

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.)

Pada umumnya kacang merah merupakan jenis sayuran kacang yang berbuah dan sangat kaya dengan kandungan protein. Tanaman ini dipercayai berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan.



Gambar II.1. Tanaman kacang merah dan polong biji kacang merah

Penyebarluasan tanaman kacang merah dari Amerika ke Eropa dilakukan sejak abad 16. Daerah pusat penyebaran dimulai di Inggris (1594), menyebar ke negara-negara Eropa, Afrika, sampai ke Indonesia<sup>1</sup>.

Kacang merah adalah satu dari sekian banyak sayuran yang digemari karena rasanya yang enak dan gurih. Kacang yang satu ini kaya akan vitamin A, vitamin B, dan vitamin C, terutama pada bagian bijinya. Kacang merah merupakan jenis sayuran polong semusim yang tumbuh tegak.

---

<sup>1</sup> Tuso Wiyono, *Teknik Budidaya Tanaman Kacang Merah*, Laporan Praktek Lapangan, Universitas Tadulako, Palu, 2012, hlm. 1



Gambar II.2. Biji kacang merah varietas bercorak

Daun kacang merah agak kasar dan tipe polongnya lebih pipih dari pada kacang panjang. Dengan aroma polong yang agak langu, ukuran polongnya pendek sekitar 12 cm, ada yang lurus atau bengkok dengan warna beraneka macam, bentuknya ada yang pipih dan ada yang gilig. Kacang merah termasuk tanaman pangan yang sudah lama dibudidayakan di Indonesia. Budidaya kacang merah relatif mudah dengan resiko kegagalan yang kecil. Adapun klasifikasi ilmiah tanaman kacang merah ini adalah:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Rosales
Famili	: Leguminosae
Sub Famili	: Papilionoideae
Genus	: <i>Phaseolus</i>
Spesies	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.

Kacang merah ternyata memiliki kemampuan untuk mengatasi bermacam-macam penyakit, di antaranya mampu mengurangi kerusakan pembuluh darah, mampu menurunkan kadar kolesterol dalam darah, mengurangi konsentrasi gula darah, serta menurunkan resiko kanker usus besar dan kanker payudara. Kandungan gizi pada kacang merah sangat bagus bagi kesehatan tubuh manusia.

Tabel II.1. Komposisi nilai gizi kacang merah per 100 g bahan

Zat Gizi	Komposisi
Air	12,0 g
Protein	23,1 g
Lemak	1,7 g
Karbohidrat	59,5 g
Mineral	3,7 g
Kalsium	80 mg
Kalori	336 kal

**Sumber:** Data Kandungan Gizi Bahan Pangan

Kacang merah kering merupakan sumber protein nabati, karbohidrat kompleks, serat, vitamin B, folasin, tiamin, kalsium, fosfor, dan zat besi. Folasin adalah zat gizi esensial yang mampu mengurangi resiko kerusakan pembuluh darah.

Kacang merah memiliki kandungan lemak dan natrium yang sangat rendah, nyaris bebas lemak jenuh, serta bebas kolesterol. Di samping itu, kacang merah juga merupakan sumber serat yang baik. Dalam 100 gram

kacang merah kering, dapat menghasilkan 4 gram serat yang terdiri dari serat yang larut air dan serat yang tidak larut air. Serat yang larut air secara nyata mampu menurunkan kadar kolesterol dan kadar gula darah<sup>2</sup>.

## **B. Lemak dan Minyak**

Lemak dan minyak adalah senyawa lipid yang paling banyak di alam. Perbedaan antara keduanya adalah perbedaan sifat fisik pada suhu kamar, yaitu lemak berbentuk padat sedangkan minyak berbentuk cair. Lemak dan minyak disusun oleh atom utama karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O), tetapi mengandung jumlah hidrogen lebih banyak dan oksigen lebih sedikit dibandingkan karbohidrat.

Lemak dan minyak merupakan zat makanan yang penting untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu lemak dan minyak juga sumber energi yang lebih efektif dibanding karbohidrat dan protein. Satu gram minyak atau lemak dapat menghasilkan 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram. Minyak dan lemak, khususnya minyak nabati, mengandung asam-asam lemak esensial seperti asam linoleat, linolenat, dan arakidonat yang dapat mencegah penyempitan pembuluh darah akibat penumpukan kolesterol<sup>3</sup>.

### **1. Reaksi Pembentukan Lemak dan Minyak**

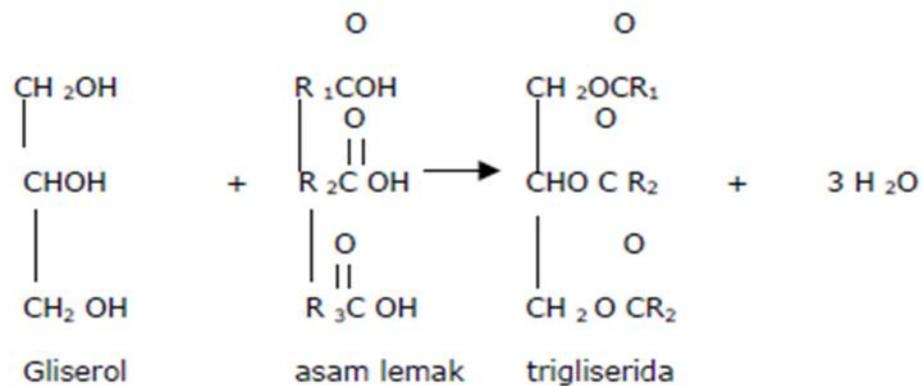
Lemak dan minyak merupakan senyawaan trigliserida dari gliserol. Dalam pembentukannya, trigliserida merupakan hasil proses kondensasi satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak (umumnya

---

<sup>2</sup> Kinanthi, *Loc. Cit.*

<sup>3</sup>Feri Kusnandar, *Kimia Pangan Komponen Pangan Seri*, Dian Rakyat, Jakarta, 2010, hlm. 154

ketiga asam lemak tersebut berbeda-beda), yang membentuk satu molekul trigliserida dan satu molekul air.



Gambar II.3. Reaksi pembentukan lemak atau minyak

Reaksi pada gambar diatas bila  $R_1=R_2=R_3$ , maka trigliserida yang terbentuk disebut trigliserida sederhana (*simple triglyceride*), sedangkan bila  $R_1, R_2, R_3$ , berbeda, maka disebut trigliserida campuran (*mixed triglyceride*)<sup>4</sup>.

## 2. Produk Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak memiliki sifat fungsional yang berguna dalam pengolahan pangan, diantaranya mempengaruhi warna, *flavor*, tekstur, kelembutan, emulsifikasi, dan medium pidah panas dalam proses pemasakan<sup>5</sup>.

Jenis lemak/ minyak yang berbeda memiliki sifat fungsional yang berbeda, yang dapat mempengaruhi kualitas pangan yang dihasilkan. Sifat fungsional lemak ini perlu menjadi pertimbangan dalam aplikasinya

<sup>4</sup> *Ibid.* hlm. 168

<sup>5</sup> *Ibid.*, hlm. 190

selama proses pengolahan pangan. Sebagai contoh, *butter* atau margarin dapat memberikan tekstur yang plastis dimana tidak menjadi terlalu keras untuk dioleskan bila disimpan pada suhu dingin, serta tidak menjadi terlalu lunak pada suhu ruangan yang hangat. Minyak yang digunakan pada minyak salad harus jernih dan mudah dituangkan sehingga diperlukan minyak yang memiliki titik leleh yang tinggi, yang dapat menyebabkan memadat atau mengkristal bila minyak salad disimpan pada suhu *refrigerator*. Demikian juga dengan minyak yang digunakan pada *mayonaise* seharusnya tidak membentuk kristal bila *mayonaise* disimpan pada suhu *refrigerator* karena kristal lemak dapat menyebabkan pemecahan emulsi yang dapat menyebabkan *mayonaise* terpisah menjadi fase padat dan cairan. Produk coklat yang baik tidak meleleh pada suhu ruang, mudah patah saat digigit, dan meleleh saat dimulut. Sifat ini dimiliki oleh *cocoa butter* yang memiliki titik leleh diatas 30-36°C. Berikut penjelasan ringkas tentang beberapa produk lemak/ minyak dan aplikasinya pada pengolahan pangan<sup>6</sup>.

**a. *Butter***

*Butter* dibuat dari lemak susu (krim). Dalam proses pembuatan *butter*, krim susu dipisahkan dengan cara sentrifugasi, kemudian lemak yang terpisah dipasteurisasi untuk menginaktifkan enzim lipase dan membunuh mikroba. *Butter* difermentasi sitrat dengan penambahan kultur bakteri. Proses fermentasi ini dapat

---

<sup>6</sup> *Ibid*, hlm. 191

menghasilkan residue senyawa kimia yang memberikan *flavor* khas pada butter, seperti asam lemak dan diasetil. Butter mengandung sekitar 80 % lemak dan merupakan emulsi air dalam lemak. Tekstur *butter* dipengaruhi oleh jenis asam lemak yang menyusun lemak<sup>7</sup>.



Gambar II.4. Produk Butter

#### b. Margarin

Margarin adalah produk turunan lemak nabati/hewani yang merupakan emulsi air dalam minyak yang mengandung minimal 80 % lemak. Margarin dibuat dengan mencampurkan lemak dan minyak nabati/hewani tertentu dengan *ingredien* lain serta *difortifikasi* dengan vitamin larut lemak, seperti vitamin A dan Vitamin D. Adanya provitamin A (beta-karoten) memberikan warna kuning pada margarin sehingga bila digunakan dalam proses pengolahan maka lemak/minyak dapat berkontribusi pada pembentukan warna kuning dari produk. Untuk menstabilkan emulsi air dalam minyak, *emulsifier* biasanya ditambahkan juga ke dalam margarin<sup>8</sup>.

Margarin banyak digunakan dalam proses pengolahan pangan atau dirumah tangga. Margarin memiliki sifat mudah dioleskan sehingga dapat digunakan untuk mengolesi produk *bakeri*, kue, dan

<sup>7</sup> *Ibid*, hlm. 191

<sup>8</sup> *Ibid*, hlm. 191

sebagainya. Margarin juga digunakan dalam formulasi produk pangan, seperti roti, biskuit, dan kue, yang berkontribusi pada pembentukan tekstur yang halus dan lembut serta beraroma.



Gambar II.5. Produk Margarin

**c. *Shortening***

*Shortening* adalah lemak semi-padat yang dapat menghasilkan tekstur renyah dan rasa gurih dalam berbagai produk yang berasal dari terigu, seperti produk *bakeri*. *Shortening* dikenal juga sebagai lemak putih atau mentega putih. *Shortening* dapat dapat berasal dari lemak hewani, lemak nabati, atau campuran dari keduanya. Dinegara-negara Eropa, Amerika dan Australia banyak digunakan lemak hewani sebagai sumber pembuatan *shortening*, seperti *tallow* (lemak sapi) atau *lard* (lemak babi). Penggunaan lemak hewani ini disebabkan karena ketersediaan bahan baku yang cukup banyak, sementara bahan baku lemak nabati sangat terbatas. Proses yang dilakukan untuk membuat *shortening* hewani adalah pemisahan

dari jaringan otot, pencampuran, pengadukan, dan pembentukan tekstur<sup>9</sup>.



Gambar II.6. Produk *Shortening*

Disamping dari hewan, *shortening* juga dapat dibuat dari minyak nabati, seperti minyak sawit. Caranya adalah dengan memisahkan stearin (bagian minyak sawit yang berbentuk padat) dengan olein (bagian minyak sawit yang cair). Olein selanjutnya diolah menjadi minyak goreng, sedangkan stearin ini diolah lebih lanjut menjadi *shortening* atau margarin. Karena tekstur stearin yang masih lembek dan mudah meleleh pada suhu kamar maka dilakukan reaksi hidrogenasi untuk membuat lemak tersebut lebih pada lagi. Untuk menghasilkan *shortening* dengan tekstur tertentu maka kadang-kadang ditambahkan juga lemak-lemak yang lain, seperti lemak susu atau lemak hewan.

#### **d. Minyak Goreng**

Minyak goreng adalah salah satu produk olahan dari minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan

---

<sup>9</sup> *Ibid*, hlm. 191

berbebtuk cair dalam suhu kamar. Minyak goreng dari tumbuhan biasanya dihasilkan dari tanaman, seperti kelapa, biji-bijian, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola. Minyak goreng merupakan hasil dari pemurnian minyak dan terdiri atas beragam jenis senyawa trigliserida<sup>10</sup>.



Gambar II.7. Minyak Goreng

Minyak goreng biasanya digunakan sebagai medium penggorengan bahan makanan. Misalnya keripik singkong, keripik kentang, kerupuk, kacang dan banyak lagi yang dikonsumsi manusia sehari-hari. Selain berfungsi sebagai medium penggorengan juga berperan untuk menambah rasa gurih dan lezat serta menambah nilai gizi dan kalori dalam bahan pangan.

### 3. Penyebab Kerusakan Lemak

#### a. Penyerapan Bau (*Taiting*)

Lemak bersifat mudah menyerap bau, apabila bahan pembungkus dapat menyerap lemak, maka lemak yang terserap ini akan teroksidasi oleh udara sehingga rusak dan bau. Bau dari bagian

---

<sup>10</sup> *Ibid.* hlm. 192

lemak yang rusak ini diserap oleh lemak yang ada dalam bungkus yang mengakibatkan seluruh lemak menjadi rusak<sup>11</sup>.

#### **b. Hidrolisis**

Dengan adanya air, lemak dapat terhidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Reaksi ini dipercepat oleh basa, basa, dan enzim-enzim. Dalam teknologi makanan, hidrolisis oleh enzim lipase sangat penting karena enzim tersebut terdapat pada semua jaringan yang mengandung minyak. Dengan adanya lipase, lemak akan diuraikan sehingga kadar asam lemak bebas lebih dari 10%. Hidrolisis sangat mudah terjadi dalam lemak dengan asam lemak rendah (lebih kecil dari C<sub>14</sub>) seperti pada mentega, minyak kelapa sawit dan minyak kelapa<sup>12</sup>. Hidrolisis sangat menurunkan mutu minyak goreng. Minyak yang telah terhidrolisis, *smoke point*-nya menurun, bahan-bahan menjadi coklat, dan lebih banyak menyerap minyak. Selama penyimpanan dan pengolahan minyak atau lemak, asam lemak bebas bertambah dan harus dihilangkan pada proses pemurnian dan deodorisasi untuk menghasilkan minyak yang lebih baik mutunya.

#### **c. Ketengikan**

Kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebut proses ketengikan. Hal ini disebabkan oleh otoksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam lemak. Otoksidasi dimulai dengan pembentukan radikal-radikal bebas yang disebabkan

---

<sup>11</sup> F. G. Winarno, *Op Cit*, hlm. 105

<sup>12</sup> *Ibid*, hlm. 106

oleh faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, peroksida lemak, atau hidroperoksida, logam-logam berat seperti Cu, Fe, Co, dan Mn<sup>13</sup>. Molekul-molekul yang mengandung radikal asam lemak tidak jenuh mengalami oksidasi dan menjadi tengik. Bau tengik yang tidak sedap tersebut disebabkan oleh pembentukan senyawa-senyawa hasil pemecahan hidroperoksida.

Proses ketengikan sangat dipengaruhi oleh adanya prooksidan dan antioksidan. Prooksidan akan mempercepat terjadinya oksidasi, sedangkan antioksidan akan menghambatnya. Penyimpanan lemak yang baik adalah dalam wadah gelap yang tertutup dan dingin. Wadah lebih baik terbuat dari aluminium atau *stainless steel*, lemak harus dihindarkan dari logam besi atau tembaga. Bila minyak telah diolah menjadi bahan makanan, pola ketengikannya akan berbeda. Kandungan gula yang tinggi akan mengurangi kecepatan timbulnya ketengikan, misalnya biskuit yang manis akan lebih tahan dari pada yang tidak bergula.

## C. Asam Lemak

### 1. Struktur Kimia Asam lemak

Asam lemak merupakan senyawa organik yang terdiri dari rantai hidrokarbon lurus yang pada satu ujung mempunyai gugus karboksil (COOH) dan pada ujung lain gugus metil (CH<sub>3</sub>)<sup>14</sup>. Jumlah atom C pada asam lemak umumnya genap, yaitu 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 dan

---

<sup>13</sup> *Ibid*, hlm. 106

<sup>14</sup> Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, Gramedia, Jakarta, 2006, hlm. 52

seterusnya<sup>15</sup>. Asam lemak yang terdapat dalam bahan pangan sumber lemak umumnya berkisar antara  $C_{12}$  sampai  $C_{22}$ .

Gugus karboksil dari asam lemak bersifat polar. Gugus ini terikat pada  $C_1$  dari rantai asam lemak. Posisi rantai karbon pada rantai asam lemak dihitung dari posisi  $C_1$  yang mengikat gugus karboksil. Atom hidrogen terikat pada atom C berikutnya ( $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  dan seterusnya). Untuk membentuk ikatan jenuh atom karbon pada  $C_2$  sampai  $C_{n-1}$  dapat mengikat maksimal 2 atom H, sedangkan atom karbon pada C ujung ( $C_n$ ) dapat mengikat 3 atom H yang disebut gugus metil.

## 2. Klasifikasi Asam Lemak

Hampir semua asam lemak yang terdapat di alam mempunyai jumlah atom karbon yang genap. Setiap atom karbon pada asam lemak akan berikatan dengan atom hidrogen dan atom karbon lainnya, dimana masing-masing akan membentuk 4 ikatan kovalen.

Hidrokarbon dalam suatu asam lemak dapat pula mengandung ikatan-ikatan rangkap. Hal inilah yang mendasari pengklasifikasian asam lemak yaitu berdasarkan ada tidaknya ikatan rangkap, jumlah ikatan rangkap, serta letak ikatan rangkap. Berdasarkan struktur kimia tersebut asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh.

---

<sup>15</sup> Feri Kusnandar, *Op. Cit.* hlm. 158

Tabel II.2. Jenis-jenis asam lemak jenuh

<b>Nama asam</b>	<b>Struktur</b>
<b>Asam Butirat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Kaproat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Kaprilat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Kaprat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Laurat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Miristat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Palmitat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Stearat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$
<b>Asam Lignoserat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{CO}_2\text{H}$

*Sumber:* Feri Kusnandar, 2011

Asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*) disusun oleh rantai atom karbon penyusunnya yang berikatan tunggal / mengikat dua atom hidrogen. Sedangkan asam lemak tidak jenuh (*unsaturated fatty acid*) mengandung satu atau lebih atom karbon yang berikatan ganda (*double bond*) sehingga hanya mengikat satu atom hidrogen<sup>16</sup>.

Asam lemak tidak jenuh dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah ikatan gandanya, yaitu asam lemak dengan ikatan tidak jenuh tunggal (*mono-unsaturated fatty acid* atau MUFA) dan asam lemak dengan ikatan tidak jenuh jamak (*poly-unsaturated fatty acid* atau PUFA)<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> *Ibid.* hlm. 158-159

<sup>17</sup> *Ibid.* hlm. 163

Table II.3. Jenis-jenis asam lemak tidak jenuh

Nama Asam	Struktur
<b>Palmitoleat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
<b>Oleat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
<b>Linoleat</b>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
<b>Linolenat</b>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$
<b>Arakhidonat</b>	Asam 5, 8, 11, 14 – eikosatetraenoat

*Sumber:* Feri Kusnandar, 2011

Dalam struktur kimia asam lemak tidak jenuh, ikatan rangkap dua terdapat dalam bentuk konfigurasi *cis* atau *trans*. Konfigurasi *cis* terjadi bila gugus alkil-alkil yang terikat pada atom C ikatan ganda berda pada posisi (orientasi) yang sama, sedangkan pada konfigurasi *trans* gugus-gugus tersebut berseberangan. Struktur asam lemak dengan bentuk *trans* lebih mudah membentuk ikatan van der waals dengan molekul asam lemak lain sehingga molekulnya bias saling berdekatan satu sama lain. Sebaliknya, struktur *cis* lebih sulit berikatan satu sama lain sehingga titik leleh (*melting point*) asam lemak *cis* cenderung lebih rendah dibanding dengan asam lemak *trans*<sup>18</sup>.

### 3. Komposisi Asam Lemak dalam Bahan Pangan Sumber Lemak

Lipid sederhana dalam bahan pangan mengandung jenis molekul trigliserida yang beragam, yang disebabkan oleh perbedaan asam lemak yang terikat pada struktur gliserol<sup>19</sup>. Jumlah asam lemak yang terikat pada

<sup>18</sup> Feri Kusnandar, *Ibid*, hlm. 159

<sup>19</sup> *Ibid*. hlm. 171

struktur gliserol menyebabkan komposisi asam lemak dalam bahan pangan sumber lemak berbeda-beda. Dengan adanya perbedaan komposisi asam lemak tersebut maka titik leleh dari sumber lemak dan minyak tersebut berbeda pula.

Tabel II. 4. Komposisi asam lemak jenuh pada beberapa sumber pangan kaya lemak.

Sumber Pangan	Asam Lemak Jenuh (%)				
	C10	C12 laurat	C14 miristat	C16 palmiat	C18 stearat
<b>Mentega</b>	12	3	12	28	10
<b>Butter</b>	11	3	10	26	15
<b>Lard</b>	-	-	1	28	14
<b>Lemak sapi</b>	-	0.2	3	28	24
<b>Minyak zaitun</b>	-	-	1	5	2
<b>Minyak sawit</b>	-	0.2	1.1	44	4.5
<b>Minyak jagung</b>	-	-	1	10	2
<b>Kacang tanah</b>	-	-	-	8	4
<b>Minyak kedelai</b>	-	-	-	12	2
<b>Minyak kelapa</b>	12	14	18	11	6

*Sumber:* Feri Kusnandar, 2011

Sifat fisik lemak atau minyak dan kemudahannya untuk teroksidasi akan ditentukan oleh jenis asam lemak penyusunnya. Semakin banyak kandungan asam lemak tidak jenuhnya maka sifat fisiknya (titik leleh) akan semakin rendah sehingga minyak yang lebih banyak disusun oleh asam lemak tidak jenuh akan cenderung berbentuk cair pada suhu ruang<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup> *Ibid*, hlm. 171

Tabel II. 5. Komposisi asam lemak tidak jenuh pada beberapa sumber pangan kaya lemak.

Sumber Pangan	Asam Lemak Tak jenuh (%)		
	C18:1 oleat	C18:2 linoleat	C18:3 linolenat
<b>Mentega</b>	26	2	-
<b>Butter</b>	29	2	2
<b>Lard</b>	40	5	-
<b>Lemak sapi</b>	40	2	-
<b>Minyak zaitun</b>	83	7	-
<b>Minyak sawit</b>	39.2	10.1	0.4
<b>Minyak jagung</b>	40	40	-
<b>Kacang tanah</b>	60	25	-
<b>Minyak kedelai</b>	24	54	8
<b>Minyak kelapa</b>	7	2	-

*Sumber:* Feri Kusnandar, 2011

#### 4. Pengaruh Asam Lemak Terhadap Kesehatan

Lemak merupakan salah satu komponen utama makanan yang memberikan dampak positif dan negatif terhadap kesehatan<sup>21</sup>. Lemak memiliki multifungsi, yaitu sebagai penyumbang energi terbanyak serta merupakan sumber asam lemak esensial linoleat dan linolenat. Selain sebagai pelarut vitamin A, D, E, dan K, lemak memberikan citra rasa dan aroma spesifik pada makanan yang tidak dapat digantikan oleh komponen makanan lainnya. Sedangkan dampak negatif dari komposisi lemak yang

<sup>21</sup> Ratu Ayu Dewi Sartika, "Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh, Dan Asam Lemak Trans Terhadap Kesehatan", Vol. 2, No. 4, Februari, 2008, hlm. 155

berkaitan dengan aterogenik dapat terjadi bila konsumsi lemak lebih dari 30% dari kebutuhan energi total<sup>22</sup>.

Struktur asam lemak penyusun lemak yang berbeda dapat berdampak terhadap kesehatan. Tidak adanya ikatan rangkap pada asam lemak jenuh menyebabkan asam lemak jenuh tidak peka terhadap oksidasi dan pembentukan radikal bebas seperti halnya asam lemak tidak jenuh. Efek dominan dari asam lemak jenuh adalah peningkatan kadar kolesterol total dan K-LDL<sup>23</sup>.

Asam lemak yang didalam rantai karbonnya memiliki ikatan rangkap seperti asam lemak tidak jenuh yang peka terhadap oksidasi. Asam lemak tidak jenuh tunggal memberikan dampak yang positif bagi kesehatan. Dimana asam lemak ini tergolong dalam asam lemak rantai panjang yang kebanyakan ditemukan dalam minyak zaitun, minyak kedelai, minyak biji kapas, dan kanola. Asam lemak tidak jenuh tunggal lebih efektif menurunkan kadar kolesterol darah, dari pada asam lemak tidak jenuh jamak.

Secara umum, asam lemak tidak jenuh tunggal berpengaruh menguntungkan kadar kolesterol dalam darah, terutama bila digunakan sebagai pengganti asam lemak jenuh.

#### **D. Ekstraksi Minyak**

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan kandungan senyawa kimia dari jaringan tumbuhan ataupun hewan dengan menggunakan penyari tertentu,

---

<sup>22</sup> *Ibid*, hlm. 171

<sup>23</sup> *Ibid*. hlm. 172

atau dapat juga diartikan sebagai suatu proses pemisahan suatu zat atau beberapa dari suatu padatan atau cairan dengan bantuan pelarut. Pemisahan yang terjadi atas dasar kemampuan larutan yang berbeda dari komponen-komponen tersebut. Ekstraksi biasa digunakan untuk memisahkan dua zat berdasarkan perbedaan kelarutan. Ekstraksi juga merupakan suatu cara untuk mendapatkan minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak<sup>24</sup>. Adapun cara ekstraksi yang dilakukan bermacam-macam, yaitu *rendering*, pengepresan (*pressing*), dan dengan pelarut (*solvent extraction*).

Disamping dengan cara pengepresan, lemak atau minyak paling sering dipisahkan dari sumbernya dengan menggunakan pelarut lemak yang bersifat non-polar dan tidak toksik, misalnya heksana. Heksana akan melarutkan lemak dengan cara perkolasi (penyaringan), kemudian dipisahkan dengan cara destilasi<sup>25</sup>.

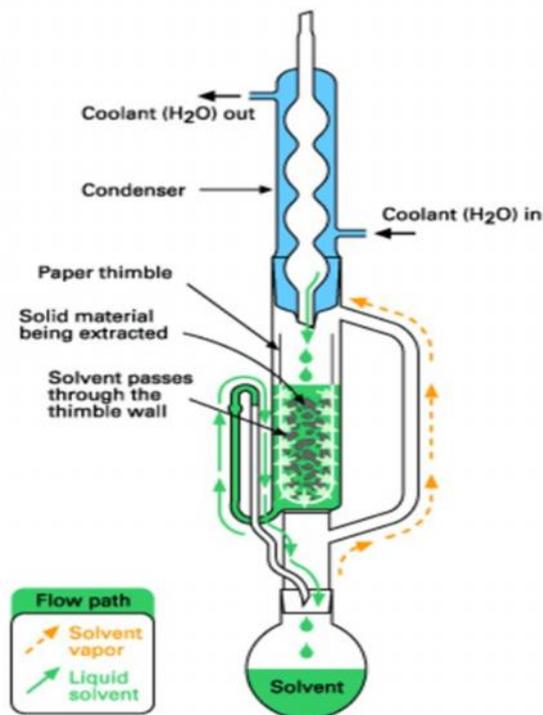
Cara yang lebih efisien untuk mengekstraksi bahan sumber minyak atau lemak yang berupa padatan adalah dengan menggunakan alat yang disebut Soxhlet<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> S. Ketaren, *Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta, 2005, hlm. 200

<sup>25</sup> Feri Kusnandar, *Op. Cit.* hlm. 173

<sup>26</sup> Firdaus, *Teknik Dalam Laboratorium Kimia Organik*, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011, hlm. 44



Gambar II. 8. Alat ekstraksi soxhlet

Di dalam cara ini, padatan yang akan diekstraksi dibungkus dalam suatu wadah khusus yang disebut thimble yang terbuat dari kertas saring tebal. Thimble ditempatkan dalam alat sebagaimana diperlihatkan, dan soxhlet ekstraktor ditempatkan di atas labu bulat yang berisi pelarut organik. Sebuah kondensor reflux ditempatkan pada puncak atas ekstraktor soxhlet. Labu dipanaskan dengan penangas air atau penangas uap atau dengan beberapa bentuk pemanas listrik, sehingga pelarut mendidih. Uap pelarut naik ke atas melewati pipa luar berdiameter besar, dan pelarut yang terkondensasi kemudian jatuh ke bawah memenuhi *thimble* yang berisi padatan. Zat-zat akan terekstraksi keluar dari padatan ke dalam pelarut panas. Jika tinggi larutan telah mencapai puncak pipa siphon, larutan mengalir

secara otomatis turun ke bawah labu di mana zat-zat yang terekstraksi terakumulasi. Proses ini efisien karena sekumpulan pelarut yang sama berulang-ulang melalui padatan tersebut. Kalau ekstraksi dilakukan dalam waktu yang panjang maka sangat memungkinkan mengekstraksi zat-zat sampai sangat sedikit zat-zat lagi yang larut dalam pelarut organik. Teknik ini sering kali digunakan untuk mengekstraksi bahan alam dari bahan-bahan hidup seperti dedaunan atau kecambah<sup>27</sup>.



Gambar II.9. Rangkaian alat sokhlet untuk ekstraksi padatan

## E. Kromatografi Gas

### 1. Pengertian Kromatografi Gas

Kromatografi Gas adalah metode kromatografi pertama yang dikembangkan pada jaman instrument dan elektronika yang telah merevolusikan keilmuan selama lebih dari 30 tahun. Kromatografi gas merupakan alat analitik yang telah lama populer dan merupakan alat yang umum digunakan dalam analisis kromatografi kimia untuk memisahkan

---

<sup>27</sup> *Ibid.* hlm. 45

dan menganalisis senyawa yang dapat menguap tanpa dekomposisi<sup>28</sup>. Analisa yang dapat dilakukan dengan kromatografi gas meliputi analisa kualitatif dan analisa kuantitatif<sup>29</sup>.

Sebagai suatu alat analitik, kromatografi gas dapat digunakan untuk analisis dan pemisahan langsung sampel-sampel gas, larutan-larutan, dan padatan yang bersifat menguap. Jika sampel yang dianalisis tidak menguap, maka dapat digunakan suatu teknik pirolisis dalam kromatografi gas. teknik pirolisis merupakan modifikasi dari teknik dimana sampel-sampel yang tidak menguap tersebut mengalami pirolisis sebelum masuk kekolom<sup>30</sup>.



Gambar II.10. Alat kromatografi gas

Kromatografi gas juga merupakan salah satu metode pemisahan yang dimana cuplikan berkesetimbangan diantara dua fasa, fasa gerak yang membawa cuplikan dan fasa diam yang menahan cuplikan secara

---

<sup>28</sup> Dedi Fardiaz, *Petunjuk Laboratorium Kromatografi Gas Dalam Analisis Pangan*, IPB Press, Bogor, 1989, hlm. 1

<sup>29</sup> Hardjono Sastrohamidjojo, *Kromatograf Edisi II Cetakan Keempat*, Liberty, Yogyakarta, 2007, hlm. 41

<sup>30</sup> Dedi fardiaz, *Op. Cit.* hlm. 15

selektif. Disebut kromatografi gas karena fasa gerak pada alat ini berupa gas<sup>31</sup>.

Disamping untuk tujuan analisis, kromatografi juga sering digunakan untuk mempelajari struktur suatu komponen kimia, menentukan mekanisme dan kinetik dari reaksi-reaksi kimia, serta mengukur isothermal, sifat panas larutan, dan lain-lain. Penerapan kromatografi gas diberbagai bidang juga dilakukan diantaranya adalah dibidang: obat-obatan dan farmasi, lingkungan hidup, industri minyak, kimia klinik, pestisida dan residunya, dan dalam bidang pangan<sup>32</sup>.

## 2. Jenis-Jenis Kromatografi Gas

Ada dua jenis kromatografi gas, yaitu kromatografi gas padat (KGP), dan kromatografi gas cair (KGC). Dalam kedua hal ini yang bertindak sebagai fasa bergerak adalah gas (hingga keduanya disebut kromatografi gas), tetapi fasa diamnya berbeda. Meskipun kedua cara tersebut mempunyai banyak persamaan. Perbedaan antara keduanya hanya tentang cara kerja. Pada kromatografi gas padat (KGP) terdapat adsorpsi dan pada kromatografi gas cair (KGC) terdapat partisi (larutan)<sup>33</sup>.

## 3. Prinsip Kerja Kromatografi Gas

Dalam kromatografi gas, gas digunakan sebagai fasa gerak dan zat padat atau cair sebagai fasa diamnya. Seperti yang kita ketahui bahwa gas

---

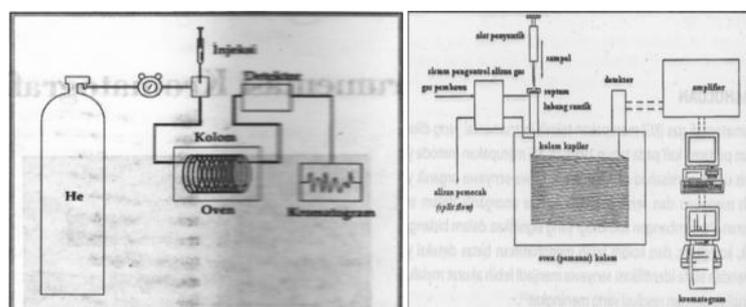
<sup>31</sup> Sumar Hendayana, *Kimia Analitik Instrumen Edisi I*, IKIP Semarang Press, Semarang, 1994, hlm. 243

<sup>32</sup> Dedi fardiaz, *Op. Cit.* hlm. 16

<sup>33</sup> Hardjono, *Op. Cit.* hlm. 47

selalu bergerak kemana saja, tidak mau diam, sehingga untuk melakukan percobaan kromatografi gas memerlukan peralatan khusus.

Mekanisme kerja kromatografi gas terjadi ketika gas dalam silinder baja bertekanan tinggi dialirkan melalui kolom yang berisi fasa diam. Cuplikan yang berupa campuran yang akan dipisahkan, biasanya dalam bentuk larutan, disuntikkan ke dalam aliran gas tersebut. Kemudian cuplikan dibawa oleh gas pembawa ke dalam kolom dan di dalam kolom terjadi proses pemisahan. Komponen-komponen campuran yang telah terpisah satu persatu meninggalkan kolom. Suatu detektor diletakkan di ujung kolom untuk mendeteksi jenis maupun jumlah komponen tiap campuran. Hasil pendeteksian direkam dengan rekorder dan dinamakan kromatogram yang terdiri dari beberapa peak. Dimana jumlah peak yang dihasilkan menyatakan jumlah komponen (senyawa) yang terdapat dalam campuran. Sedangkan luas peak bergantung pada kuantitas suatu komponen dalam campuran. Karena peak-peak dalam kromatogram berupa segitiga maka luasnya dapat dihitung berdasarkan lebar dan tinggi peak tersebut<sup>34</sup>.



Gambar II.11. Mekanisme kerja kromatografi gas

<sup>34</sup> Sumar Hendrayana, *Kimia Pemisahan*, Remaja Rosdakarya, Bandung, 2006, hlm. 32-33

#### 4. Instrumentasi Kromatografi Gas

##### a. Gas pembawa

Gas pembawa merupakan fasa gerak pada kromatografi gas. Gas yang dapat digunakan sebagai fasa gerak dalam kromatografi gas harus bersifat *innert* (tidak bereaksi) dengan cuplikan maupun fasa diam. Gas-gas yang biasa digunakan adalah gas helium, gas argon, nitrogen, dan hidrogen. Karena gas disimpan dalam silinder baja bertekanan tinggi maka gas tersebut akan mengalir dengan sendirinya secara cepat sambil membawa komponen-komponen campuran yang akan atau yang sudah dipisahkan. Dengan demikian gas tersebut disebut juga gas pembawa (*carrier gas*). Oleh karena gas pembawa mengalir dengan cepat maka pemisahan dengan teknik kromatografi gas hanya memerlukan waktu beberapa menit saja<sup>35</sup>.

##### b. Pemasukan cuplikan

Pada kromatografi gas ini cuplikan yang dapat dianalisis berupa zat cair atau gas, maka cuplikan tersebut harus mudah menguap dan stabil (tidak rusak pada kondisi operasional). Ditempat pemasukan cuplikan terdapat pemanas yang suhunya dapat diatur untuk menguapkan cuplikan.

---

<sup>35</sup> *Ibid*, hlm.33

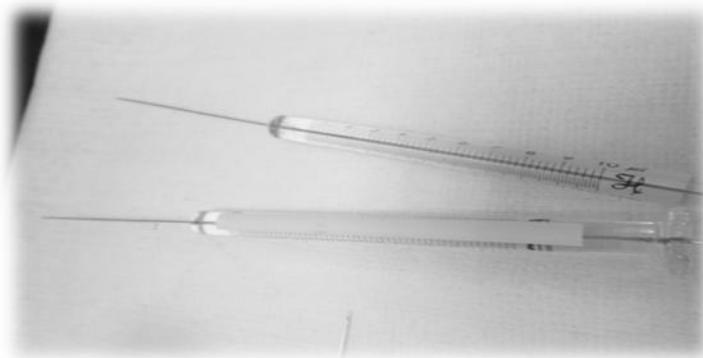


Gambar II. 12. Tempat pemasukan sampel

Tempat pemasukan cuplikan cair kedalam pak kolom biasanya terbuat dari tabung gelas di dalam blok logam panas. Cuplikan disuntikkan dengan bantuan alat suntik melalui karet septum kemudian diuapkan di dalam tabung gelas. Gas pembawa meniup uap cuplikan melalui kolom kromatografi. Cuplikan berbentuk gas dapat dimasukkan dengan bantuan alat suntik gas (*gas-tighti-syringe*) atau kran gas (*gas-sampling-valvle*). Alat pemasukan cuplikan untuk kolom terbuka dikelompokkan dua kategori yaitu injeksi split (*split injection*) dan injeksi splitless (*splitless injection*). Jenis injeksi split tidak berguna untuk analisis renik karena kebanyakan cuplikan dibuang, sehingga untuk keperluan analisis kuantitatif yang baik dan untuk analisis renik maka ijeksi jenis *splitless* yang cocok<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> *Ibid*, hlm.35



Gambar II. 13. Injeksi Splitless

Teknik injeksi pada kolom (*on-column injection*) digunakan untuk cuplikan yang dapat terurai pada pemanasan diatas titik didihnya selama injeksi. Larutan cuplikan dimasukkan langsung kedalam kolom tanpa melalui injektor panas. Suhu kolom mula-mula mendekati titik didih pelarut yang mudah mudah menguap untuk berkondensasi dan mengumpulkan solut-solut. Proses kromatografi terjadi ketika suhu kolom dinaikkan<sup>37</sup>.

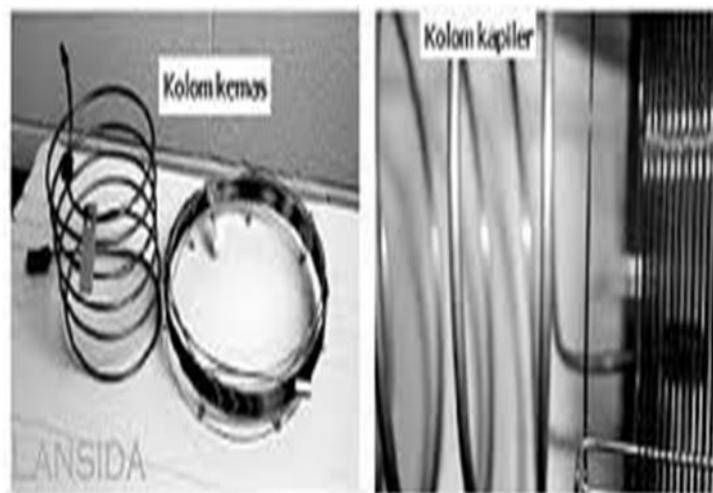
c. Kolom

Dalam kromatografi gas, kolom merupakan tempat terjadinya proses pemisahan. Untuk kromatografi gas dikenal dua jenis kolom yaitu jenis pak (*packed coloum*) dan jenis terbuka (*open tubular coloum*). Jenis pak terbuat dari *stainless steel* sedangkan jenis kolom terbuka terbuat dari pipa kapiler. Kedalam jenis pak diisi zat pendukung dan fasa diam yang menempel pada zat pendukung<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> *Ibid*, hlm. 37

<sup>38</sup> *Ibid*, hlm. 37



Gambar II. 14. Kolom pak dan kolom kapiler

i. Kolom pak (*packed column*)

Kolom pak terbuat dari *stainless steel* atau gelas dengan garis tengah 3-6 mm panjang 1-5 m. kolom diisi dengan serbuk zat padat halus atau padat sebagai zat pendukung yang dilapisi zat cair kental yang sukar menguap sebagai fasa diam. Jenis kolom pak ini lebih disukai untuk tujuan preparasi karena dapat menampung jumlah cuplikan yang banyak<sup>39</sup>.

ii. Kolom terbuka (*open tubular column*)

Kolom terbuka (kolom kapiler) lebih kecil dan lebih panjang daripada kolom pak. Diameter kolom terbuka berkisar antara 0,1-0,7 mm dan panjangnya berkisar antara 15-100 m. jenis kolom ini disebut juga kolom kapiler. Untuk mempermudah penyimpanan, biasanya kolom terbuka dibentuk spiral dengan garis tengah 18 cm<sup>40</sup>.

<sup>39</sup> *Ibid*, hlm. 37

<sup>40</sup> *Ibid*, hlm. 37

Kolom terbuka / kolom kapiler terdiri dari tiga jenis, yaitu: **wcot**(*wall-coated open tubular column*), **scot**(*support-cated open tubular column*), **plot**(*porous-layer open tubular column*). Untuk **wcot**, fasa diam cairan kental dilapiskan secara merata pada dinding kolom. Dengan rancangan **scot** partikel zat padat pendukung seperti silika atau aluminium ditempelkan pada dinding dalam kolom. Partikel pendukung ini terlebih dahulu dilapisi zat cair kental sebagai fasa diam untuk meningkatkan luas permukaan. Dengan bertambahnya luas permukaan berarti jenis **scot** mempunyai volume fasa diam yang lebih besar dari pada **wcot** sehingga memungkinkan untuk menampung volume cuplikan yang besar<sup>41</sup>. Dengan kata lain jenis **scot** ini cocok untuk analisis renik (konsentrasi analit yang sangat kecil). Selai itu peningkatan volume fasa diam pada jenis **scot** ini menyebabkan bertambah besarnya faktor kapasitas sehingga memberikan resolusi yang lebih baik. Oleh karena itu rancangan jenis kedua ini lebih disukai. Pada rancangan ketiga, **plot** partikel zat padat yang ditempelkan pada dinding dalam kolom bertindak sebagai fasa diam<sup>42</sup>.

d. Detektor

Detektor berperan mendeteksi komponen-komponen yang telah terpisahkan di dalam kolom kromatografi gas. Jenis detektor ini

---

<sup>41</sup> *Ibid*, hlm. 39-40

<sup>42</sup> *Ibid*, hlm. 40

meliputi detektor daya hantar panas (*thermal conductivity detector*), detektor ionisasi nyala (*flame ionization detector*, FID), detektorn penangkap electron (*electron capture detector*), detektor fotometri nyala (*flame photometric detector*), dan detektor nyala alkali (*alkali flame detector*)<sup>43</sup>. Setiap detektor mempunyai karakteristik tersendiri seperti terlihat dalam tabel 9.

Tabel II. 6. Jenis-jenis detektor dalam kromatografi gas.

Detektor	Perkiraan batas deteksi	Rentang
Daya hantar panas	400 pg/mL (propan)	$>10^5$
Ionisasi nyala	2 pg/s	$>10^7$
Penangkap electron	5 fg/s	$10^4$
Fotometrik nyala	$< 1$ pg/s (fosfor)	$>10^4$
Nyala alkali	$< 10$ pg/s (belerang)	$>10^3$
Spektrometri massa	25 fg to 100 fg	$10^5$

**Sumber:** Sumar Hendrayana, 2006

i. Detektor daya hantar panas (*thermal conductivity detector*)

Detektor jenis ini mengukur kemampuan zat dalam memindahkan panas dari daerah panas ke daerah dingin. Semakin besar daya hantar panas maka semakin cepat pula panas dipindahkan<sup>44</sup>. Detektor ini terdiri dari filamen panas *tung sten-rhenium* yang ditempatkan pada aliran gas yang datang dari arah kolom kromatografi. Tahanan listrik filamen akan naik bila

<sup>43</sup> *Ibid*, hlm. 45

<sup>44</sup> *Ibid*, hlm. 46

suhu filamen naik. Selama gas pembawa mengalir swcara konstan maka tahanan akan konstan dan begitu pula sinyal yang dikeluarkannya. Ketika solut keluar dari kolom maka daya hantar panas aliran gas menjadi menurun sehingga kecepatan pendinginan filamen oleh aliran gas berkurang secara proporsial. Filamen menjadi lebih panas, tahanan bertambah dan perubahan keluaran sinyal teramati<sup>45</sup>.

ii. Detektor ionisasi nyala (*Flame Ionization Detector, FID*)

Sistem kerja detektor ini yaitu ketika solut yang keluar dari kolom dicampur H<sub>2</sub> dan udara dan kemudian dibakar pada nyala dibagian detektor. Atom karbon senyawa organik dapat menghasilkan radikal CH yang selanjutnya menghasilkan ion CHO<sup>+</sup> dalam nyala hidrogen-udara<sup>46</sup>.

CHO<sup>+</sup> yang dihasilkan dalam nyala bergerak kekatoda yang berada diatas nyala. Arus yang mengalir diantara anoda dan katoda diukur dan diterjemahkan sebagai sinyal pada rekorder. Detektor ini jauh lebih peka dari pada detektor daya hantar panas. Kepekaan detektor ionisasi nyala akan lebih meningkat kalau N<sub>2</sub> digunakan sebagai gas pembawa<sup>47</sup>.

iii. Detektor penangkap elektron (*Electron Capture Detektor*)

Detektor jenis ini digunakan untuk mengukur kehilangan sinyal ketika analit terelusi dari kolom kromatografi. Sebagai

---

<sup>45</sup> *Ibid*, hlm. 46

<sup>46</sup> *Ibid*, hlm. 47

<sup>47</sup> *Ibid*, hlm. 47

gas pembawa yang cocok dapat digunakan N<sub>2</sub> kering. Alternatif lain, menambahkan N<sub>2</sub> bila H<sub>2</sub> atau He digunakan sebagai gas pembawa. Gas nitrogen yang memasuki detektor diionisasikan oleh elektron berenergi tinggi (sinar beta) yang diemisikan dari radioaktif <sup>63</sup>Ni atau <sup>3</sup>H. Elektron yang terbentuk ditarik ke anoda dan menghasilkan sejumlah kecil arus. Bila molekul analit yang mempunyai afinitas elektron tinggi memasuki detektor maka sebagian elektron ditangkap sehingga arus yang mengalir ke anoda berkurang. Detektor ini terutama peka terhadap molekul senyawa yang mengandung halogen, karbonil terkonjugasi, nitril, nitro, dan organologam<sup>48</sup>. Akan tetapi detektor ini tidak peka terhadap hidrokarbon, alkohol, dan keton. Gas pembawa harus betul-betul kering karena air menurunkan kepekaan detektor.

iv. Detektor fotometri nyala

Detektor ini merupakan fotometer emisi optik yang berguna untuk mendeteksi senyawa-senyawa yang mengandung fosfor atau balerang seperti pestisida dalam polutan udara<sup>49</sup>. Solut yang terelusi memasuki nyala hidrogen udara seperti dalam detektor ionisasi nyala. Fosfor dan balerang tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi yang kemudian melepaskan energi dalam bentuk cahaya. Cahaya yang dibebaskan oleh

---

<sup>48</sup> *Ibid*, hlm. 49

<sup>49</sup> *Ibid*, hlm. 49

fosfor terjadi pada panjang gelombang 536 nm dan balerang terjadi pada panjang gelombang 394 nm yang dapat diisolasi dengan filter dan dideteksi dengan tabung fotomultiflier.

v. Detektor nyala alkali

Detektor ini merupakan modifikasi detektor ionisasi nyala yang selektif peka terhadap fosfor dan nitrogen. Detektor ini penting sekali untuk analisis obat-obatan. Ion yang dihasilkan ketika unsur ini berkontak dengan gelas yang mengandung  $\text{Rb}_2\text{SO}_4$  pada ujung pembakar membentuk arus yang dapat diukur.  $\text{N}_2$ , He, atau  $\text{H}_2$  dapat digunakan sebagai gas pembawa untuk cuplikan yang mengandung fosfor tapi  $\text{N}_2$  tidak dapat digunakan sebagai gas pembawa untuk cuplikan yang mengandung nitrogen<sup>50</sup>.

vi. Detektor spektroskopi massa

Detektor jenis ini merupakan jenis detektor paling terkenal dan mutakhir dalam kromatografi gas. Spektrometer massa disambungkan dengan keluaran kromatografi gas. Ketika gas solut memasuki spektrometer massa maka molekul senyawa organik ditembaki dengan elektron berenergi tinggi sehingga molekul tersebut pecah menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Pecahan molekul terdeteksi berdasarkan massanya yang digambarkan sebagai spektra massa. Setiap komponen campuran

---

<sup>50</sup> *Ibid*, hlm. 49

yang telah terpisahkan dengan kromatografi gas akan tergambar dalam satu spektra massa. Contoh, kalau cuplilan terdiri dari tiga komponen maka akan dihasilkan tiga spektra massa. Kombinasi kromatografi gas dan spektroskopi massa ini dikenal dengan sebutan GC-MS<sup>51</sup>.

## 5. Analisis Asam Lemak Menggunakan Kromatografi Gas

Lipid adalah komponen yang sifatnya heterogen yang ditandai dengan kelarutannya dalam pelarut lemak seperti aseton, hidrokarbon, dan eter, serta relatif tidak larut dalam air. Termasuk dalam kelas lipid inilah trigliserida, asam-asam lemak, fosfolipid, sterol, ester-ester sterol, asam-asam empedu, lilin, sebagainya<sup>52</sup>.

Trigliserida adalah komponen lipid yang paling banyak di alam. Oleh karena sifatnya yang tidak menguap, trigliserida sukar sekali untuk dianalisis secara langsung dengan kromatografi gas. Meskipun demikian, keterbatasan pemisahan ini diperbaiki dengan mudahnya ester-ester metil dari asam lemak dipisahkan dengan KGC. Trigliserida dengan mudah diubah menjadi ester-ester metil dari asam lemak dan gliserol dengan esterifikasi menggunakan natrium atau kalium metilat dalam metanol. Reaksi esterifikasi ini dapat dilakukan dengan mudah dalam suatu botol kecil bertutup.

Dalam hal ini cairan poliester banyak digunakan, misalnya polimer kondensasi ESG yang terbentuk dari etilen glikol dan asam suksinat

---

<sup>51</sup> *Ibid*, hlm. 50

<sup>52</sup> Dedi fardiaz, *Op. Cit.* hlm. 151

merupakan bahan kimia yang umum untuk fase stasioner pemisahan ester metil. Kolom yang umum digunakan panjangnya 1-3 meter, meskipun yang lebih panjang kadang-kadang digunakan, termasuk kolom kapiler yang dapat mencapai panjang 45 meter<sup>53</sup>.

---

<sup>53</sup> *Ibid.* hlm. 152