6. 11-Eikosanoat (C20:1, n-9)	0,00
7. Arasidonoat (C20:4, n-6)	0,00
8. EPA (C20:5, n-3)	
9. DHA (C22:6, n-3)	

Sumber: Murhadi (2010).

2.3. Etanolisis Triglicerida

Etanolisis merupakan salah satu metode reaksi yang digunakan untuk menghasilkan produk monogliserida (MG) dan digliserida (DG) dari trigliserida (TG) minyak nabati. Reaksi etanolisis pada minyak nabati khususnya trigliserida melalui tiga tahapan reaksi, yaitu: (1) Trigliserida bereaksi dengan etanol dalam suasana basa menghasilkan digliserida dan etil ester pertama dari posisi asam lemak ke-1/ sn-1, (2) digliserida selanjutnya bereaksi dengan sisa etanol berlebih dalam suasana basa menghasilkan monogliserida dan etil ester kedua dari posisi asam lemak ke-2/ sn-2, dan (3) Jika reaksi berlanjut, monogliserida akan bereaksi

dengan sisa etanol berlebih dalam suasana basa menghasilkan gliserol dan etil ester ketiga dari posisi asam lemak ke-2/ sn-2 (Hasanuddin *et al.*, 2003). Tahapan reaksi etanolisis trigliserida (TG) dapat dilihat pada Gambar 1.

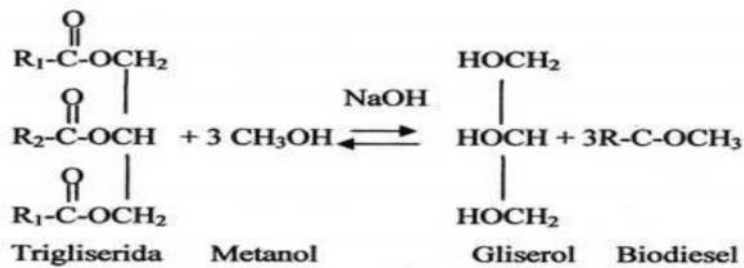


Gambar 1. Tahapan reaksi etanolisis trigliserida (TG) menghasilkan digliserida (DG), monogliserida (MG), dan etil ester asam lemak
 Sumber : Hasanuddin *et al* (2003).

Hasil penelitian Hasanuddin *et al* (2003) menunjukkan bahwa reaksi etanolisis terhadap trigliserida jauh lebih mudah dan cepat untuk menghasilkan digliserida dan etil ester pertama, dibandingkan dengan reaksi etanolisis terhadap digliserida untuk menghasilkan monogliserida dan etil ester kedua, khususnya pada waktu reaksi antara 1 sampai 5 menit dengan rasio etanol/CPO 0,25 (v/b). Sebaliknya pada waktu reaksi 5 sampai 8 menit digliserida untuk menghasilkan monogliserida dan etil ester ketiga, jauh lebih tinggi daripada etanolisis trigliserida.

2.4. Transesterifikasi Trigliserida

Reaksi transesterifikasi disebut juga dengan reaksi alkoholisis yang merupakan reaksi antara trigliserida dengan alkohol membentuk ester dan gliserol sebagai produk samping. Transesterifikasi menggunakan katalis dalam reaksinya. Tanpa adanya katalis, konversi yang dihasilkan maksimum namun reaksi berjalan dengan lambat. Katalis yang biasa digunakan pada reaksi transesterifikasi adalah katalis NaOH, karena katalis ini dapat mempercepat reaksi. Katalis yang ditambahkan biasanya sebanyak 0,5-1,5 persen dari berat minyak yang diolah. Produk yang diinginkan dari reaksi transesterifikasi adalah ester metil asam-asam lemak (Wijayanti, 2008). Reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan metil ester dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol
Sumber : Hart (1990).

Menurut Freedman *et al* (1986), untuk mendapatkan perolehan ester yang maksimum, bahan mentah yang digunakan dalam proses metanolisis trigliserida berkatalis basa harus memenuhi persyaratan sebagai minyak yang betul-betul mulus (murni) (*fully refined*) seperti minyak goreng, yaitu angka asam < 1 dan kadar air < 0,3 %. Jika bahan mentah (kasar) memenuhi syarat ini, maka dengan katalis basa (natrium metilat ataupun hidroksida) dan pada temperatur 60–65 °C, nisbah molar (metanol/minyak) paling sedikitnya 6 : 1 (yaitu minimum 2 kali nisbah stoikiometrik), konversi ke ester metil sudah praktis sempurna dalam waktu 1 jam. Pada suatu temperatur yang lebih rendah, yakni 32 °C, derajat metanolisis sudah mencapai 99 % dalam tempo sekitar 4 jam.

Tahapan reaksi transesterifikasi produksi biodiesel selalu menginginkan agar didapatkan produk biodiesel dengan jumlah yang maksimum. Menurut Freedman *et al* (1986), beberapa kondisi reaksi yang mempengaruhi konversi serta perolehan biodiesel melalui transesterifikasi adalah sebagai berikut :

1) Pengaruh air dan asam lemak bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1%. Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus

bebas dari air. Karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari kontak dengan udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.

2) Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan minyak

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol. Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah.

3) Pengaruh jenis alkohol

Metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol.

4) Pengaruh jenis katalis

Katalis basa akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang biasa digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH). Katalis sejati bagi reaksi sebenarnya adalah ion metilat (metoksida). Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5-1,5% minyak nabati. Jumlah katalis yang efektif untuk reaksi adalah 0,5% minyak nabati untuk natrium metoksida dan 1% minyak nabati untuk natrium hidroksida.

5) Pengaruh jenis minyak

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati murni. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya dan disaring.

6) Pengaruh temperatur

Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur $30^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$ (titik didih metanol sekitar 65°C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat.

2.5. Metil Ester

Metil ester dapat dibuat melalui reaksi transesterifikasi antara minyak/ lemak dengan metanol menggunakan katalis basa, dengan suhu reaksi $50^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$.

Metil ester atau biodiesel merupakan senyawa alkil ester yang diproduksi melalui proses alkoholisis (transesterifikasi) antara trigliserida dengan metanol atau etanol dengan bantuan katalis basa menjadi alkil ester dan gliserol atau esterifikasi asam-asam lemak (bebas). Biodiesel mentah (kasar) yang dihasilkan proses transesterifikasi minyak (atau esterifikasi asam-asam lemak) biasanya masih mengandung sisa-sisa katalis, metanol, dan gliserol (air). Untuk memurnikannya, biodiesel tersebut bisa dicuci dengan air, sehingga pengotor-pengotor tersebut larut ke dalam dan terbawa oleh fase air pencuci yang selanjutnya dipisahkan. Biodiesel yang sudah dicuci kemudian dikeringkan pada kondisi vakum untuk menghasilkan produk yang jernih (pertanda bebas air) dan bertitik nyala 100°C

(pertanda bebas metanol) (Musanif, 2005). Standar mutu biodiesel menurut SNI dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. SNI-04-7182-2006: *Biodiesel Quality Requirements in Indonesia*

Parameter kualitas dan unit	Batas	Metode Uji	Metode Alternatif
Densitas pada 40°C, kg/m ³	850-890	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas 40°C, mm ² /s	2,3-6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	min. 51	ASTM D 613	ISO 5165
Titik kilat °C	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik beku, °C	max. 18	ASTM D 2500	
Kadar korosi Cu (3 jam, 50 °C)	max. no. 3	ASTM D 130	ISO 2160
Residu karbon (%-b)			
- Sample murni	max. 0,05	ASTM D 4530	ISO 10370
- Residu destilasi pada 10%	max. 0,3		
Air dan endapan, %-vol	max. 0,05	ASTM D 2709	
Temp. destilasi pada 90%, °C	max. 360	ASTM D 1160	
Abu sulfat, %-w	max. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Sulfur, ppm-w (mg/kg)	max. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Posfor, ppm-w (mg/kg)	max. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Kadar asam, mg-KOH/g	max. 0,8	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Gliserol bebas, %-w	max. 0,08	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Total gliserol, %-w	max. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Kadar alkil ester, %-w	min. 96,5	Calculated	FBI-A03-03
Nilai iodine, %-b (g-12/100g)	max. 115	AOCS Cb 1-25	FBI-A04-03
Tes Halphen	Negatif	AOCS Cb 1-25	FBI-A05-03

Sumber : Goto (2008).