

**ANALISIS KUALITATIF SENYAWA HIDROKARBON  
N- ALKANA DALAM SEDIMEN PERMUKAAN DI PELABUHAN  
SOEKARNO-HATTA MAKASSAR**

**PUTERI APRILIA**

**H031 18 1010**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**ANALISIS KUALITATIF SENYAWA HIDROKARBON  
N- ALKANA DALAM SEDIMEN PERMUKAAN DI PELABUHAN  
SOEKARNO-HATTA MAKASSAR**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana*

Oleh

**PUTERI APRILIA**

**H031 18 1010**



**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS KUALITATIF SENYAWA HIDROKARBON AROMATIK  
POLISIKLIK (HAP) DALAM SEDIMEN PERMUKAAN DI PELABUHAN  
SOEKARNO-HATTA MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh**

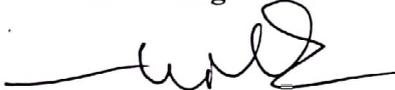
**PUTERI APRILIA**

**H031 18 1010**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Pada 14 November 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**



**Dr. Syarifuddin Liong, M.Si**  
NIP. 19520505 197403 1 002

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Diabal Nur Basir, M.Si**  
NIP. 19740319 200801 1 010

**Ketua Program Studi**



**Dr. St. Fauziah, M.Si**  
NIP. 19720202 199903 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Puteri Aprilia  
NIM : H031181010  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Analisis Kualitatif Senyawa Hidrokarbon n-Alkana dalam Sedimen Permukaan di Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 14 November 2022

Yang Menyatakan,



Puteri Aprilia

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*.....dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada Engkau, ya Tuhanku.*

*Q.S Maryam : 4*

## PRAKATA

*Bismillahirrohmanirrahiim*

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan nikmat rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wa sallam* yang telah membawa kita merasakan nikmat iman dan islam. Tugas akhir yang berjudul **“Analisis Senyawa Hidrokarbon n-Alkana dalam Sedimen Permukaan di Pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar”** ini disusun sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Selama proses pengerjaan skripsi ini penulis menyadari bahwa banyak sekali kesulitan yang dihadapi, akan tetapi berkat doa, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Penyelesaian skripsi ini tentunya tidak luput dari peran orang-orang tercinta yang kebersamai. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu disamping rasa syukur yang tak terhingga atas nikmat pemberian Allah *Subhanahu wa ta'ala*, penulis juga berterima kasih kepada bapak **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Djabal Nur Basir, M. Si** pertama serta Ibu Almh **Dr. Nursiah La Nafie, M.Si** yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberi solusi dari awal penyusunan hingga

selesainya penulisan ini. Penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada kedua orang tua saya, Ayahanda **Mustamin Taring** dan Ibunda **Sitti Aminah** atas segala semangat, do'a yang tidak pernah putus dan jasa-jasa yang tidak akan pernah bisa terbalaskan dengan apapun. Serta seluruh keluarga yang telah memberikan nasihat, bantuan materi, dan do'a sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Ibu Dr. Abd Karim, M.Si dan ibu Dr. Fredryk Welliam Mandey, M.Si, selaku tim penguji yang telah memberi banyak saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Seluruh dosen di lingkungan Fakultas MIPA, terkhusus dosen Departemen Kimia Universitas Hasanuddin, yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman, serta masukan selama masa studi.
3. Seluruh staf pegawai Fakultas MIPA Unhas maupun Departemen Kimia FMIPA Unhas, yang memberikan bantuan dan kerjasamanya.
4. Bapak dan ibu analis laboratorium di lingkungan Fakultas MIPA, terkhusus kak fiby selaku analis laboratorium kimia analitik yang telah banyak membantu dan memberi kemudahan kepada penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium.
5. Sahabat AKHDAN Anti, Cupi, Caya, Izzah, Yuli, Innah dan Zizah yang telah memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
6. Sahabat Istana SHABRI Anjeli, Yanti, Nunung, Ummi, Mute', Ayu yang selalu mendukung, memberikan semangat dan mendoakan kelancaran kepada penulis dalam menyelesaikan masa studi.
7. Sahabat enghuni lantai 3 Jannah, Lisa, Dibah, Dewi, Dinda, Winda yang telah memberi semangat berupa doa dan dukungan kepada penulis.

8. Rekan peneliti Ayu, Nisa dan Alex atas kerja sama, dukungan dan semangat sehingga penelitian ini terselesaikan.
9. Teman-teman Kimia 2018 terkhusus yang selalu memberikan dukungan kepada penulis..
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 4 Oktober 2022

Penulis

## ABSTRAK

Analisis kualitatif senyawa n-alkana dalam sedimen permukaan di pelabuhan Soekarno-Hatta Makassar telah dilakukan dengan menggunakan Kromatografi Gas. Sampel sedimen diambil pada empat stasiun di sekitar pelabuhan yaitu di kanal, pangkalan kapal Soekarno-Hatta, depo Pertamina dan pulau Kayangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada stasiun 1 ditemukan senyawa n-alkana  $C_{16}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{24}$ ,  $C_{26}$ ,  $C_{28}$ , dan  $C_{30}$ . Stasiun 2 terdapat n-alkana  $C_{16}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{24}$ ,  $C_{26}$ ,  $C_{28}$ , dan  $C_{30}$ . Stasiun 3 menunjukkan adanya  $C_{18}$ ,  $C_{19}$ ,  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{26}$ , dan  $C_{28}$ . Sedangkan pada Stasiun 4 menunjukkan adanya  $C_{19}$ ,  $C_{20}$ ,  $C_{24}$ , dan  $C_{26}$ . Hal ini menunjukkan bahwa keempat lokasi pengambilan sampel pada umumnya telah tercemar oleh senyawa n-alkana.

Kata kunci: n-alkana, Pelabuhan, Sedimen Permukaan, Kromatografi Gas

## ABSTRACT

Research on Qualitative analysis of n-alkane hydrocarbon compounds in surface sediments at Soekarno-Hatta port of Makassar has been carried out using Gas Chromatography. Sediment samples were taken at four stations around the port, namely at the canal, Soekarno-Hatta shipyard, Pertamina depot and Kayangan Island. The results showed that at station 1 there were n-alkane compounds C16, C18, C22, C24, C26, C28, and C30. Station 2 contains n-alkanes C16, C18, C19, C20, C22, C24, C26, C28, and C30. Station 3 shows the presence of C18, C19, C20, C22, C26, and C28. Meanwhile, Station 4 shows the presence of C19, C20, C24, and C26. This indicates that the four sampling locations in general have been contaminated by n-alkane compounds.

Keywords: hydrocarbons, n-alkanes, Port, Surface Sediment, Gas Chromatography

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
4.1 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sumber Hidrokarbon di Laut.....	6
2.2 Sifat-sifat Normal Alkana.....	8
2.3 Sedimen.....	9
2.4 Distribusi Normal Alkana dalam Sedimen.....	11
2.5 Kromatografi Gas.....	18

BAB III METODE PENELITIAN .....	26	
3.1 Bahan Penelitian .....	26	
3.2 Alat Penelitian.....	26	
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	26	
3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel .....	27	
3.5 Prosedur Penelitian.....	27	
3.5.1 Pengambilan Sampel Sedimen.....	27	
3.5.2 Preparasi Sampel Sedimen .....	27	
3.5.3 Penyiapan Ekstrak Bahan Organik.....	27	
3.5.4 Pemisahan Fraksi n-Alkana dan Fraksi Aromatik .....	28	
3.5.5 Analisis Senyawa Hidrokarbon n-Alkana dengan Kromatografi Gas		29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30	
4.1 Lokasi Pengambilan Sampel .....	30	
4.2 Hasil Analisis Gravimetri Senyawa Hidrokarbon n-Alkana dalam Sedimen .....		32
4.3 Hasil Analisis Senyawa Hidrokarbon n-Alkana dengan Kromatografi Gas .....		32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	30	
5.1 Kesimpulan.....	30	
5.2 Saran .....	30	
DAFTAR PUSTAKA .....	38	
Lampiran.....	42	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Kelarutan Berbagai Senyawa Hidrokarbon.....	16
2. Gas Pembawa dan Pemakaian Detektor.....	20
3. Karakteristik Stasiun Pengambilan Sampel .....	30
4. Hasil Analisis Senyawa Hidrokarbon n-Alkana .....	32

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Perubahan Minyak Bumi yang Tumpah ke Laut .....	15
2. Skema Kerja Alat Kromatografi Gas .....	19
3. Sistem Injeksi Kromatografi Gas .....	21
4. Kolom Kemas dan Kolom Kapiler.....	23
5. Hasil Kromatogram Fraksi n-Alkana Sedimen Stasiun 1 .....	33
6. Hasil Kromatogram Fraksi n-Alkana Sedimen Stasiun 2 .....	34
7. Hasil Kromatogram Fraksi n-Alkana Sedimen Stasiun 3 .....	35
8. Hasil Kromatogram Fraksi n-Alkana Sedimen Stasiun 4 .....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Skema Kerja Penelitian.....	42
2. Bagan Kerja .....	43
3. Perhitungan .....	45
4. Data Hasil Analisis dengan Menggunakan Instrumen GC .....	47
5. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	50
6. Dokumentasi .....	51

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Arti</b>
CPI	Carbon Preference Index
NAS	Nasional Academy of Science
RT	Retention Time
GC	Gas Chromatography

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pelabuhan Soekarno-Hatta atau Pelabuhan Makassar berlokasi di tepi perairan Selat Makassar yang merupakan perairan laut yang telah ditetapkan sebagai alur laut Kepulauan Indonesia. Padatnya aktivitas perkapalan yang ada di pelabuhan menyebabkan daerah di sekitar pelabuhan berpotensi tercemar. Keberadaan hidrokarbon minyak bumi merupakan salah satu pencemar perairan dengan jumlah yang relatif besar jika dibandingkan dengan senyawa-senyawa organik lain. Penyusun utama minyak bumi adalah senyawa hidrokarbon yang terdiri atas beberapa kelas yaitu alkana, aromatik, dan alkena (Trigunarso, 1999).

Hidrokarbon merupakan suatu pencemar lingkungan yang dapat disebabkan oleh ulah manusia. Pencemaran tersebut dapat berasal dari kegiatan perkapalan seperti ekplorasi minyak lepas pantai, residu yang terbuang dari kapal tanker atau aktivitas yang dilakukan di darat dan di pantai. Limbah yang masuk ke lingkungan laut yang berlangsung terus-menerus akan mengakibatkan rusaknya ekosistem pantai dan mempengaruhi produktivitas perairan. Hidrokarbon berada dalam lingkungan perairan melalui berbagai jalan, yaitu biosintesis, proses geokimia, dan antropogenik. Beberapa jenis organisme darat dan laut dapat menghasilkan berbagai senyawa hidrokarbon, baik melalui proses biosintesis maupun melalui proses transformasi. Berbagai senyawa hidrokarbon tersebut dapat memasuki lingkungan perairan melalui

proses metabolisme atau melalui proses pembusukan dari jasad organisme tersebut. Jumlah senyawa hidrokarbon yang berasal dari biosintesis ini diperkirakan 1–10 juta ton per tahunnya (Khozanah, 2018).

Secara umum, keberadaan hidrokarbon di suatu perairan dapat berasal dari buangan di daratan, buangan lepas pantai yang tidak disengaja, deposit atmosfer (Marsoali, 2004) aliran sungai, buangan kapal dan lalu lintas kapal (Mille dkk., 2006). Kontaminan hidrokarbon dalam perairan secara perlahan akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen. Namun, tingginya konsentrasi hidrokarbon dalam sedimen tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh kontaminasi minyak, melainkan juga dapat dipengaruhi oleh sumber alami (Mille dkk., 2006).

Penyebaran minyak bumi ke lingkungan laut berlangsung relatif cepat melalui proses fisika diikuti proses kimia dan biologi. Minyak bumi tersebut akan membentuk lapisan yang menutupi permukaan laut dalam waktu yang lama, kemudian secara bertahap akan mengalami sedimentasi. Sedimentasi minyak bumi termasuk n-alkana yang tidak larut dalam air membentuk emulsi dengan air sehingga menjadi berat dan turun ke sedimen (Moor dan Moor, 1976). Jenis dan distribusi senyawa n-alkana dalam sedimen tersebut belum diketahui.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui adanya pencemaran n-alkana pada sedimen. Kandungan senyawa hidrokarbon dalam sedimen di perairan Raha Sulawesi Tenggara dengan total hidrokarbon antara 47,8-156,5 ppm dengan rerata 90,62 ppm. Perbandingan antara fraksi n-alkana dan fraksi aromatik yang tinggi ( $>1$ ). Data ini menunjukkan bahwa daerah tersebut telah tercemar senyawa

hidrokarbon minyak bumi (Marsoali, 2004). Menurut NAS (*National Academy of Science*) kandungan hidrokarbon di dalam sedimen yang tidak tercemar oleh minyak bumi 1-100 ppm dan daerah yang tercemar minyak bumi dapat mencapai 12.000 ppm. Hasrul (2002) menganalisis n-alkana dengan rentang  $C_{14}$  sampai  $C_{36}$  di Pulau Lumu-Lumu. Hidrokarbon yang ada di Pulau Lumu-Lumu, Kepulauan Spermonde diduga berasal dari tumbuhan darat yang terbawa ke laut melalui proses biogeokimia. Tumbuhan darat mengandung n-alkana dengan atom  $C_{27}$ ,  $C_{29}$ ,  $C_{31}$ ,  $C_{33}$  sangat besar, selain dari daratan hidrokarbon juga dapat berasal dari rumput laut dan sargassum dengan n-alkana  $C_{21}$ - $C_{31}$  yang dominan. Hidrokarbon juga kemungkinan berasal dari petroleum kapal-kapal bermotor yang beroperasi disekitar pantai Makassar dan Pulau Lumu-Lumu (Fatimah, 2002). Kandungan hidrokarbon total pada air dan sedimen di perairan Sungai Donan di Cilacap, Jawa Tengah menunjukkan hasil yang bervariasi dari 0.22 - 2.07 mg/L dan 6.12 - 574.39 mg/kg, korelasi antara kandungan total hidrokarbon pada air dan sedimen menunjukkan hubungan kuat dengan nilai positif yang berarti semakin meningkat kandungan total hidrokarbon pada air maka akan meningkat juga kandungan total hidrokarbon pada sedimen di perairan Sungai Donan (Amri dkk., 2019).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syahrir (2019) tentang analisis hidrokarbon n-alkana pada sedimen pantai Makassar mengindikasikan bahwa setiap lapisan sedimen menunjukkan kadar fraksi alifatik mengandung hidrokarbon yang bervariasi. Nilai total hidrokarbon yang diperoleh adalah 13,75-111,11 %. Hidrokarbon sedimen di pantai Makassar berasal dari sumber proses antropogenik

dan bukan antropogenik (proses alamiah). Hal tersebut diidentifikasi dari hasil ratio perbandingan antara fraksi alifatik dan fraksi aromatik.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan mengidentifikasi kandungan hidrokarbon yang ada pada sedimen permukaan Pelabuhan Soekarno-Hatta. Hasil dari analisis diharapkan dapat dijadikan sebagai pembanding tingkat pencemaran minyak dari penelitian sebelumnya dan mengetahui jenis serta asal hidrokarbon yang dianalisis.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. apa saja jenis senyawa hidrokarbon n-alkana yang terdapat dalam sedimen di Pelabuhan Soekarno-Hatta,
2. bagaimana distribusi hidrokarbon n-alkana dalam sedimen di Pelabuhan Soekarno-Hatta.

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis senyawa hidrokarbon n-alkana dalam sedimen dan distribusinya di Pelabuhan Soekarno-Hatta.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. menentukan jenis senyawa hidrokarbon n-alkana yang terdapat dalam sedimen di Pelabuhan Soekarno-Hatta.

2. menentukan distribusi hidrokarbon n-alkana yang terdapat dalam sedimen di Pelabuhan Soekarno-Hatta.

#### **4.1 Manfaat Penelitian**

1. memberikan data kualitatif senyawa hidrokarbn n-alkana dalam sedimen permukaan Pelabuhan Soekarno-Hatta.
2. memberikan informasi tentang distribusi senyawa hidrokarbon n-alkana di sedimen permukaan Pelabuhan Soekarno-Hatta.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sumber Hidrokarbon di Laut**

Hidrokarbon adalah senyawa organik yang tersusun dari atom karbon dan hidrogen. Berdasarkan penyusunannya dalam struktur hidrokarbon dibedakan menjadi hidrokarbon alifatik, alisiklik, dan aromatik. Hidrokarbon alifatik adalah senyawa organik yang tersusun oleh karbon dan hidrogen dalam rantai terbuka. Hidrokarbon alifatik dapat berupa alifatik jenuh dan tidak jenuh. Alifatik jenuh apabila di dalam struktur molekulnya hanya mempunyai ikatan tunggal. Sedangkan alifatik tidak jenuh apabila di dalam strukturnya terdapat ikatan rangkap. Hidrokarbon alisiklik adalah senyawa organik yang tersusun dalam suatu cincin atau rantai tertutup. Senyawa aromatik merupakan hidrokarbon yang tersusun dalam cincin yang memiliki ketidakjenuhan yang tinggi dan memiliki aroma atau bau yang khas (Wardiyah, 2016).

Sumber hidrokarbon di lingkungan laut secara umum terdiri atas dua bagian yaitu hidrokarbon alamiah dan hidrokarbon antropogenik (Alfian dan Gillbert, 1988). Senyawa hidrokarbon pada perairan dapat berasal dari tumpahan minyak, pengilangan, limbah kota dan kegiatan transportasi (kapal tanker dan pengiriman minyak) (Adeniji dkk., 2017). Dampak hidrokarbon pada perairan bisa sangat parah karena punya kecenderungan terakumulasi dalam jaringan ikan, moluska, kerang, dan mamalia lainnya (Rahmani, 2015). Sumber hidrokarbon dalam lingkungan laut

terdiri atas dua bagian yaitu hidrokarbon alamiah dan hidrokarbon antropogenik.

Hidrokarbon sumber alamiah di bagi menjadi empat jenis yaitu:

#### 1. Biogenik

Hidrokarbon ini dihasilkan dari aktivitas organisme laut dan darat. Hidrokarbon biogenik adalah hidrokarbon yang dihasilkan dari metabolisme dan sintesa oleh mikroorganisme atau dengan mengkonversi senyawa-senyawa *precursor* oleh mikroorganisme hidup melalui dekomposisi organisme yang telah mati.

#### 2. Pirolitik

Hidrokarbon pirolitik berasal dari pembakaran hutan yang terbawa air hujan ke saluran pembuangan yang kemudian menuju ke lingkungan laut. Hidrokarbon ini juga dapat berasal dari pembakaran kendaraan bermotor.

#### 3. Diagenetik

Hidrokarbon diagenetik adalah hidrokarbon yang berasal dari proses kimia pada sedimen laut yang berlangsung dalam jangka pendek.

#### 4. Geokimia

Hidrokarbon ini terbentuk akibat adanya proses geokimia misalnya penyusunan minyak yang terjadi di bawah laut dan pantai. Proses tersebut berlangsung dalam jangka waktu yang sangat lama bahkan dapat mencapai jutaan tahun.

#### 5. Antropogenik

Hidrokarbon yang berasal dari minyak bumi (hidrokarbon petroleum) dan hasil produksinya. Hidrokarbon ini juga merupakan sumber pencemar di laut yang dihasilkan dari petroleum yang dibuang melalui aktivitas manusia.

## 2.2 Sifat-sifat Normal Alkana

Normal alkana merupakan senyawa penyusun minyak bumi yang terdiri atas atom karbon dan hidrogen yang terhibridisasi  $sp^3$  dengan rumus  $C_nH_{2n+2}$ . Senyawa n-alkana biasa disebut sebagai hidrokarbon asiklik atau parafin karena sifatnya yang kurang reaktif dibandingkan dengan alkena dan alkuna. Normal alkana dibentuk oleh deret homolog dari gugus metilen ( $-CH_2-$ ). Contoh: n-pentana, n-heksana, n-heksadekana (Fessenden, 1989).

Alkana merupakan senyawa nonpolar yang memiliki sifat mirip dengan lemak yaitu tidak larut dalam air. Normal alkana bersifat nonpolar sehingga larut dalam pelarut nonpolar seperti benzene dan dietil eter. Peningkatan bobot molekul alkana berbanding lurus dengan meningkatnya bobot jenis, titik leleh dan titik didihnya. Hidrokarbon n-alkana yang memiliki atom  $C_1$  sampai  $C_4$  berwujud gas,  $C_5$  sampai  $C_{17}$  cair dan  $C_{18}$  ke atas berwujud padat. Wujud hidrokarbon n-alkana berkaitan dengan bobot molekulnya. Kelarutan hidrokarbon akan menurun dengan bertambahnya berat molekul dan mempunyai kelarutan yang rendah dalam air, serta bersifat lipofilik.

Alkana terbentuk melalui ikatan kovalen dari dua atom dengan keelektronegatifan yang hampir sama. Ikatan kovalen nonpolar yang paling umum terbentuk adalah ikatan antara karbon-karbon dan karbon-hidrogen. Alkana dan sikloalkana yang tidak memiliki gugus fungsi seperti senyawa organik lain cenderung kurang reaktif. Karena sifatnya ini maka alkana sering disebut sebagai parafin yang berasal dari bahasa latin *parum affinis* yang artinya afinitasnya kecil sekali. Alkana

dapat berupa rantai paling sederhana yaitu metana yang terdiri dari satu karbon sampai dengan rantai yang panjang yang terdiri dari puluhan atau bahkan ratusan karbon. Bentuk senyawa alkana dapat berupa padatan, cairan, atau gas. (Wardiyah, 2016).

### **2.3 Sedimen**

Sedimen merupakan partikel-partikel yang mengendap secara perlahan yang dalam prosesnya membutuhkan waktu yang sangat lama bahkan berjuta tahun. Sedimen terdiri atas partikel-partikel yang berasal dari bongkahan batuan atau sisa rangka dari organisme di laut. Ketebalan relatif sedimen pada banyak bagian laut memiliki ukuran yang berbeda-beda. Ukuran partikel-partikel sedimen ditentukan oleh sifat fisiknya dan sedimen yang berasal dari tempat yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda pula. Contohnya di dasar laut dalam sebagian besar ditutupi oleh sedimen halus atau partikel-partikel berukuran kecil, sedangkan di daerah pantai ditutupi oleh sedimen kasar dengan jenis partikel-partikel berukuran besar. Adanya ukuran-ukuran pada sedimen tersebut dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sedimen (Hutabarat dan Evans, 2008).

Suatu proses sedimentasi terjadi jika zat-zat yang masuk ke dalam laut akan terlibat proses biologi dan kimia yang kemudian menjadi sedimen dalam waktu tertentu. Namun, sebelum mencapai dasar laut zat-zat tersebut akan melayang-layang di dalam laut dan setelah mencapai dasar laut sedimen tidak diam karena terganggu hewan laut yang mencari makan. Sebagian sedimen mengalami erosi dan tersuspensi kembali oleh arus bawah sebelum kemudian jatuh kembali dan tertimbun. Reaksi

kimia antara butir-butir mineral dan air laut sepanjang perjalanannya ke dasar laut dan reaksi tetap berlangsung penimbunan, yaitu ketika air laut terperangkap diantara butiran mineral (Santosa, 2013).

Pada umumnya permukaan sedimen biasanya diambil untuk analisis penilaian kualitas sedimen. Namun dalam analisis yang lebih luas pengambilan sampel sedimen dengan kedalaman tertentu juga diperlukan. Organisme epifauna dan infauna biasanya ditemukan pada kedalaman tertentu juga diperlukan (Simpson dkk., 2005). Sedimen cenderung didominasi oleh satu atau lebih jenis partikel dengan ukuran yang berbeda. Kisaran ukuran yang digunakan untuk mengukur partikel-partikel yang diklasifikasikan mulai dari golongan yang termasuk partikel tanah liat yaitu yang berukuran diameter kurang dari 0,004 mm hingga berukuran *boulder* (batu berukuran besar yang berasal dari kikisan arus air) yang mempunyai ukuran diameter sekitar 256 mm (Hutabarat dan Evans, 2008).

Minyak bumi yang masuk ke lingkungan laut akan mengalami sedimentasi jika ada penambahan kerapatan yang cukup untuk turun sebagai sedimen. Adanya adsorpsi minyak bumi oleh partikulat perairan juga akan mempercepat proses sedimentasi. Konstituen minyak bumi yang tahan terhadap proses degradasi akan bergabung membentuk gumpalan, dengan adanya gerakan air laut gumpalan minyak tersebut akan turun ke dasar laut. Namun, gumpalan minyak itu juga dapat terbawa ke pantai sehingga dapat ditemukan gumpala-gumpalan minyak di sepanjang pantai (NAS, 1975).

## 2.4 Distribusi Normal Alkana dalam Sedimen

Distribusi n-alkana dalam sedimen dapat melalui organisme biota laut (seperti alga dan plankton) serta organisme laut lainnya yang mensintesis n-alkana yang lebih dominan. Adapun pada fotoplankton n-alkana dengan  $C_{15}$ ,  $C_{17}$ ,  $C_{19}$ , dan  $C_{21}$  sangat melimpah. Sedangkan pada rumput laut dan sargassum n-alkana  $C_{21}$  sampai  $C_{31}$  lebih dominan. Beberapa jenis bakteri telah ditemukan mengandung sejumlah alkana dengan rantai atom C genap dan ganjil ( $C_{25-32}$ ) dalam perbandingan yang sama. Normal alkana  $C_{25-34}$  juga ditemukan pada sponge dengan koral dengan kadar yang sedikit.

Alkana bercabang seperti pristan ( $C_{19}-C_{50}$ ) dianggap sebagai karakteristik pada organisme laut karena banyak ditemukan pada beberapa jenis ikan dan bakteri (NAS, 1975). Pristan berhubungan dengan fitoplankton dimana terdapat fitol sebagai prekursor yang dikonversi sebagai pristan. Hasil analisis hidrokarbon menggunakan kromatografi gas menunjukkan puncak kromatogram pristan selalu berdampingan dengan  $C_{17}$  dan phitan hidrokarbon  $C_{18}$ . Adapun distribusi yang berasal dari aktivitas mikroorganisme juga berasal dari minyak bumi yang berlangsung melalui tumpahan minyak akibat aktivitas perkapalan, buangan sistematis residu minyak bumi dari kapal tanker, pengembangan eksplorasi minyak lepas pantai, dan kecelakaan kapal tanker yang menjadi sumber utama terjadinya pencemaran minyak di lingkungan laut (Mumtihanah, 2003).

Senyawa hidrokarbon yang berasal dari rembesan atau bocoran geologis diperkirakan sebesar 0,6 juta ton setiap tahun (NAS, 1975). Di samping itu, senyawa

hidrokarbon dapat pula berasal dari proses geokimia, yaitu proses degradasi senyawa organik di dalam tanah atau sedimen serta berasal dari jatuhnya atmosfer akibat kebakaran hutan dan pembakaran tak sempurna bahan bakar fosil. Sumber antropogenik berasal dari pengolahan minyak bumi, seperti pengeboran, transportasi, pengolahan, dan lainnya serta akibat kecelakaan atau kesengajaan (NAS, 1975).

Hidrokarbon minyak bumi dapat digolongkan menjadi tiga kelas, yaitu alkana, sikloalkana, dan aromatik. Senyawa alkana merupakan hidrokarbon dengan rumus molekul  $C_nH_{2n+1}$ . Jumlah atom karbon berkisar dari satu (metana) hingga enam puluh (*n*-heksakontana). Selain alkana lurus, ada juga alkana bercabang, baik itu berupa isomerik maupun seri isoprenoid, antara lain pristan, *phytane*, dan farnesena. Pristan merupakan alkana bercabang yang sering dijumpai di dalam beberapa jenis ikan dan plankton, sedangkan *phytane* tidak ditemukan di dalam organisme laut (Khozanah, 2018).

Penelitian mengenai senyawa hidrokarbon khususnya senyawa alifatik dan aromatik di perairan laut telah banyak dilakukan baik pada sedimen maupun air. Hal tersebut mencakup sumber-sumber hidrokarbon dan bagaimana pola penyebarannya pada sedimen di perairan. Penelitian yang dilakukan Khairunnisa (2013) mengidentifikasi karakteristik hidrokarbon alifatik dan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) pada sedimen dan memprediksi kemungkinan sumber-sumbernya di Pesisir Manyar, Gresik, Jawa Timur. Hasil penelitian disimpulkan bahwa karakteristik hidrokarbon disedimen Pesisir Manyar, Gresik memiliki kisaran karbon alifatik dengan nomor karbon  $nC_{16}-nC_{33}$ . Komposisi sumber hidrokarbon

menunjukkan indikasi dominasi masukan dari antropogenik atau petrogenik. Hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai CPI yang rendah yaitu di sekitar atau mendekati 1 atau  $< 2$ .

Pohan (2012) menganalisis dan mengidentifikasi karakteristik hidrokarbon alkana dalam sedimen di Muara Sungai Somber, Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur. Karakteristik sebaran *n*-alkana pada sedimen di hulu dan hilir (muara) Sungai Sumber yang terdeteksi berkisar antara  $nC_{13}$  sampai  $nC_{33}$ . Sebaran juga menunjukkan kecenderungan monomodal dengan  $C_{max}$  pada bagian hulu dan muara berturut-turut terdapat pada nomor karbon  $nC_{29}$  dan  $nC_{27}$ . Nilai *Carbon Preference Index* (CPI dan  $CPI_{21-31}$ ) pada bagian hulu adalah 1.00 dan 1.17, sedangkan pada muara nilai  $CPI_{15-21}$  dan  $CPI_{21-31}$  adalah 1,22 dan 1,14. Nilai  $CPI > 1$  menunjukkan rantai karbon ganjil lebih dominan daripada rantai karbon genap dan sebaliknya nilai  $CPI < 1$  menunjukkan rantai karbon genap lebih dominan.

Kisaran nilai CPI tersebut dapat mengindikasikan bahwa terdapat kontaminasi antropogenik pada sedimen perairan yang disebabkan oleh masukan limbah yang berasal dari aktifitas manusia dan industri yang berada di sekitar sungai dari hulu hingga ke muara. Nilai  $CPI_{15-21}$  pada bagian hulu berada pada kisaran 0.96-1.01 yaitu 1,00 mengindikasikan hidrokarbon berasal dari sumber petrogenik (minyak mentah dan hasil penyulingannya, tidak termasuk minyak nabati) (Pohan, 2012). Kontaminasi petroleum (minyak) di hulu dan muara Sungai Somber, Balikpapan diduga berasal dari aktifitas pelabuhan, perkapalan, industri pertanian, pemukiman dan kegiatan masyarakat lainnya yang terjadi di bagian hilir hingga muara Sungai Somber,

Balikpapan (Yani, 2003). Hal ini tentunya akan berdampak pada lingkungan sekitar, khususnya hutan bakau dan lingkungan perairan serta biota yang ada di dalamnya.

## **2.5 Proses Perubahan Minyak Bumi dalam Lingkungan Laut**

Masuknya minyak bumi ke dalam lingkungan laut dapat berakibat pada ekosistem perairan, merusak lingkungan biota air di bawahnya, dapat juga mengganggu kesehatan manusia. Bahan pencemar tersebut sangat sulit untuk diatasi, apabila sudah menempel pada partikel padat seperti tanah, pasir, sedimen dan tumbuh-tumbuhan. Dampak dari bahan kimia yang terdapat pada tumpahan minyak di laut ini memang tergantung pada banyak faktor, antara lain karakteristik fisik, kimia, dan toksisitas dari minyak, dan juga penyebarannya yang dipengaruhi oleh dinamika air laut: pasang surut, angin, gelombang dan arus. Dampak dari senyawa minyak yang tidak dapat larut di dalam air akan mengapung dan menyebabkan air laut berwarna hitam. Beberapa komponen minyak tenggelam dan terakumulasi di dalam sedimen sebagai deposit polutan pada pasir dan batuan-batuan di pantai (Darza, 2020).

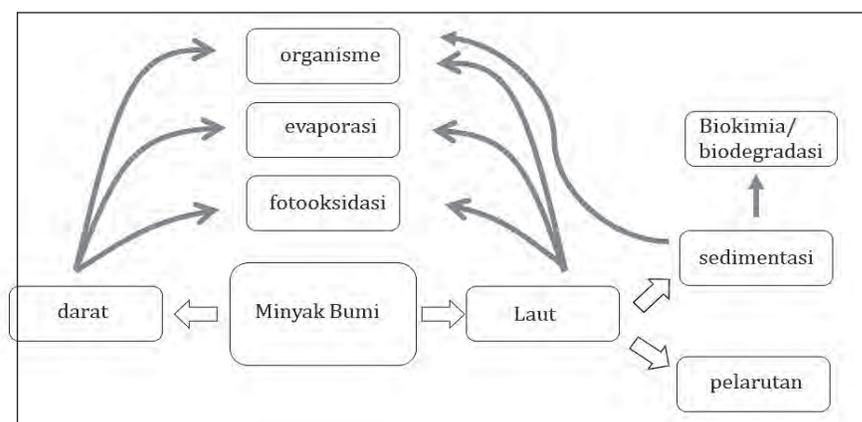
Menurut Khozanah (2018) minyak bumi yang tumpah ke perairan akan segera mengalami perubahan-perubahan, baik fisik maupun kimiawi. Banyaknya perubahan yang terjadi tidak hanya akan dipengaruhi oleh jenis senyawa-senyawa hidrokarbonnya, tetapi juga oleh berbagai kondisi fisik, kimiawi, dan biologi yang ada di lingkungan perairan. Secara umum, minyak yang tumpah ke perairan akan mengalami berbagai proses fisik, misalnya penyebaran, penguapan, pelarutan, pengendapan, dan proses biologi atau biodegradasi lainnya.

### 1) Penyebaran

Berat jenis minyak lebih kecil daripada air, membuat tumpahan minyak akan terapung dan mudah tersebar ke segala arah. Penyebarannya akan dipengaruhi oleh angin dan arus air. Pada saat yang bersamaan, hidrokarbon dengan berat molekul rendah ( $< C_{12}$ ) akan menguap atau larut ke dalam air. Menguapnya berbagai komponen ringan ini maka berat jenis minyak akan menjadi lebih besar dan lebih kental. Pengaruh ombak dan angin akan menyebabkan terpecah-pecahnya hamparan minyak menjadi bercak-bercak yang lebih kecil. Adanya senyawa oksigen, nitrogen, dan belerang dalam minyak bumi, yang mempunyai sifat dapat menurunkan tegangan permukaan air, akan mempercepat penyebaran tumpahan minyak ini.

## 2) Penguapan

Penguapan dialami oleh senyawa-senyawa hidrokarbon dengan berat molekul rendah. Beberapa percobaan secara *in vitro* menunjukkan bahwa hidrokarbon dengan berat molekul lebih rendah dari *n-Cis* (titik didih  $< 250^{\circ}\text{C}$ ) dapat menguap dengan mudah, antara  $C_{15}$  dan  $C_{25}$  (titik didih antara 250 hingga  $400^{\circ}\text{C}$ ) menguap lebih lambat, sedangkan yang lebih besar dari  $C_{25}$  praktis tidak dapat menguap. Proses penguapan ini memegang andil yang cukup besar pada penghilangan senyawa-senyawa hidrokarbon. Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat proses perubahan minyak bumi



baik yang berasal dari darat maupun dari laut.

**Gambar 1.** Perubahan minyak bumi yang tumpah ke laut (Khozanah, 2018)

3) Pelarutan

Pelarutan dialami oleh hidrokarbon akan bertambah dengan bertambahnya sifat polar senyawa tersebut. Hidrokarbon aromatik lebih mudah larut dibandingkan hidrokarbon jenuh (Tabel 1).

**Tabel 1.** Kelarutan Berbagai Senyawa Hidrokarbon (Haritash dan Kaushik, 2009; Khozanah, 2018)

<b>Parafin</b>	<b>Kelaruta (ppm)</b>	<b>Aromatik</b>	<b>Kelarutan (ppm)</b>
n- C <sub>5</sub> (Pentana)	40	C <sub>6</sub> (Benzena)	1800
n- C <sub>6</sub> (Heksana)	10	C <sub>7</sub> (Toluena)	500
n- C <sub>7</sub> (Heptana)	3	C <sub>8</sub> (Xilena)	175
n- C <sub>8</sub> (Oktana)	1	C <sub>9</sub> (Alkil-Benzena)	50
n- C <sub>12</sub> (Dodekan)	0,01	C <sub>14</sub> (Antrasena)	0,075
n- C <sub>30</sub> (Triakontan)	0,002	C <sub>18</sub> (Krisena)	0,002

4) Emulsi

Dua jenis emulsi dapat terjadi dari pencampuran minyak bumi dan air, yaitu emulsi air dalam minyak dan emulsi minyak dalam air. Di samping oleh gerakan ombak, proses emulsi dapat dipercepat oleh adanya berbagai senyawa tensio-aktif, yaitu senyawa-senyawa bahan alam yang aktif. Emisi air dalam minyak (dikenal dengan istilah *chocolate mousse*) relatif lebih stabil dan berubah sangat lambat karena tidak banyak mengandung oksigen dan zat-zat bernutrisi untuk pertumbuhan bakteri.

#### 5) Sedimentasi

Sedimentasi terjadi apabila berat jenis minyak lebih besar daripada berat jenis air. Beberapa proses dapat memperbesar berat jenis minyak ini, antara lain penguapan dan pelarutan senyawa-senyawa dengan berat molekul ringan, degradasi dan oksidasi senyawa-senyawa parafin serta pembentukan agregat dengan partikel-partikel padat yang terdispersi.

#### 6) Oksidasi

Oksigen dan sinar matahari dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi terhadap minyak bumi, terutama sinar ultraviolet. Terlebih ultraviolet dengan panjang gelombang kurang dari 400 nm dapat mempercepat proses oksidasi minyak bumi. Kecepatan oksidasi ini dipengaruhi oleh jenis senyawa hidrokarbonnya dan senyawa heteroatom lainnya yang terdapat dalam minyak bumi, misalnya alkil naftalen lebih mudah teroksidasi daripada *n*-alkana. Beberapa jenis senyawa metal organik dapat mempercepat oksidasi, sebaliknya senyawa sulfur mempunyai pengaruh yang berlawanan

#### 7) Biodegradasi

Proses biodegradasi merupakan proses yang sangat penting dalam pemulihan kembali lingkungan perairan yang tercemar oleh minyak bumi. Beberapa jenis bakteri dan fungi dapat menggunakan minyak bumi sebagai sumber karbon atau energinya. Pada umumnya, hidrokarbon jenuh rantai lurus paling mudah terdegradasi, diikuti oleh isoalkana, sikloalkana, dan aromatik.

Proses biodegradasi lebih kompleks dibandingkan proses fisik ataupun proses kimiawi. Pendegradasian minyak bumi dari beberapa jenis bakteri tergantung kemampuan mengadaptasi bakteri tersebut pada lingkungannya. Di samping itu, berbagai faktor lingkungan lainnya juga akan menentukan kecepatan biodegradasi minyak bumi. Pada umumnya, temperatur, oksigen, dan unsur-unsur bernutrisi (N dan P) akan menaikkan kecepatan biodegradasi.

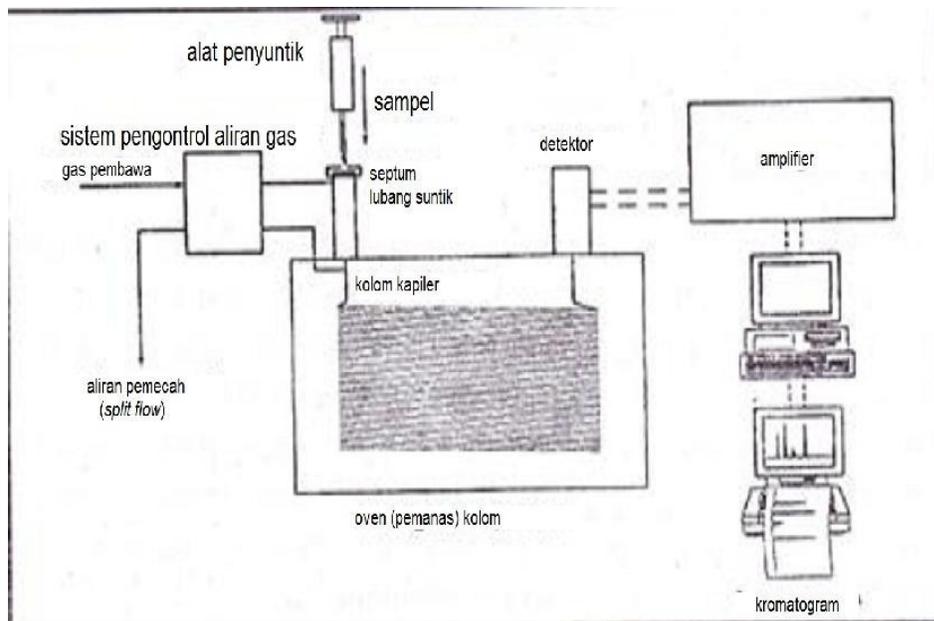
Di samping itu, komposisi dan bentuk fisik minyak bumi serta adanya senyawa-senyawa dispersan juga akan memengaruhi kecepatan biodegradasi. Dispersan merupakan campuran dari beberapa surfaktan (zat untuk mengurangi tegangan muka suatu cairan) dan pelarut yang dapat digunakan untuk mempercepat dan membantu penyebaran minyak sehingga mudah untuk diuraikan oleh organisme.

## **2.5 Kromatografi Gas**

Kromatografi gas (*Gas Chromatography*) merupakan metode pemisahan yang digunakan pada berbagai bidang baik kimia, biologi maupun farmasi atau obat-obatan. Sistemika instrumen kromatografi gas yang terdiri dari sumber gas pembawa, injektor, kolom, oven, detector (Gambar 2). Fungsi utama dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan berbagai senyawa kimia dan menentukan komponen-komponennya secara kuantitatif (Santosa, 2020). Metode kromatografi memisahkan unsur-unsur yang terdistribusi antara dua fasa. Dua fasa yang dimaksud adalah fasa diam dan fasa gerak yang dapat berupa cairan ataupun gas. Metode ini banyak digunakan untuk senyawa-senyawa yang mudah menguap, seperti gas. Kromatografi gas sangat mudah digabung dengan instrumen fisiko-kimia yang lain

misalnya GC-MS. Analisis dengan kromatografi gas mudah dijalankan, mudah dipahami dan penafsiran data yang diperoleh cepat (Mc Nair dan Bonelli, 1988).

Sistem yang digunakan pada kromatografi gas terdiri dari gas pembawa, injektor, kolom dan detektor. Sedangkan kondisi yang dipilih yaitu suhu pada injektor, kolom dan detektor serta kecepatan aliran gas pembawa yang masuk. Pemisahan senyawa menggunakan kromatografi gas perlu diperhatikan sifat



komponen-komponen senyawa yang akan dipisahkan (Astuti dkk., 2018).

Prinsip kerja dari GC adalah fase gerak yang berupa gas mengalir di bawah tekanan melewati pipa yang dipanaskan dan dilapisi dengan fasa diam. Analit dimasukkan ke bagian atas kolom melalui suatu portal injeksi yang dipanaskan. Suhu oven dijaga atau diprogram agar meningkat secara bertahap. Jika analit sudah berada di dalam kolom, maka akan terjadi proses pemisahan antar komponen di fasa diam (Sparkman dkk., 2011 dalam Darmapatni dan Suaniti, 2016).

**Gambar 2.** Skema kerja alat kromatografi gas (Rohman, 2009)

### 1. Gas Pembawa

Gas pembawa atau biasa disebut dengan fasa gerak yang bertujuan untuk membawa solut menuju kolom. Syarat gas pembawa adalah tidak reaktif, murni dan dapat disimpan pada tangki tekanan tinggi. Gas pembawa biasanya mengandung gas helium, nitrogen, hidrogen, atau campuran argon dan metana (Gandjar dan Rohman, 2007). Gas pembawa yang paling sering dipakai adalah helium (He), argon (Ar), nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogen (H<sub>2</sub>), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Keuntungan adalah karena semua gas ini tidak reaktif dan dapat dibeli dalam keadaan murni dan kering yang dikemas dalam tangki bertekanan tinggi. Pemilihan gas pembawa tergantung pada detektor yang dipakai (Tabel 2). Gas pembawa harus memenuhi sejumlah persyaratan, antara lain harus inert (tidak bereaksi dengan sampel, pelarut sampel, material dalam kolom), dan mudah diperoleh.

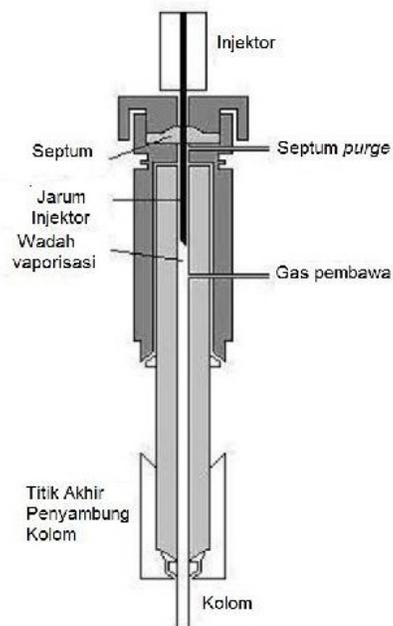
**Tabel 2.** Gas Pembawa dan Pemakaian Detektor (Gandjar dan Rohman, 2007)

<b>Gas pembawa</b>	<b>Detektor</b>
Hidrogen	Hantar panas
Helium	Hantar panas
	Ionisasi nyala
	Fotometri nyala
	Termoionik
Nitrogen	Ionisasi nyala
	Tangkap elektron
	Fotometri nyala
	Termoionik

Argon	Ionisasi nyala
Argon + metana 5%	Tangkap elektron
Karbon dioksida	Hantar panas

## 2. Injektor

Gambar di atas merupakan injektor yang berfungsi sebagai tempat masuknya



sampel. Sampel yang akan dianalisis dimasukkan ke dalam ruang suntik melalui lubang suntik yang ditutupi dengan septum atau pemisah karet (Gandjar dan Rohman, 2007). Ruang suntik atau *inlet* harus dipanaskan tersendiri (terpisah dari kolom) dan biasanya lebih tinggi daripada suhu kolom maksimum. Pemanasan dalam *inlet* berfungsi untuk mengubah sampel cair menjadi fase gas (*flash vaporization*) tanpa terfraksinasi dan terdekomposisi (Dean, 1995).

**Gambar 3.** Sistem injeksi kromatografi gas (Gandjar dan Rohman, 2007)

Cuplikan yang dapat dianalisis dengan teknik kromatografi gas dapat berupa zat cair dan gas. Dengan syarat cuplikan tersebut mudah menguap dan stabil (tidak rusak pada kondisi operasional). Di tempat pemasukan cuplikan terdapat pemanas yang suhunya dapat diatur untuk menguapkan cuplikan. Suhu tempat penyuntikan cuplikan biasanya sekitar 50 derajat di atas titik didih cuplikan. Bila cuplikan rusak pada suhu tersebut maka cuplikan tersebut tidak dapat dianalisis dengan teknik kromatografi gas. Untuk kolom analitik memerlukan antara 0,1-10  $\mu$  L cuplikan cair sedangkan kolom preparatif memerlukan antara 20-1000  $\mu$ L (Hendayana, 2010).

Fungsi tempat penginjeksian adalah untuk menyediakan jalan masuk bagi *syringe* dan juga sampel ke dalam aliran gas pembawa dan untuk menyediakan panas yang cukup untuk menguapkan sampel (Dean, 1995).

Menurut Rohman (2009), ada 4 sistem penginjeksian sampel pada kromatografi gas, yaitu:

- a. Injeksi langsung (*direct injection*), yang mana sampel yang diinjeksikan akan diuapkan dalam injektor yang panas dan 100% sampel masuk menuju kolom.
- b. Injeksi terpecah (*split injection*), yang mana sampel yang diinjeksikan diuapkan dalam injektor yang panas dan selanjutnya dilakukan pemecahan.
- c. Injeksi tanpa pemecahan (*splitless injection*), yang mana hampir semua sampel diuapkan dalam injektor yang panas dan dibawa ke dalam kolom karena katup pemecah ditutup.
- d. Injeksi langsung ke kolom (*on column injection*), yang mana ujung septum dimasukkan langsung ke dalam kolom

### 3. Kolom

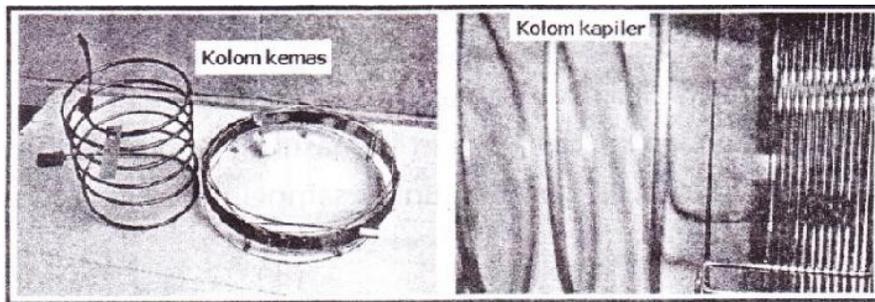
Kolom merupakan tempat sentral pada kromatografi gas. Kolom berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pemisahan karena di dalamnya terdapat fasa diam. Ada 2 jenis kolom pada kromatografi gas yaitu kolom kemas (*packed column*) dan kolom kapiler (*capillary column*) (Gambar 4). Kolom kemas terbuat dari logam atau gelas yang tahan karat memiliki panjang 1-5 meter dan diameter dalam 1-4 mm. Kolom kapiler berbeda dengan jenis kolom kemas, karena pada kolom kapiler memiliki rongga pada bagian dalam kolom yang menyerupai pipa. Fase diam melekat mengelilingi dinding dalam kolom. Kolom kemas adalah kolom tipe pertama dan telah digunakan selama beberapa tahun (Christian, 2004).

#### a. Kolom kemas

Kolom yang biasanya dibuat dari gelas atau kaca yang disilanisasi untuk menghilangkan senyawa silanol polar Si-OH dari permukaannya yang menyebabkan *tailing* pada *puncak* dari analit polar. Internal diameternya 2-5 mm, kolomnya dikemas dengan partikel solid pendukung yang disalut dengan cairan fase diam (Watson, 1999).

#### b. Kolom kapiler

Kolom kapiler terbuat dari lelehan silika yang disalut bagian luarnya dengan poliamida untuk memberikan sifat fleksibel kolom. Internal diameternya 0,15-0,5 mm. Dinding kolom disalut dengan cairan fase diam yang memberi lapisan tipis antara 0,1-5 $\mu$ m (Watson, 1999). Kelebihan dibandingkan dengan kolom kemas yaitu fleksibel, awet/tahan lama, dan memiliki silika kapiler yang bersifat *inert* terhadap bahan kimia (Dean, 1995).



**Gambar 4.** Kolom kemas dan kolom kapiler (Rohman, 2009)

#### **4. Oven**

Oven berfungsi sebagai bagian untuk mengatur temperatur kolom. Pemisahan pada kromatografi gas dapat dilakukan pada suhu tetap yang biasanya disebut dengan pemisahan isothermal dan dapat dilakukan dengan menggunakan suhu yang berubah secara terkendali yang disebut dengan pemisahan suhu terprogram. Suhu terprogram mampu mempercepat waktu analisis karena senyawa dengan titik didih tinggi akan terelusi lebih cepat (Gandjar dan Rohman, 2007).

#### **5. Fase Diam**

Komponen-komponen sampel harus teretensi di fase diam untuk memperoleh resolusi. Retensi yang semakin lama dan selektif akan menghasilkan resolusi yang semakin baik. Selektivitas bisa divariasikan hanya dengan mengubah kepolaran fase diam atau dengan mengubah suhu kolom (Tabel 3) (Dean, 1995).

#### **6. Detektor**

Detektor merupakan suatu sensor elektronik yang berfungsi mengubah sinyal gas pembawa dan komponen-komponen di dalamnya menjadi sinyal elektronik (Gandjar dan Rohman, 2007). Menurut Day dan Underwood (1986), detektor harus

mempunyai karakteristik yaitu sensitivitas tinggi, stabil, waktu respon terhadap senyawa yang cepat, respon yang baik pada semua komponen organik, dan kemudahan penggunaan.