

**STUDI KARAKTERISASI MINYAK BUMI  
BERDASARKAN SIDIKJARI BIOMARKER  
DI INDONESIA BAGIAN BARAT**

**ANGGI YUSRIANI**

**0305030077**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN KIMIA  
DEPOK  
2009**

**STUDI KARAKTERISASI MINYAK BUMI  
BERDASARKAN SIDIKJARI BIOMARKER  
DI INDONESIA BAGIAN BARAT**

**Skripsi diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**Oleh:**

**ANGGI YUSRIANI**

**0305030077**



**DEPOK**

**2009**

SKRIPSI : STUDI KARAKTERISASI MINYAK BUMI BERDASARKAN  
SIDIKJARI BIOMARKER DI INDONESIA BAGIAN BARAT

NAMA : ANGGI YUSRIANI

NPM : 0305030077

SKRIPSI INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI

DEPOK, 17 November 2009

Dr. IMAM B. SOSROWIDJOJO  
PEMBIMBING I

Dr. EMIL BUDIANTO  
PEMBIMBING II

Tanggal lulus Ujian Sidang Sarjana: 7 Januari 2010.....

Penguji I : Prof. Dr. Wahyudi Priyanto .....

Penguji II : Dr. Herry Cahyana.....

Penguji III : Dr. Riwandi Sihombing .....

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas berkat dan rahmat yang berlimpah dari Allah S.W.T. Tak ada kata yang dapat terucap selain kata puji dan syukur atas segala yang telah Dia berikan untuk seluruh hambanya. “ Dia yang memberikan segalanya indah tepat pada waktunya”. Penulis hanya berharap dapat selalu dalam bimbinganNya. Amien.

Skripsi yang berjudul “Studi Karakterisasi Minyak Bumi Berdasarkan Sidikjari Biomarker di Indonesia Bagian Barat” ini, dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Sains di departemen Kimia, Universitas Indonesia. Selesaiannya Skripsi ini tidak terlepas dari banyak pihak yang mendukung. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, mama dan ayah, terima kasih atas segenap kasih sayang, pengertian, dukungan , fasilitas dan segalanya, Semoga adinda bisa menjadi anak yang dapat dibanggakan kalian. Juga untuk kakak satu-satunya yang penulis miliki, terima kasih untuk kasih sayangnya selama ini.
2. Kata terima kasih yang berlimpah dan tak terukir penulis dedikasikan kepada bapak Dr. Imam B.Sosrowidjojo dan Dr. Emil Budianto, selaku pembimbing penelitian. Yang bersedia meluangkan waktu dan pemikiran kepada penulis, serta memberikan segala arahan untuk kemajuan penulis.

3. Dr. Ir. Hadi Purnomo, M.Sc., DIC, selaku Kepala PPPTMGB “LEMIGAS” dan Agus Salim S.H., M.H., selaku Kepala Bidang Afiliasi PPPTMGB “LEMIGAS”.
4. Dr. Ridla Bakri, selaku Ketua Departemen Kimia FMIPA UI dan Dra. Tresye Utami, M.Si., selaku koordinator penelitian, untuk bantuan dan kesempatan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ir. Widyastuti samadi, Dr.Jarnurzi Gunlarzuardi, Prof. Dr. wahyudi Priyono, Dr. Riwandi Sihombing, Drs. Riswiyanto. M. Si, Prof. Soleh Kosela, Prof. Endang Asijati, dan seluruh dosen Kimia FMIPA UI untuk bimbingan dan masukan kepada penulis.
6. Keluarga besar dari ayah dan mama, terima kasih untuk semua pertolongan dan kasih sayangnya kepada penulis.
7. Untuk kedua sahabat terbaik penulis, Zaitun Cahyani dan Fetty Amelia. untuk perhatian, pertolongan dan cinta kasih pada penulis selama ini.
8. ASH untuk waktu yang telah dilewati, semangat serta pengaruhnya yang membuat penulis terdorong untuk lebih maju lagi.
9. Gayatri Megawardhani, sahabat dan rekan seperjuangan penulis sejak SMA, terima untuk semua kasih sayang dan pengertiannya.
10. Kru di Lemigas, F.X. Widiarto, M.Phill, Mbak Maya, Tante Ratna, Om mbul, Om Aryo, Bu Desi, Pak Idjang, mang Ujang, Pak Bambang, Pak Yuwono, Bu Leli, Pak Karma, Bu Ida dan Pak Indra, terima kasih tidak terkira untuk semua yang telah diberikan di Lemigas, penulis bahagia karena merasa seperti memiliki keluarga besar sendiri di Lemigas.

11. Teman sekaligus sahabat penulis di Kimia UI : Samira, Camel, Uci, Melina, Lila, Shabrina, Lumita, Eliyana, Sepit, Hani, Trijan, Agung, Irwan, Khairunnisa, Purnama, Meta, Yusni, Ramdhan, dan seluruh teman-teman angkatan 2005, untuk Sebuah memori yang tak terlupakan
12. Dan teman-teman di Kimia UI 2003-2008 untuk segala kebaikan, perhatian dan pengertiannya kepada penulis.
13. Teman-teman di PPIPTEK : Kak Okta untuk kasih sayang dan perhatiannya, Kak Gorila, Fitri Ayu , Medy, Budi, dan yang lainnya.
14. Teman-teman Karang Taruna, Echo, Diah, Mas Anjar, Bang Awang, Mbak Tuti, Mbak Ulan, terima kasih untuk pertemanannya selama ini.
15. Teman-teman Kru Majalah “Sceincemagz” dan Mediasi BEM FMIPA UI.

Semoga Allah SWT membalas dengan penuh kebaikan atas semua sumbangan pemikiran, waktu dan dukungan yang telah dikeluarkan kepada penulis sampai dengan selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh sebab itu saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan. Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Depok, Desember 2009

Penulis

## ABSTRAK

Diketahuinya karakterisasi minyak bumi dengan baik dapat digunakan untuk mengembangkan serta memaksimalkan pengeskplorasian minyak bumi.

Skripsi ini berjudul studi karakterisasi minyak bumi di Indonesia bagian barat. Judul ini dipilih karena sampai saat ini Indonesia belum memiliki data karakter biomarker dalam minyak bumi. Perconto diambil secara acak dengan metode *grab sampling* karena sifat minyak bumi yang *relative homogeny* dalam setiap cekungan.

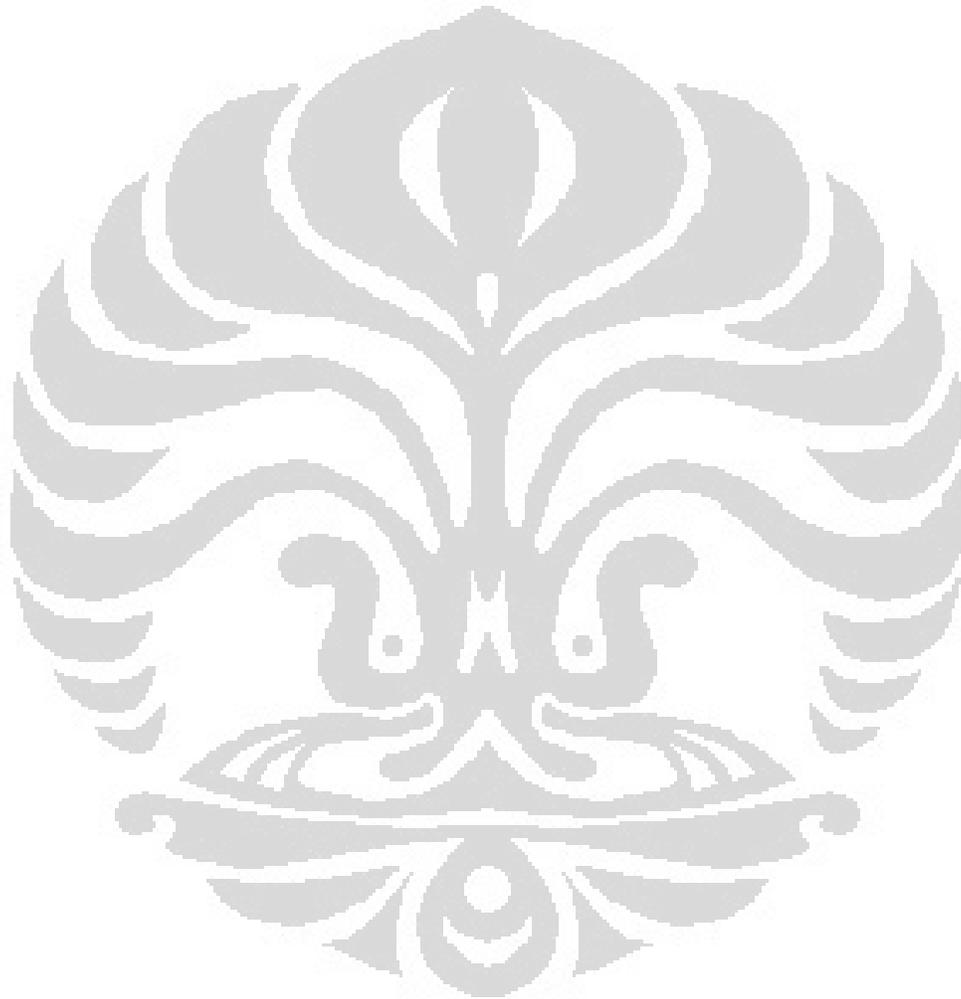
Analisis yang digunakan meliputi, analisis GC dan GC-MS. Pada analisis GC perconto minyak, dianalisis tanpa terlebih dahulu difraksinasi (metoda *whole oil*) sedangkan analisis GC-MS perconto terlebih dahulu difraksinasi dan hanya fraksi linar dan siklo dari saturat yang dianalisis.

Minyak bumi dari Indonesia bagian Barat, diperkirakan berasal dari tiga kelompok besar lingkungan pengendapan antara lain, Danau, Delta dan lingkungan pengendapan lautan berdasarkan dari perbedaan komposisi dan kehadiran biomarker yang beragam. Dari ketiga kelompok besar ini, masih dapat dibagi menjadi beberapa sub-kelompok masing-masing: danau air payau, delta danau untuk lingkungan danau, rawa dan darat untuk lingkungan delta serta laut dangkal untuk lingkungan lautan.

Kata kunci: minyak bumi, biomarker, *botryococcane*, lingkungan pengendapan, cekungan, Indonesia barat.

Xii+ hlm. 94; gbr; lamp.; tab.

Bibliografi : 24 (1961-1998)



## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	5
1.3 Sampel Penelitian.....	6
1.4 Lokasi Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Minyak Bumi .....	7
2.1.1 Asal Muasal Minyak Bumi.....	7
2.1.2 Hidrokarbon .....	9
2.1.3 Kerogen .....	12
2.2 Biomarker .....	14
2.2.1 Normal Alkana (n-Alkana) .....	21
2.2.2 Isoprenoid .....	23
2.2.3 Terpena .....	24

2.2.4	Steran .....	27
2.2.5	Hopana .....	29
2.3	Tipe Material Organik .....	31
2.4	Lingkungan Pengendapan .....	34
2.5	Kematangan Termal .....	35
2.6	Cekungan di Indonesia .....	36
2.7	Atlas Sidikjari .....	39
2.8	Instrumen Gas kromatografi .....	40
2.9	Instrumen Gas kromatografi-Spektroskopi masa .....	44
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Alat dan Bahan .....	48
3.1.1	Alat .....	48
3.1.2	Bahan .....	49
3.2	Instrumentasi .....	49
3.3	Cara Kerja .....	49
3.3.1	Tahapan-tahapan Penelitian .....	49
3.3.2	Persiapan Sampel.....	50
3.3.2.1	Metodologi Pengambilan Sampel .....	50
3.3.2.2	Konsesi Wilayah .....	51
3.3.2.3	Proses Pengambilan Sampel .....	51
3.3.3	Preparasi Sampel untuk Analisis Instrumen .....	52
3.3.3.1	Preparasi Alat dan Bahan yang digunakan .....	52
3.3.3.2	Analisis Gas Kromatografi.....	53

3.3.3.3 Percobaan <i>Death Volume</i> .....	53
3.3.3.4 Percobaan Optimasi Kolom .....	54
3.3.3.5 Analisis GC-MS.....	55
3.4 Bagan kerja .....	39
3.4.1 Bagan Pengambilan Sampel .....	56
3.4.2 Bagan Kerja Analisis GC .....	57
3.4.3 Bagan Preparasi GC-MS .....	58
3.5 Aktivasi Silika Gel .....	60
3.6 Percobaan <i>date Volume</i> .....	61
3.7 Optimasi kolom pemisah .....	61
3.7.1 Cut Off Triterpen .....	63
3.7.2 Cut Off Sterana .....	65
3.7.3 Cut Off Bikadinana .....	67
3.7.4 Cut Off Fraksi Aromat .....	68
3.5 Pengoperasian Instrumen .....	71
3.5.1 Instrumen GC .....	71
3.5.2 Instrumen GC-MS .....	77
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	78
4.1 Hasil Penelitian .....	80
4.1.1 Hasil Analisis Gas Kromatografi .....	80
4.1.2 Hasil Analisis Rasio GC-MS Untuk Lingkungan Pengendapan. ....	81

4.1.3 Hasil Analisis Rasio GC-MS Untuk Kematangan Termal .....	82
4.2 Pembahasan.....	84
4.2.1 Pembahasan Tipe Material Organik .....	84
4.2.2 Pembahasan Lingkungan Pengendapan .....	91
4.2.3 Pembahasan Kematangan Termal .....	101
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	104
5.1 Kesimpulan .....	104
5.2 Saran .....	104
DAFTAR PUSTAKA .....	105
LAMPIRAN .....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Diagram Komponen Hidrokarbon.....	11
2.2	Percontoh kromatogram whole oil .....	20
2.3	Percontoh kromatogram senyawa triterpen .....	20
2.4	Percontoh kromatogram senyawa steran .....	21
2.5	Normal Alkana .....	21
2.6	Struktur Steran .....	27
2.7	Rasio penentuan kematangan menggunakan sterana hopana.	30
2.8	Cekungan di Indonesia .....	39
2.9	Bagan alat Gas Kromatografi .....	44
2.9	Bagan alat Gas Kromatografi Spektroskopi Masa.....	47
3.1	Wilayah persebaran sampel minyak .....	51
3.2	Kurva Cut off Triterpen.....	64
3.3	Kromatogram Triterpen pada tiap vial .....	65
3.4	Kurva Cut off Sterana .....	67
3.5	Kromatogram Sterana pada tiap vial .....	67
3.6	Kurva Cut off Bikadinana .....	68
3.7	Kromatogram Bikadinana pada tiap vial .....	69
3.8	Kromatogram Naftalen pada tiap vial .....	70
3.9	Kromatogram Perpotongan Cut off Keempat Senyawa.....	71
3.10	Pengaturan Kolom pada GC .....	73

3.11	Pengaturan Oven pada GC .....	74
3.12	Pengaturan Detektor pada GC .....	74
3.13	Pengaturan Inlet pada GC .....	75
3.14	Pengaturan Injektor pada GC .....	76
3.15	Pengaturan Percontoh pada GC .....	77
4.1	Cekungan-cekungan di Indonesia .....	79
4.2	Contoh Penandaan Puncak .....	84
4.3	Contoh Kromatogram yang telah terdegradasi mayor .....	85
4.4	Grafik tipe material Organik .....	88
4.5	Diagram segitiga untuk Lingkungan Pengendapan .....	92
4.6	Diagram Bintang untuk lingkungan Pengendapan .....	96
4.7	Diagram Bintang 2 untuk lingkungan Pengendapan .....	99
4.8	Kromatogram untuk lingkungan Pengendapan .....	100

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Kelas penting biomarker dan perintisnya .....	19
2.2	Hubungan rasio pristan/phitan .....	24
3.1	Kandungan Triterpen dalam vial .....	63
3.2	Kandungan Sterena dalam vial .....	66
3.3	Kandungan Bikadinana dalam vial .....	67
3.4	Kandungan Naftalen dalam vial .....	70
3.5	Memasukan Data Injektor.....	75
3.6	Memasukan Data Sample.....	76
4.1	Tabel hasil Analisis GC untuk lingkungan Pengendapan .....	80
4.2	Tabel hasil Analisis GC-MS untuk lingkungan Pengendapan ..	81
4.3	Tabel hasil Analisis GC-MS untuk kematangan Termal .....	82
4.4	Tabel keterangan rasio lingkungan Pengendapan .....	83
4.5	Tabel keterangan rasio untuk kematangan Termal.....	83

## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Halaman
Lampiran 1 Kromatogram cekungan Sumatera Utara .....	108
Lampiran 2 Kromatogram cekungan Sumatera Tengah.....	109
Lampiran 3 Kromatogram cekungan Sumatera Selatan.....	110
Lampiran 4 Kromatogram cekungan Sunda.....	111
Lampiran 5 Kromatogram cekungan Natuna Barat .....	112
Lampiran 6 Kromatogram cekungan Jawa barat Utara .....	113
Lampiran 7 Kromatogram cekungan Jawa Timur Utara .....	114
Lampiran 8 Kromatogram cekungan tarakan .....	115
Lampiran 9 Kromatogram cekungan Kutei .....	116
Lampiran 10 Tabel Rangkuman Lingkungan Pengendapan .....	117
Lampiran 11 Gambaran menyeluruh Lingkungan Pengendapan .....	118

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seiring dengan makin berkembangnya eksplorasi dalam bidang minyak bumi dan tuntutan jaman yang semakin maju maka kebutuhan akan minyak bumi terus meningkat. Oleh sebab itu dibutuhkan adanya materi–materi penunjang yang dapat memaksimalkan pengeksplorasian minyak bumi pada daerah yang produktif dan membuat database karakterisasi minyak bumi yang sampai saat ini belum dimiliki oleh pemerintah Indonesia serta sebagai bahan rujukan dikala terjadi pencemaran lingkungan.

Penelitian ini difokuskan pada karakterisasi minyak bumi di Indonesia bagian barat, karena sangat tingginya potensi dan aktivitas eksplorasi di belahan Indonesia barat ini yang meliputi Pulau Sumatera, Jawa dan Kalimantan dengan jumlah cekungan batuan sumber yang cukup banyak. Walaupun minyak mempunyai sifat yang relatif homogen, namun disamping itu, terjadi juga proses sekunder seperti biodegradasi, *water washing*, *gas washing* dan proses migrasi, serta perubahan yang diakibatkan oleh keadaan geologi suatu cekungan yang mengandung minyak sehingga

dimungkinkan terjadi perbedaan dari komposisi minyak walaupun berasal dari batuan sumber yang sama. Untuk itu, diperlukan biomarker sebagai penanda yang dapat mengkarakterisasikan suatu minyak bumi.

Biomarker merupakan “penunjuk” di dalam mengidentifikasi dan mengkarakterisasikan minyak bumi karena sifat biomarker yang cenderung resisten terhadap perubahan yang terjadi jika dibandingkan dengan senyawa-senyawa lain yang terkandung di dalam minyak bumi. Biomarker menunjukkan sedikit atau bahkan tidak ada perubahan dari struktur asal sehingga dapat menyediakan lebih banyak informasi mengenai lingkungan pengendapan serta proses kematangan termal yang terjadi pada minyak bumi yang berasal dari suatu cekungan. Untuk melakukan pengkarakterisasian percontonya minyak dalam skripsi ini digunakan Sidikjari biomarker seperti yang telah digunakan oleh para ahli geokimia-petroleum dalam banyak hal, antara lain: (a) Korelasi minyak dengan minyak dan minyak dengan batuan induk, (b) Jenis penyusun material organik yang ada di dalam batuan induk (seperti bakteri, alga, alga laut, mikroorganisme dan tumbuhan tingkat tinggi, karena tiap jenis organisme mengandung biomarker yang berbeda), (c) Tingkat kematangan termal minyak (*mature*, *immature*, *postmature*), (d) Derajat biodegradasi di dalam *reservoir*

berdasarkan hilangnya alkana normal, isoprenoid, terpana dan sterana selama proses sekunder.

Dalam analisis dengan menggunakan instrumen gas kromatografi, didapatkan sidikjari n-alkana. Dari kromatogram dengan metoda *whole oil* ini, didapatkan penggambaran distribusi n-alkana dan isoprenoid asiklik seperti pristana (Pr) dan fitana (Ph), sehingga didapatkan beberapa rasio. Pemplotan rasio  $Pr/nC_{17}$  dan  $Ph/nC_{18}$  kedalam grafik yang dapat menjelaskan mengenai tipe material organik berdasarkan pembagian kerogen I-IV menurut van krevelen. CPI (Carbon preference Index) yang membandingkan karbon dengan nomor ganjil dan nomor genap menggambarkan kematangan termal. Nilai CPI untuk kontribusi tanaman tingkat tinggi yang kurang matang (*immature*)  $>>1.0$ , tetapi mendekati 1 seiring dengan kenaikan kematangan termal. Nilai dari CPI  $>>1$  juga dapat menandakan batuan sumber berumur muda. Rasio Pr/Ph pada jangkauan 1-3 menandakan jenis minyak kurang berat dan cenderung berasal dari batuan sumber lautan. Sedangkan nilai  $> 3$  menandakan jenis minyak berat dan berasal dari batuan sumber bukan lautan (Powell & Mac Kyrdy, 1973).

Selain rasio dengan metode *whole oil*, digunakan juga instrumen MS pada gas kromatografi untuk mendapatkan sidikjari biomarker pada ion spesifik yang dalam penelitian ini digunakan M/Z 191(Triterpena), M/Z 217(Sterana) dan M/Z 369(Bikadinana).

Untuk penentuan lingkungan pengendapan, digunakan rasio-rasio:

$C_{24} TE / C_{26}$  Trisiklik,  $C_{25} / C_{26}$  Trisiklik, Trisiklik/ Hopana,  $C_{29} / C_{30}$  Hopana, Oleanana/ $C_{30}$  Hopana,  $C_{35}$  Homohopana, Sterana/Hopana, Bikadinana W/ $C_{30}$  Hopana, Bikadinana T/ $C_{30}$  Hopana, Diasterana/Sterana,  $C_{27}$ - $C_{28}$ - $C_{29}$  sterana.

Untuk kematangan termal, digunakan rasio-rasio: Trisiklik/ Hopana,  $Ts / (Ts + Tm)$ ,  $C_{29Ts} / (C_{29Ts} + C_{29Norhopan})$ , Oleanana/ $C_{30}$  Hopana,  $22S / (22S + 22R)$ , BMI ( $T / T' + R$ ), Diasterana/Sterana,  $20S / (20S + 20R)$   $C_{29, \alpha\beta\beta} / (\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta)$   $C_{29}$ . Sehingga dari rasio-rasio ini dapat dilihat perbedaan tingkat kematangan dari setiap perconton.

## 1.2. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui studi karakterisasi dari minyak bumi di bagian Indonesia Barat
2. Pengembangan selanjutnya adalah untuk keperluan pengembangan atlas karakter minyak bumi yang ada di seluruh Indonesia.
3. Rujukan untuk kegiatan eksplorasi hidrokarbon petroleum
4. Rujukan pada masalah pencemaran lingkungan

### 1.3. Sampel Penelitian

Sampel diambil dari beberapa sumur secara *grab sampling* dengan jumlah produksi yang besar serta yang dianggap mewakili *reservoir*, struktur, zona, dan keadaan daerah yang terdapat di Indonesia bagian barat.

### 1.4. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Geokimia Kelompok sistem Hidrokarbon PPPTMGB “LEMIGAS” yang beralamat di Jalan Ciledug Raya Kav. 109 Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Minyak Bumi

Sumber energi yang banyak digunakan untuk memasak, kendaraan bermotor dan bahan dasar industri, sebagian besar berasal dari minyak bumi. Merupakan suatu campuran kompleks yang sebagian besar terdiri atas hidrokarbon. Yang terkandung di dalam minyak bumi terutama alkana, senyawa cabang kemudian sikloalkana. Komponen lainnya adalah hidrokarbon aromatik dan berbagai senyawa karbon yang mengandung oksigen, nitrogen, dan belerang. Komposisi minyak bumi sangat bervariasi dari cekungan ke cekungan lainnya dan dari suatu daerah ke daerah lain.

##### 2.1.1. Asal Muasal Minyak Bumi

Minyak bumi berasal dari pelapukan sisa-sisa organisme sehingga disebut bahan bakar fosil. Minyak bumi berasal dari jasad renik lautan, tumbuhan dan hewan. Sisa-sisa organisme itu mengendap kemudian ditutupi oleh

lumpur. Lapisan lumpur tersebut lambat laun berubah menjadi batuan karena pengaruh suhu dan tekanan lapisan di atasnya. Sementara itu, dengan meningkatnya tekanan dan suhu, bakteri anaerob menguraikan sisa-sisa jasad renik itu dan mengubahnya menjadi minyak dan gas. Proses pembentukan minyak dan gas ini memakan waktu jutaan tahun. Minyak dan gas yang terbentuk meresap dalam batuan yang berpori bagaikan air dalam batu karang. Minyak dan gas dapat pula bermigrasi dari suatu daerah ke daerah lain, kemudian terkonsentrasi jika terhalang oleh lapisan yang kedap

Minyak bumi biasanya berada 3 sampai dengan 4 km di bawah permukaan. Minyak bumi diperoleh dengan membuat sumur bor. Di Indonesia penambangan minyak terdapat di berbagai tempat, baik di Indonesia bagian barat seperti Aceh, Medan, dan Kalimantan Timur maupun di bagian Indonesia timur seperti Irian Jaya. Minyak mentah (*crude oil*) berbentuk cairan kental hitam dan berbau menyengat. Minyak mentah belum dapat digunakan sebagai bahan bakar maupun untuk keperluan lainnya, tetapi harus diolah terlebih dahulu.

### 2.1.2. Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan senyawa yang kompleks terdiri dari ikatan atom Hidrogen (H) dan Karbon (C) dengan beberapa variasi yang terbentuk secara alamiah dari ekstraksi material organik (kerogen) yang terpengaruh oleh suhu dan tekanan.

Minyak mentah (*crude oil*) pada umumnya tersusun oleh senyawa hidrokarbon yang lebih kompleks daripada gas, sedangkan berdasarkan atas kandungan bahan dasarnya, minyak mentah dibagi menjadi 3 golongan yaitu:

#### 1) Minyak Mentah Asphaltik

Merupakan minyak mentah yang mengandung sejumlah kecil '*Parafinik Wack*' dan sisanya berupa aspal. Pada umumnya persentase kandungan Nitrogen, Oksigen, dan Belerangnya (Sulfur) cukup tinggi yang berakibat menimbulkan bau yang tidak enak (*sour oil*). Setelah diproses di penyulingan, minyak jenis ini akan menghasilkan bensin dengan kualitas tinggi.

## 2) Minyak Mentah Parafinik

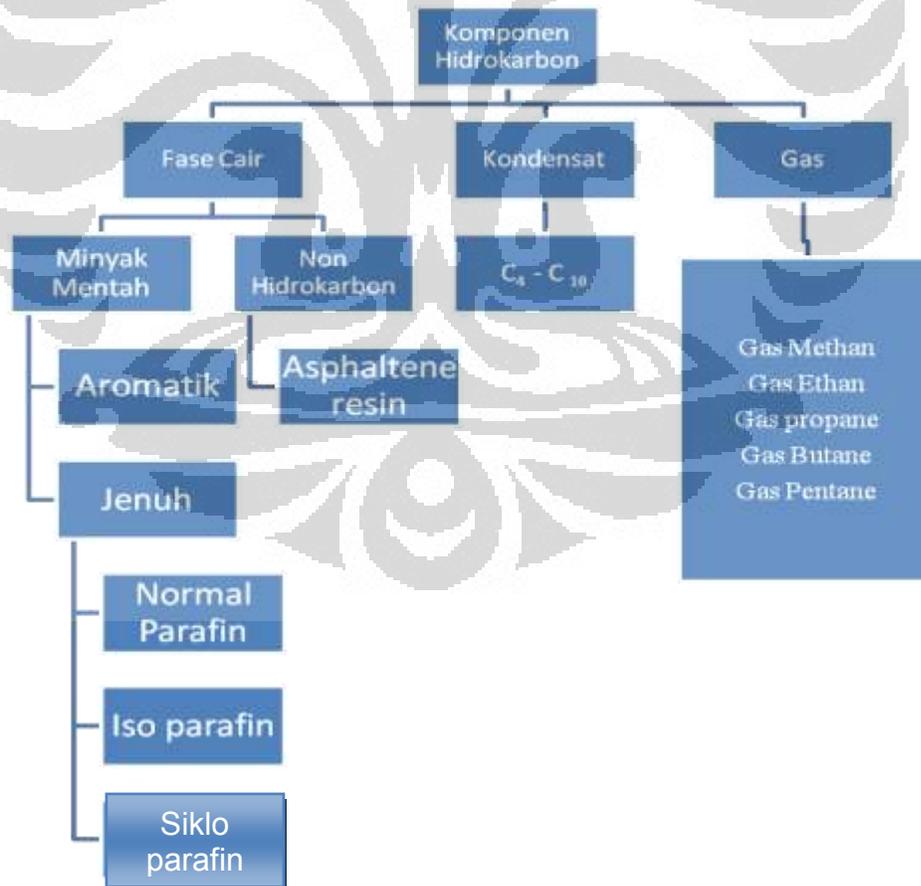
Merupakan minyak mentah yang mengandung sejumlah kecil (atau tidak sama sekali) material asphaltik. Minyak mentah jenis ini biasanya mempunyai bau yang enak/sedap (*sweet oil*) dengan kualitas tinggi karena kandungan Nitrogen–Oksigen dan Belerangnya sangat kecil. Pada umumnya minyak jenis ini terbentuk dengan kematangan tinggi (*highly matured oil*) dengan derajat API lebih dari 40. Hasil penyulingan dari minyak jenis parafinik ini antara lain, minyak pelumas dan minyak tanah kualitas prima.

## 3) Minyak Mentah Campuran dari Asphaltik dan Parafinik

Mempunyai sifat yang merupakan campuran dari kedua jenis penyusunnya. Pada senyawa hidrokarbon dengan kandungan atom karbon antara 6-10 merupakan peralihan antara cair dan gas. Pada kondisi tekanan dan suhu tinggi di dalam batuan pengumpul di dalam bumi maka fase dari minyak mentah jenis ini akan berupa gas. Namun apabila mengalir ke permukaan yang memiliki suhu dan tekanan rendah, fasenya akan berubah menjadi cair. Senyawa

hidrokarbon jenis ini disebut kondensat, yang merupakan variasi paling tinggi dari minyak mentah jenuh (saturated oil). Kondensat ini di permukaan akan berwarna jernih serta mudah sekali menguap. Kondensat mempunyai berat jenis lebih dari 50<sup>0</sup> API dan terkadang dapat langsung dipergunakan untuk menjalankan motor dan dipasaran tidak mempunyai harga patokan seperti minyak mentah. Walaupun begitu harga kondensat ini selalu lebih tinggi dari harga minyak mentah terbaik sekalipun.

Sedangkan senyawa hidrokarbon yang memiliki atom karbon 5 atau lebih kecil akan berada dalam fase gas.



**Gambar 2.1.** Diagram Komponen Hidrokarbon

### 2.1.3. Kerogen

Melalui berbagai penyelidikan akhirnya disepakati bahwa hidrokarbon berasal dari zat organik peninggalan bermacam hewan dan tumbuhan pada masa lampau. Sisa-sisa zat organik yang lolos dari proses oksidasi, perusakan 'pelahapan', dan metode penghancuran lainnya tersebut mengendap bersama batuan sedimen dan terawetkan selama jutaan tahun. Akibat suhu dan tekanan yang tinggi maka terjadi proses pirolisis alam dimana material organik tersebut berubah jadi minyak dan gas bumi. Material organik yang terkandung di batuan yang nantinya dapat menghasilkan hidrokarbon tersebut disebut KEROGEN.

Sisa-sisa organisme tersebut berasal dari daratan, daerah transisi/delta ataupun daerah lepas pantai/laut/lautan. Sebelum mengendap pada lingkungan pengendapannya biasanya melalui proses transportasi yang lama dan panjang ataupun langsung mengendap.

Oleh karena sisa-sisa organisme gampang terurai, teroksidasi, ataupun dilahap hewan lainnya, maka kebanyakan kerogen terdapat pada batuan berbutir sangat halus, seperti lempung dan lanau. Sifat batuan lempung yang 'impervious' (tidak tembus udara dan air) membuat kerogen aman tersimpan.

Lain halnya apabila kerogen tersimpan di dalam lapisan batu pasir atau batuan 'permeable' lainnya. Aliran fluida yang mengandung oksigen yang melewati lubang pori batu pasir tersebut akan mengoksidasi kerogen dengan cepat sebelum terkubur lebih dalam lagi. Oleh karena hampir tidak pernah dijumpai kerogen dalam batu pasir dan batuan 'permeable' lainnya.

Faktor utama dalam pembentukan hidrokarbon (minyak-gas bumi) dalam konteks petroleum sistem adalah:

**Ada bebatuan sumber** (*Source Rock*) yang secara geologis memungkinkan terjadinya pembentukan minyak dan gas bumi.

**Ada perpindahan** (migrasi) hidrokarbon dari bebatuan asal menuju ke "batuan pengumpul" (*reservoir*), umumnya *sandstone* atau *limestone* yang berpori-pori dan ukurannya cukup untuk menampung hidrokarbon tersebut.

**Ada jebakan geologis.** Struktur geologis kulit bumi yang tidak teratur bentuknya, akibat pergerakan dari bumi sendiri (misalnya gempa bumi dan erupsi gunung api) dan porositas yang tinggi. *Suhu bawah tanah*, yang semakin dalam semakin tinggi, juga merupakan faktor penting lainnya dalam pembentukan hidrokarbon. Hidrokarbon kebanyakan ditemukan pada suhu moderat (dari 107° C ke 177° C).

**Erosi oleh air dan angin secara terus-menerus**, dapat menciptakan suatu jebakan hidrokarbon. Kalau jebakan ini dilingkupi oleh lapisan yang impermeable, maka hidrokarbon tadi akan diam di

tempat dan tidak bisa bergerak kemana-mana lagi atau merembes keluar. Lapisan impermeable tersebut biasa disebut sebagai *batuan penutup (Seals/Caps Rock)*.

## 2.2. Biomarker

*Biological markers* (Biomarkers) adalah “molecular fosil” yang kompleks, merupakan turunan dari suatu organisme hidup. Karena biomarker dapat diukur baik pada minyak maupun bitumen batuan sumber, biomarker dapat dijadikan metode untuk menghubungkan dua korelasi tersebut dan dapat digunakan untuk menginterpretasikan karakterisasi dari batuan sumber petroleum ketika minyak tersedia. Biomarker juga berguna karena dapat memberikan informasi tentang kandungan organik pada batuan sumber, kondisi lingkungan selama proses pembentukan dan diagenesis, proses kematangan termal dengan batuan atau minyak (katagenesis), derajat biodegradasi, beberapa aspek mineral batuan sumber (lithologi) dan umur batuan.

Distribusi, kuantitas dan kualitas dari material organik adalah faktor yang membantu menentukan potensi hidrokarbon pada batuan sumber petroleum. Pemeliharaan yang optimal dari material organik selama dan sesudah terjadinya sedimentasi pada keadaan lingkungan *anoxic* (kurangnya oksigen), biasanya unggul dalam

kelimpahan dan kecenderungan minyak sebagai batuan sumber. Biomarker pada minyak mengandung informasi litologi pada batuan sumber.

**Tabel 2.1.** Kelas penting biomarker dan sumber (Waples & Machihara, 1985)

<b>Biomarker</b>	<b>Sumber</b>
Normal-Alkana ( $> C_{22}$ )	Lilin tumbuhan darat
Normal-Alkana ( $< C_{22}$ )	Lipid Alga
Isoprenoid ( $< C_{20}$ )	Berbagai macam klorofil
Isoprenoid ( $> C_{20}$ )	Lipid atau klorofil dari alga hipersalin
Triterpana	Triterpenoid bakteri
Steranan	Steroid

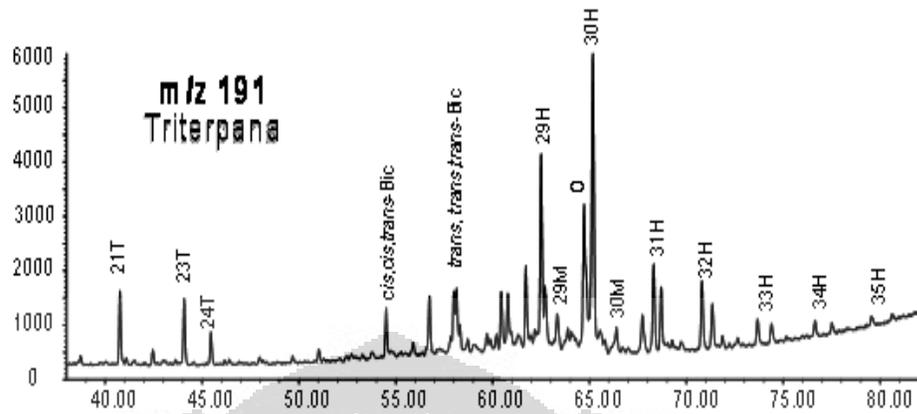
Perbedaan komposisi biomarker merupakan salah satu parameter yang sangat bagus untuk melakukan korelasi minyak bumi terhadap batuan sumbernya. Dan analisis komponen biomarker ini, bisa dilakukan dengan baik, bila fraksi-fraksi yang menjadi komponen dasar yang jumlahnya mendominasi komposisi minyak bumi tersebut terpisahkan dengan baik.

Prinsip utama dalam metode geokimia biomarker adalah memisahkan fraksi hidrokarbon jenuh dan hidrokarbon aromatik.

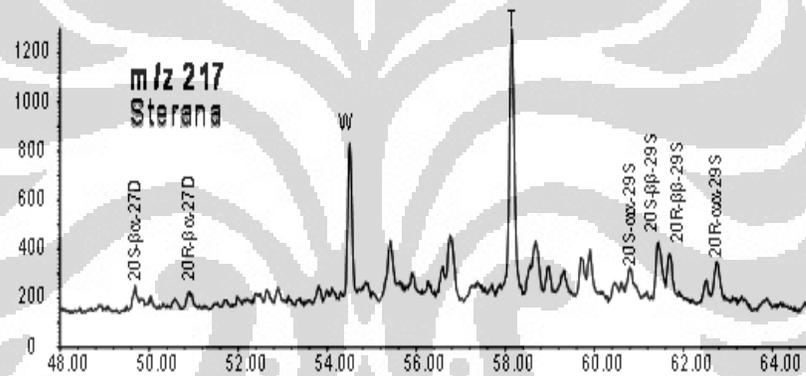
Pemisahan masing-masing fraksi digunakan untuk analisis dengan kromatografi gas–spektrometer massa. Sedangkan untuk gas kromatografi, percontonya minyak yang digunakan tidak perlu difraksinasi terlebih dahulu. Hasil analisis dari kedua metode tersebut direkam oleh suatu detektor berupa kromatogram.

Parameter geokimia biomarker atau non biomarker sangat baik digunakan secara bersamaan untuk menghasilkan interpretasi geologi yang sangat dapat dipercaya untuk membantu memecahkan masalah eksplorasi. Sebelum menggunakan biomarker, minyak dan percontonya batuan secara khas disaring menggunakan analisis nonbiomarker. Kekuatan dari parameter biomarker adalah pada lebih detailnya informasi yang dimiliki untuk keperluan menjawab pertanyaan eksplorasi pada sumber, lingkungan pengendapan, kematangan termal, dan biodegradasi minyak dibandingkan dengan menggunakan analisis nonbiomarker saja.

Distribusi komponen penyusun alkana normal diperoleh dari analisis Kromatografi gas sedangkan isoprenoid yang berupa triterpena (Gambar 2.2) , sterana ( Gambar 2.3 ) , bikadinana dan senyawa aromatik didapatkan dari analisis gas kromatografi–spektroskopi massa. Identifikasi dilihat dari puncak-puncak kromatogram yang ditandai dengan simbol-simbol sebagai penanda.



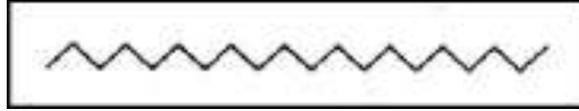
Gambar 2.2. Perconto kromatogram senyawa triterpana



Gambar 2.3. Perconto kromatogram senyawa sterana

### Normal-Alkana

Penanda yang paling sederhana yang sering digunakan untuk menentukan asal material organik yang dikandung batuan induk atau minyak bumi adalah alkana normal. Senyawa ini sudah dipergunakan sejak lama untuk menentukan material asal, kematangan, biodegradasi, lingkungan pengendapan, dan efek migrasi.



**Gambar 2.4.** Normal alkana

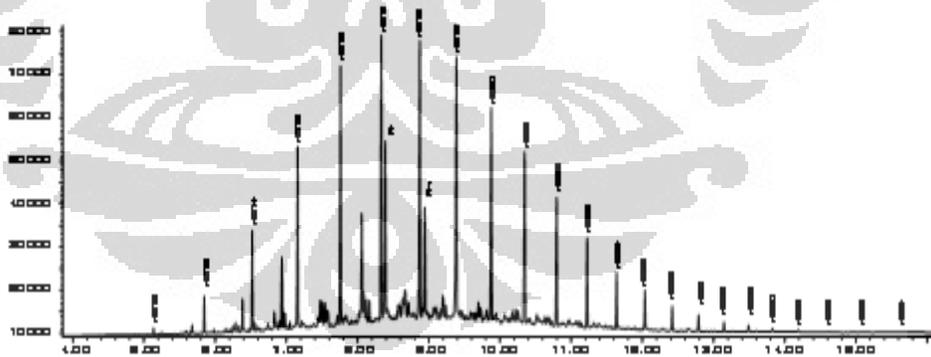
Parameter normal-alkana yang dapat dijadikan acuan dalam penentuan asal material organik adalah maksimum distribusi dominasi karbon atom ganjil/genap dan nilai CPI. Carbon preference index (CPI) adalah rasio karbon atom ganjil terhadap karbon atom genap. Maksimum distribusi dan dominasi karbon atom ganjil/ genap dapat diamati langsung dari kromatogram GC, sedangkan nilai CPI dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut (Rumus Bray & Evans, 1961):

$$\frac{1}{2} \left[ \frac{(C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33})}{(C_{24} + C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32})} + \frac{(C_{25} + C_{27} + C_{29} + C_{31} + C_{33})}{(C_{26} + C_{28} + C_{30} + C_{32} + C_{34})} \right]$$

Sebagian besar alkana normal yang ada pada tumbuhan tingkat tinggi memiliki nomor ganjil dari atom karbon, terutama atom karbon 23, 25, 27, 29, dan 31.

Material lilin (waxes) yang sering didapatkan pada tanaman tinggi muncul pada kromatogram GC sebagai alkana rantai panjang pada daerah  $C_{25}$ - $C_{35}$  dengan memperlihatkan adanya predominasi karbon ganjil relatif terhadap karbon genap. Oleh karena itu suatu

perconto minyak bumi yang memiliki distribusi`alkana dengan predominasi karbon ganjil terhadap karbon genap pada daerah diatas  $C_{20}$  tinggi menunjukkan karakteristik kuat adanya masukan atau kontribusi dari tanaman tinggi ke dalam perconto tersebut. Demikian pula kontribusi alga yang dominan ke dalam suatu perconto minyak akan dicerminkan dengan kenampakan adanya predominasi pada daerah  $C_{16}$ - $C_{18}$  di dalam kromatogram. Jika terjadi suatu pengerjaan ulang material organik dalam batuan akan terbentuk suatu gejala distribusi alkana yang mempunyai maksimum di tengah (antara  $C_{20}$ - $C_{22}$ ), sedangkan predominasi pada  $C_{22}$  berhubungan dengan lingkungan pengendapan hipersalin, meskipun harus diperhatikan bahwa  $C_{22}$  dapat berupa kontaminan.



**Gambar 2.5.** Perconto kromatogram *whole oil*

Gejala lain, misalnya predominasi ganjil/genap dapat menunjukkan kematangan yang rendah, dan gejala predominasi genap/ganjil berkaitan dengan lingkungan yang sangat reduksi. Dengan meningkatnya kematangan maka dominasi atom karbon ganjil menurun sampai memiliki jumlah yang sama antara atom karbon ganjil dan atom karbon genap.

### **Isoprenoid Asiklik**

Isoprenoid umum yang terdapat di daerah  $C_{12}$ - $C_{30}$  dalam kromatogram sudah seringkali dipergunakan untuk korelasi dan juga sebagai informasi tentang asal material organik serta lingkungan pengendapan. Pristana dan fitana merupakan isoprenoid yang paling sering dipergunakan dalam penentuan tersebut. Klorofil merupakan sumber dari sebagian besar Pristana(Pr) dan fitana(Ph). Keduanya terbentuk dari rantai samping fitil dari klorofil-a (Didyk, 1978).

Isoprenoid  $C_{16}$  sampai dengan  $C_{18}$  kemungkinan berasal dari klorofil a. Isoprenoid yang memiliki atom karbon 15 atau kurang dapat berasal dari isoprenoid  $C_{15}$  yang menggantikan  $C_{20}$  sebagai rantai sisi. Menurut Philp (1985) rasio Pristana terhadap fitana dapat digunakan sebagai indikator tingkat oksidasi dalam suatu lingkungan pengendapan.

**Tabel 2.2** Hubungan antara rasio Pr/Ph Terhadap Lingkungan Pengendapan  
(Philp, 1985)

Pristana/Fitana	Lingkungan Pengendapan
> 1	Oksidasi
< 1	Reduksi

Menurut (ten Haven & Schiefelbein, 1995) bahwa rasio ini menunjukkan kondisi lingkungan yang *Hypersaline*. Selanjutnya terbukti bahwa seharusnya tidak hanya rasio ini saja yang digunakan sebagai indikator tingkat oksidasi selama pengendapan, tetapi harus digabungkan dengan bukti lain.

Penentuan rasio biomarker didasarkan pada hasil analisis GCMS (gas kromatografi-spektroskopi massa). Senyawa biomarker yang diperlukan dalam identifikasi minyak tidak terdeteksi bila hanya menggunakan GC, karena resolusi dari sejumlah hidrokarbon penting secara proporsional tidak mungkin (Milner, 1977). Hal ini dimungkinkan karena terjadinya beberapa peristiwa, antara lain: *water washing*, *gas washing* dan biodegradasi.

### **Water Washing**

Ketika air meteorit berpenetrasi lebih dalam kedalam suatu cekungan, akumulasi dari sejumlah petroleum yang bersentuhan

dengannya akan terurai. Pergerakan air dalam suatu lapangan minyak dapat melarutkan hidrokarbon yang paling mudah larut, seperti metana, etana dan benzena.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Lafargue & Thiez (1996), dibuktikan bahwa n-alkana hilang lebih cepat daripada siklo-alkana, meskipun secara individu kelarutannya lebih kecil, hal ini menunjukkan kemungkinan adanya efek percampuran (*cosolvent*)

### **Gas Washing**

Suatu skenario pergerakan dan percampuran fluida dibawah permukaan terjadi, ketika fluida *mobile* mendekati dan bercampur dengan fluida yang relatif *immobile* (mungkin terjerap disuatu batuan pengumpul), menyebabkan campuran kedua terfraksinasi kedalam fasa cair dan fasa uap. Bila fluida *mobile* adalah suatu gas yang secara periodik berinteraksi dengan cairan *immobile* (minyak) proses inilah yang disebut *gas washing*.

Pertambahan derajat fraksinasi sebagai akibat bertambahnya jumlah gas yang bercampur dengan minyak akan mengakibatkan hilangnya komponen minyak yang mudah larut. Efek terjadinya proses gas washing ditandai oleh adanya migrasi fluida berberat molekul rendah atau sebagian besar gas (Meulbroek, 1998) .

## Biodegradasi

Mikroba didalam petroleum dapat juga mengkonsumsi molekul hidrokarbon yang kecil, mengubah komposisi minyak ringan menjadi seolah minyak berat dengan nilai API *gravity* yang rendah. Sedimen, tanah, batuan sedimen, mengandung bermacam-macam mikroorganisme yang dapat memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber energi tunggal bagi proses metabolismenya, sehingga terjadilah proses dekomposisi oleh mikroba. Tingkat kemudahan oksidasi hidrokarbon oleh mikroba tersebut tergantung dari beberapa faktor. Tetapi umumnya molekul kecil sampai C<sub>20</sub> dikonsumsi dahulu sebelum yang besar. Dalam kisaran berat molekul yang sama, yang dikonsumsi terlebih dahulu adalah n-Parafin, diikuti dengan iso-parafin bercabang, naftana, aromatik dan aromatik polisiklik.

Tingkat biodegradasi dapat disusun dari 1-10 seperti tercantum pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Menunjukkan tingkat perubahan komposisi molekular minyak dengan penambahan tingkat biodegradasi (Hunt, 1996)

Tingkat	Perubahan Komposisi	Tingkat biodegradasi
1	n-alkana C <sub>1</sub> sampai C <sub>15</sub> berkurang	Minor
2	Lebih dari 90% C <sub>1</sub> sampai C <sub>15</sub> berkurang	Ringan
3	Iso alkana, termasuk isoprenoid berkurang, Alkil sikloheksana dan alkilbenzena hilang	Moderat
4	C <sub>14</sub> -C <sub>16</sub> alkana bisiklik hilang	Moderat
5	Mungkin terbentuk 25-Norhopana, sterana dimakan, dengan molekul kecil terlebih dahulu	Ekstensif
6	Sterana hilang, Diasterana tidak terpenagaruh	Berat
7	Hopana berkurang	Berat
8	Hopana hilang, Diasterana dimakan. Oleananaa, trisiklik terpenaa dan aromatik steroid masih tahan	Sangat berat
9	Hopana hilang, Diasterana berkurang. Oleananaa, trisiklik terpenaa, dan aromatik steroid masih tahan	Hebat
10	Diasterana dan trisiklik terpenaa hancur, aromatik steroid dimakan, Forfirin vanadium masih ada.	Ekstrim

### 2.3 Parameter Tipe material Organik

Pada penentuan rasio untuk mencari tipe material organik, digunakan rasio dari n-alkana, dan rasio Pr/Ph. Dari rasio-rasio tersebut di plotkan kedalam diagram. Selanjutnya penginterpretasian diagram tipe material organik tersebut didasarkan pada teori van Krevelen (1961) yang membagi kerogen menjadi 4 golongan berdasarkan rasio kandungan hidrogen/karbon dan rasio oksigen/karbonnya, yaitu :

a. Kerogen Tipe I, memiliki perbandingan atom H/C tinggi ( $\geq 1,5$ ) dan O/C rendah ( $\leq 0,1$ ). Tipe kerogen ini sebagian berasal dari bahan organik yang kaya akan lipid misalnya akumulasi dari material alga.

Kandungan hidrogen yang dimiliki oleh Tipe I sangat tinggi, karena memiliki sedikit struktur aromatik. Kandungan oksigennya jauh lebih rendah karena terbentuk dari material lemak yang miskin oksigen.

Kerogen tipe ini menunjukkan kecenderungan besar untuk menghasilkan hidrokarbon cair atau minyak. Kerogen Tipe I berwarna gelap, suram, berstruktur laminasi atau tidak berstruktur. Kerogen ini biasanya terbentuk oleh butiran yang relatif halus, kaya material organik, lumpur anoksik yang terendapkan dengan perlahan-lahan (tenang), sedikit oksigen, dan terbentuk pada lingkungan air yang dangkal seperti danau dan *lagoon*.

b. Kerogen Tipe II, memiliki perbandingan atom H/C relatif tinggi (1,2 – 1,5) dan atom O/C relatif rendah (0,1 – 0,2). Kerogen tipe ini dapat menghasilkan minyak dan gas, tergantung pada tingkat kematangan termalnya. Kerogen Tipe II dapat terbentuk dari beberapa sumber yang berbeda yaitu alga laut, polen, spora, lapisan lilin tanaman, fosil resin, dan lemak tanaman. Hal ini terjadi akibat adanya pencampuran antara material organik autochton berupa phytoplankton (dan kemungkinan juga zooplankton dan bakteri) bersama-sama dengan material allochton yang didominasi oleh material dari tumbuhan-tumbuhan seperti polen dan spora. Pencampuran ini menunjukkan adanya gabungan karakteristik antara kerogen Tipe I dan Tipe III. Kandungan hidrogen yang dimiliki kerogen Tipe II sangat tinggi, sedangkan kandungan oksigennya jauh lebih rendah karena kerogen tipe ini terbentuk dari material lemak yang miskin oksigen. Pada kerogen tipe ini juga sering ditemukan unsur belerang dalam jumlah yang besar, sehingga kerogen Tipe II yang banyak mengandung belerang secara lebih lanjut dikelompokkan lagi menjadi kerogen Tipe II-S dengan persen berat S organik 8 – 14 % dan rasio S/C > 0,04 (Petters & Moldowan, 1993).

c. Kerogen Tipe III, memiliki perbandingan atom H/C yang rendah (< 1,0) dan perbandingan O/C yang tinggi (> 0,3). Kandungan hidrogen yang dimiliki relatif rendah karena terdiri dari sistem aromatik yang intensif, sedangkan kandungan oksigennya tinggi karena terbentuk dari lignin,

selulosa, fenol, dan karbohidrat. Kerogen Tipe III terutama berasal dari tumbuhan darat yang hanya sedikit mengandung lemak dan zat lilin.

Kerogen tipe ini menunjukkan kecenderungan besar untuk membentuk gas (*gas prone*).

- d. Kerogen Tipe IV, terutama tersusun atas material rombakan berwarna hitam dan opak. Sebagian besar kerogen Tipe IV tersusun atas kelompok maseral inertinit dengan sedikit vitrinit. Kerogen tipe ini tidak memiliki kecenderungan menghasilkan hidrokarbon sehingga terkadang kerogen tipe ini dianggap bukan kerogen yang sebenarnya. Kerogen ini kemungkinan terbentuk dari material tumbuhan yang telah teroksidasi seluruhnya di permukaan dan kemudian terbawa ke lingkungan pengendapannya.

#### 2.4 Parameter Lingkungan Pengendapan

Lingkungan pengendapan yang berbeda dikarakterisasikan dengan kelompok yang berbeda berdasarkan organisme penyusun dan biomarker. Kelas yang umum dikenali dari organisme meliputi bakteri, alga, alga laut, dan tumbuhan tingkat tinggi. Sebagai contoh, beberapa batuan dan minyak yang berhubungan mengandung *Botryococcus braunii* (Petters & Moldowan, 1993). *Botryococcus* adalah organisme yang hanya tumbuh pada lingkungan danau. Lautan,

daratan, delta dan lingkungan dengan kadar garam yang tinggi juga menunjukan perbedaan karakteristik dalam komposisi biomarker.

Senyawa triterpena dan sterana sebagai hidrokarbon polosiklis jenuh terdapat dalam minyak bumi, kedua senyawa ini dapat digunakan untuk mengkaitkan perconto minyak dengan asal batuan sumbernya. Semua senyawa hidrokarbon pentasiklik alam  $C_{30}$  jenuh dapat dihubungkan dengan triterpenoid alam.

Rasio  $C_{25}/C_{26}$  digunakan untuk membedakan kondisi lingkungan pengendapan lautan dan non-lautan.  $C_{25}/C_{26} < 1.00$  menunjukkan minyak berasal dari daerah lautan-lakustrin, sedangkan untuk rasio  $C_{25}/C_{26} > 1.00$  menggambarkan minyak yang berasal dari lingkungan pengendapan Delta(terrigeneous) (ten Haven & Schiefelbein, 1995).

$18\alpha(H)$ -oleanana sebagai penanda tumbuhan dari jaman Cretaceous atau yang lebih muda dari itu. Oleanana diturunkan dari betulin dan pentasiklik triterpena lainnya pada angiosperma tidak ada perconto yang ditemukan oleanana nya selain dari jaman Cretaceous atau yang lebih muda. Penggunaan Index oleanana ( $OI/C_{30}$  hopana) ketika membandingkan perconto menunjukan perbedaan dalam kematangan dapat menjadi rumit ketika  $18\beta(H)$ -oleanana hadir.  $18\alpha(H)$ -oleanana dan  $18\beta(H)$ -oleanana ditemukan pada *immatur* sedimen dan minyak, namun  $18\beta(H)$ -oleanana lebih stabil (Petters & Moldowan, 1993). Rasio oleanana meningkat dari kematangan yang rendah kepada maksimum pada *oil generative window*. Dan relatif stabil

pada kedalaman yang lebih dalam lagi. Oleanana sulit diidentifikasi menggunakan GCMS konvensional karena kemungkinan dapat diinterpretasikan menjadi triterpena yang lain dengan waktu retensi yang sama dalam spektra massa.

Rasio trisiklik/hopana merupakan parameter sumber yang membandingkan kumpulan bakteri atau lipid alga (trisiklik) dengan spesies prokariotik yang berbeda (hopana). Untuk hopana dengan  $C_{31}$  atau lebih mengindikasikan *bacteriohopanepolyols* yang terdapat dalam *bacteriohopanetetrol*, untuk hopana dengan  $C_{31}$  atau kurang mengindikasikan diploptanol atau diploptana (Rohmer, 1987).

Menurut Huang dan Meinschein (1979) bahwa proporsi relatif dari  $C_{27}$  sampai dengan  $C_{29}$  pada sterol biasa yang berasal dari organisme hidup berhubungan dengan lingkungan pengendapan tertentu. Dominasi senyawa  $C_{27}$  sterol menunjukkan material organik berasal dari organisme laut, sedangkan dominasi  $C_{29}$  sterol menunjukkan material organik berasal dari tanaman tinggi.  $C_{28}$  memiliki jumlah yang pada umumnya lebih rendah jika dibandingkan dengan  $C_{27}$  dan  $C_{29}$ . Akan tetapi jumlah yang relatif besar mengindikasikan kontribusi yang kuat dari alga danau. Asal material organik dapat diketahui dengan memasukkan ketiga parameter  $C_{27}$ ,  $C_{28}$ , dan  $C_{29}$  ke dalam diagram segitiga Huang dan Meinschein. Selain sebagai penentu asal material organik, sterana sering juga dipakai sebagai parameter korelasi. Proporsi kehadiran sterana  $C_{27}$ ,  $C_{28}$ , dan  $C_{29}$  dapat mencerminkan

lingkungan pengendapan asal material organik pembentuk minyak bumi.

Rasio diasterana/sterana secara umum digunakan untuk membedakan minyak bumi yang berasal dari batuan induk klastik terhadap karbonat.

Rasio  $C_{29}/C_{30}$ -hopana digunakan untuk membedakan litologi klastik dan karbonat (Waples & Machihara, 1991).

## 2.5 Parameter Kematangan Termal

Kematangan termal digambarkan sebagai transformasi dari bahan organik sedimen yang dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Kematangan termal adalah penggambaran tahapan reaksi yang didorong oleh panas yang mengubah bahan organik sedimenter menjadi minyak bumi (Petters & moldowan, 1993). Pematangan minyak secara termal dimulai dengan proses *cracking* senyawa hidrokarbon yang mengandung lebih dari 20 atom karbon menjadi molekul yang lebih kecil. Rekonstruksi kematangan dapat dilukiskan sebagai sejarah aliran kalor (heat flow) yang konsisten dengan perjalanan reaksi yang diamati. Perubahan-perubahan pada struktur kimia biomarker digunakan untuk pengembangan indikator kematangan

yang didasarkan pada rasio senyawa untuk menyimpulkan kematangan termal suatu perconto.

Transformasi bahan organik sedimenter dibagi menjadi 3 tahapan yaitu, diagenesis, katagenesis dan metagenesis. Diagenesis diawali oleh pemendaman dangkal, suhu yang rendah dan dapat dianggap sebagai penyetimbangan didalam sedimen. Pada tahapan ini juga terjadi transformasi mikrobial dan kimiawi sehingga terbentuk kerogen dari bahan organik. Tahapan kedua yaitu katagenesis, penguraian kerogen akibat peningkatan suhu, tekanan dan semakin dalam pemendaman sedimen. Proses evolusi bahan organik menjadi metana dan grafit adalah pada tahapan metagenesis ( Tissot & Welte, 1984)

Pengukuran kematangan termal minyak bumi dan batuan sumber dari zaman tersier yang mengandung biomarker asal daratan dan telah mengalami percepatan pemanasan yang tinggi bukanlah pekerjaan yang mudah. Faktor utama penyebab kesulitan tersebut antara lain konsentrasi sterana yang rendah, kadar triterpena yang tinggi sehingga mempengaruhi pengamatan kelimpahan sterana pada m/z 217, dan minyak jaman tersier umumnya mempunyai indeks sterana yang rendah dan bervariasi (Grantham,1987).

Dalam penelitian ini, digunakan beberapa rasio untuk melihat kematangan termal dari perconto-perconto yaitu trisiklik/hopana,  $Ts/(Ts+Tm)$ ,  $C_{29}Ts/(C_{29}Ts+C_{29} \text{ norhopana})$ , oleanana/ $C_{30}$  hopana,

22S/(22S+22R), BMI (T/T'+R), diasterana/sterana, 20S/(20S+20R) C<sub>29</sub>,  
 $\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$  C<sub>29</sub>

Isomerisasi sterana, 20S/(20S+20R) merupakan % 20S atau 5 $\alpha$ (H), 14 $\alpha$ (H), 17 $\alpha$ (H) 20S/( $\alpha\alpha\alpha$ 20S+ $\alpha\alpha\alpha$ 20R). Isomerisasi pada C-20 dalam 5 $\alpha$ (H), 14 $\alpha$ (H), 17 $\alpha$ (H) C<sub>29</sub> sterana digunakan untuk menghitung rasio 20S/(20S+20R). rasio 20S/(20S+20R) bertambah dari 0 – 0,5 (dengan kesetimbangan pada 0,52 – 0,55) seiring dengan bertambahnya kematangan (Seifert & Moldowan, 1986). Rasio dengan m/z ini sering digunakan dan spesifik untuk perconton dalam rentang pra matang–matang.

Hopana dapat dipergunakan sebagai penentu kematangan suatu material organik dengan menggunakan rasio 22S terhadap 22R. Penggunaan rasio 22S/(22S+22R) spesifik untuk perconton dalam rentang pra-matang sampai dengan matang awal, dengan pengukuran m/z 191. Isomerisasi pada posisi C<sub>22</sub> ion molekul C<sub>31</sub> sampai C<sub>35</sub> 17  $\alpha$  (H)-hopana (senyawa terpana, m/z 191) lebih dahulu terjadi dibanding reaksi biomarker lainnya seperti isomerisasi pada posisi C-20 dalam sterana. Isomerisasi pada C-22 tersebut dikenal dengan rasio 22S/(22S+22R). C<sub>31</sub> atau C<sub>32</sub> homohopane paling sering digunakan untuk menghitung rasio 22S/(22S+22R) (Petters & Moldowan, 1993). Rasio 22S/(22S+22R) naik dari 0 – 0,6 selama pemanasan, dimana rasio dengan nilai 0,5 – 0,54 baru memasuki pembentukan minyak

sedangkan nilai 0,57 – 0,62 menunjukkan fasa kesetimbangan reaksi. Setelah keseimbangan tercapai, tidak ada lagi informasi mengenai kematangan karena nilai rasio  $22S/(22S+22R)$  akan konstan (Seifert & Moldowan, 1986).

Rasio  $Ts/(Ts+Tm)$  digunakan untuk menghitung kematangan termal suatu perconton minyak. Selama katagenesis,  $C_{27}$   $17\alpha(H)$ -trisorhopana ( $Tm$ ) menunjukkan kestabilan yang relatif lebih rendah dari  $C_{27}$   $18\alpha(H)$ -Trisorhopana ( $Ts$ ) atau  $18\alpha(H)$ -22,29,30-trisorhopana). Rasio  $Ts/(Ts+Tm)$  dideteksi pada  $m/z$ : 191 pada GCMS. Tingkat kematangan suatu minyak terlihat dari angka rasio ini. Rasio ini berbanding lurus dengan nilai kematangan termal dari perconton.

Rasio  $C_{29}Ts/(C_{29}17\alpha\text{-hopana})$  dapat diamati pada  $m/z$ : 191, kelimpahan  $18\alpha(H)$ -30-Norhopana ( $C_{29}Ts$ ) terelusi tepat sesudah  $C_{29}17\alpha\text{-hopana}$  pada kromatogram.  $C_{29}Ts$  lebih stabil daripada  $C_{29}17\alpha\text{-hopana}$ . Sehingga kelimpahan  $C_{29}Ts$  yang lebih banyak, menandakan kematangan termal yang lebih tinggi.

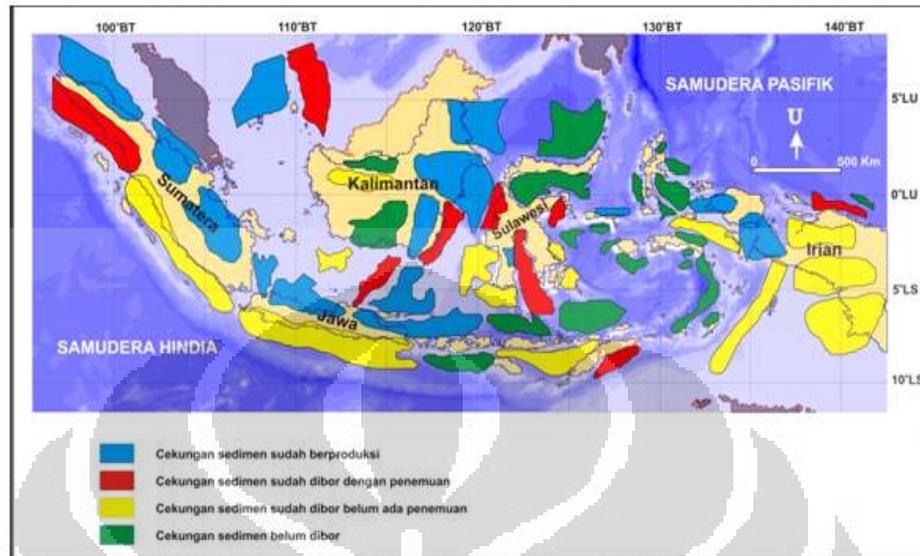
Isomerisasi  $\alpha\beta\beta/(\alpha\alpha\alpha+\alpha\beta\beta)$   $C_{29}$  pada posisi C-14 dan C-17 pada 20S dan 20R  $C_{29}$  sterana menyebabkan pertambahan dalam rasio ini. Pertambahan ini bertambah dari nol sampai 0,7 (0,67 s/d 0,71 : kesetimbangan, Seifert & Moldowan, 1986). Rasio ini tidak bergantung pada input materi sumber dan lebih lambat mencapai kesetimbangan

daripada rasio  $20S/(20S+20R)$ , sehingga rasio ini akan efektif pada tingkat kematangan lebih tinggi.

Rasio Bikadinana (BMI-1) merupakan rasio perbandingan antara trans-trans-trans yang disimbolkan T, sedangkan T' adalah lambang untuk isomer trans-trans-trans bikadinana, sedangkan bikadinana dilambangkan dengan R. Rasio  $T/T'+R$  digunakan untuk perconto belum matang sampai matang, dan penggunaannya khusus untuk perconto yang mengandung bikadinana. BMI-1 telah diusulkan sebagai parameter kematangan alternatif untuk mengukur kematangan termal dimana rasio ini berbanding lurus dengan kematangan.

## 2.6 Cekungan di Indonesia

Analisis keadaan geologi salah satunya adalah dengan adanya *batuan pengumpul atau dalam dunia eksplorasi disebut reservoir*, merupakan tempat hidrokarbon terakumulasi. Batuan tersebut memiliki syarat utama, yakni permeabilitas yang baik. Minyak dan gas bumi di Indonesia terdapat dalam cekungan sedimen yang berumur tersier maupun pratersier .



**Gambar 2.6** Cekungan di Indonesia

IAGI (Ikatan Ahli Geologi Indonesia) mendefinisikan adanya 60 cekungan sedimen tersier yang terdapat di Indonesia. Dari 60 cekungan itu, saat ini 16 cekungan sedang memproduksi migas. Sisanya (44 cekungan), terbagi ke dalam : 10 cekungan sudah dibor dan menemukan migas tetapi masih membutuhkan banyak eksplorasi dan pengembangan agar dapat menjadi cekungan produksi, 12 cekungan sudah dibor tetapi belum menemukan migas, dan sisanya, 22 cekungan sama sekali belum dilakukan pemboran. Keempat puluh empat cekungan ini merupakan harapan massa depan sektor migas Indonesia sebab tidak mustahil bahwa beberapa dari cekungan ini kelak dapat menjadi cekungan produktif. Untuk itu, kegiatan eksplorasi harus ditingkatkan. Dari 60 cekungan ini, 21 terdapat di Indonesia Barat dan 39 di Indonesia Timur.

Dari 21 cekungan di Indonesia Barat, 11 adalah cekungan produktif dan 10 cekungan nonproduktif. Di Indonesia Timur terdapat 39 cekungan sedimen, terdiri atas 5 cekungan produktif dan 34 cekungan nonproduktif. (tidak sampai 15 %; sehingga 85 % cekungan-cekungan di Indonesia Timur belum dieksplorasi dengan cukup atau belum pernah sama sekali). Sementara itu, dari 21 cekungan di Indonesia Barat, 11 di antaranya produktif (52 %) sehingga hampir setengahnya masih merupakan tantangan eksplorasi.

Secara keseluruhan dari 60 cekungan sedimen Indonesia : 17 % produktif, 73 % terbuka lebar untuk eksplorasi. Dikarenakan Cekungan-cekungan di Indonesia bagian barat sangat banyak yang produktif, maka penelitian ini dikhususkan untuk mencari karakterisasi minyak dari cekungan-cekungan produktif yang ada di Indonesia bagian Barat.

## BAB III

### METODA PENELITIAN

#### 3.1 Alat dan Bahan

##### 3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: pipet 2 mL sebagai kolom, pipet 1 mL, vial, botol kaca, aluminium foil, serbet, box perconto untuk memasukan perconto yang telah dimasukkan kedalam botol, isolasi, gunting, kertas stiker (label), spidol dan terakhir adalah *Safety equipment* untuk pengambilan perconto lapangan (goggle, wearpack, helmet, sarung tangan, sepatu safety, masker)

##### 3.1.2 Bahan

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini antara lain: n – pentana (p.a), DCM (p.a), iso-oktana (p.a), silika gel 200 mesh, serta Kapas.

## 3.2 Instrumentasi

Instrumen yang digunakan untuk menganalisis perconto pada penelitian ini adalah gas kromatografi (GC) tipe agilent 6890 dan gas kromatografi-spektroskopi masa (GC MS) dengan MS tipe 5973N

Penjelasan dan tahapan dari pengoperasian Instrumen GC dan GC-MS ini menjadi sangat penting untuk dibahas karena kedua instrumen inilah yang digunakan dalam penginterpretasi data dalam penelitian ini.

### 3.2.1 Instrumen Kromatografi Gas

Pemisahan campuran senyawa menjadi senyawa murni dan mengetahui komponen yang terdapat di dalamnya, merupakan masalah penting dari pekerjaan di laboratorium kimia. Untuk itu, kemurnian bahan atau komposisi campuran dengan kandungan yang berbeda dapat dianalisis dengan benar. Teknologi yang penting untuk analisis dan pemisahan preparatif pada campuran bahan adalah kromatografi. Prinsip dasar kromatografi, seperti yang digunakan saat ini bergantung pada ahli biologi Michael Tswett (1872-1919).

Perconto minyak yang akan dimasukkan pada Instrumen ini tidak perlu melalui proses Fraksionasi. Perconto minyak langsung dimasukkan kedalam vial 2 mL sebanyak 1 mL. Dan metoda pada kolom di dalam GC, digunakan *Split* 1: 500, yang berarti 1 bagian masuk kedalam kolom GC dan sisanya 499 tidak digunakan hal tersebut dilakukan agar perconto yang masuk kedalam Kolom GC tidak *Overload*.

Tahapan – Tahapan Pengoperasian Instrumen kromatografi Gas. Saat pengoperasian GC, yang perlu di perhatikan adalah pengisian Metoda Alat dan saat melakukan Running alat.

#### ❖ Pengisian Metoda pada Komputer

Klik Instrumen → Klik Edit Parameter → Parameter yang akan digunakan di edit

→ **Klik COLOUMN** ( untuk memasukkan data kolom yang di pakai )

Tipe kolom : J & W 1271013

Suhu maksimal kolom : 325<sup>0</sup> C

Flow : 0,7 mL/min

Average Velocity : 67 cm/sec

Pressure : 31,27 Psi

Capillary : 10.0 m X 10 µm X 0,4 µm

Mode : const flow: dalam kapiler flow nya sama, tekanan mengikuti.

\*const Pressure : jarak n-alkana makin dekat

➡ **Klik OVEN** ( untuk mengatur oven )

Oven configuration

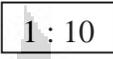
Maximum °C : 350 °C

Total Run time : 21,25 minutes

Set Poin : 35°C

➡ **Klik DETECTOR** ( untuk menset Detector)

*Actual Set point Heater* ( max 15<sup>0</sup> dibawah suhu max oven yang di pasang)

H <sub>2</sub> Flow, m/min	: 0,4	30°	
Air Flow, mL / min	: 0,1	300°	
Make Up flow [N <sub>2</sub> ]	: 24,1	24,1	

(\*Make Up flow digunakan menaikan sensitifitas dari gambar peak perconto )

Flame : Off

Electrometer : Reignite

➡ **Klik INLETS** ( untuk mengatur banyak sedikitnya perconto yang di deteksi)

- Split : jika perconto yang diinjeksikan banyak sekali dan dikhawatirkan akan *overload*.
- Splitless : Jika perconto yang digunakan telah melalui proses Fraksionasi, perconto semuanya langsung dianalisis tidak ada yang dibuang

- Split and Splitless : Gabungan dari kedua tipe diatas, perconto yang digunakan tidak terlalu pekat dan tidak terlalu Cair, waktu split diatur

\*Inlet dipanaskan terlebih dahulu agar perconto yang dimasukkan langsung berubah dalam bentuk uap.

Heater, °C : 250<sup>0</sup>

Preasure, Psi : 31,25

⇒ **Klik INJECTOR** ( untuk mengatur injeksi perconto )

Injection volume : 0,2 µm

Syringe size : 10,0 µm

**Tabel 3.1** Memasukkan data injektor

<i>Washes</i>	<i>Pre injection</i>	<i>Post Injection</i>
Perconto	3	
Solvent A	5	5
Solvent	5	5
<i>Pums</i>	3	

Setelah semua edit parameter Diatur, **klik Method** → **Save method**

### ❖ Running Perconto

Klik Sequence → Sequence table → Isi data Perconto

**Tabel 3.2** Memasukan data sampel

No.	Location	Perconto Name	Methodh name	Inj / bca	Perconto name	Data file
NSB			WO	1		Solvent

Setelah semua data dimasukkan → Klik OK

Sebelumnya, pada *tray* penyimpanan kolom diisi sesuai data perconto yang dibuat. Juga 4 larutan lainnya yang diperlukan dalam menginjeksi perconto diisi, yaitu :

Solvent A : Metil astetat

Solvent B : Sesuai Pelarut perconto

Waste B : *Container* Pembuangan Solvent A

Waste B<sub>2</sub> : *Container* pembuangan Solvent B

Perconto : Sesuai perconto yang akan dianalisis

Setelah semua siap, Klik SEQUENCE → PARTIAL SEQUENCE

→ RUN SEQUENCE → YES → START

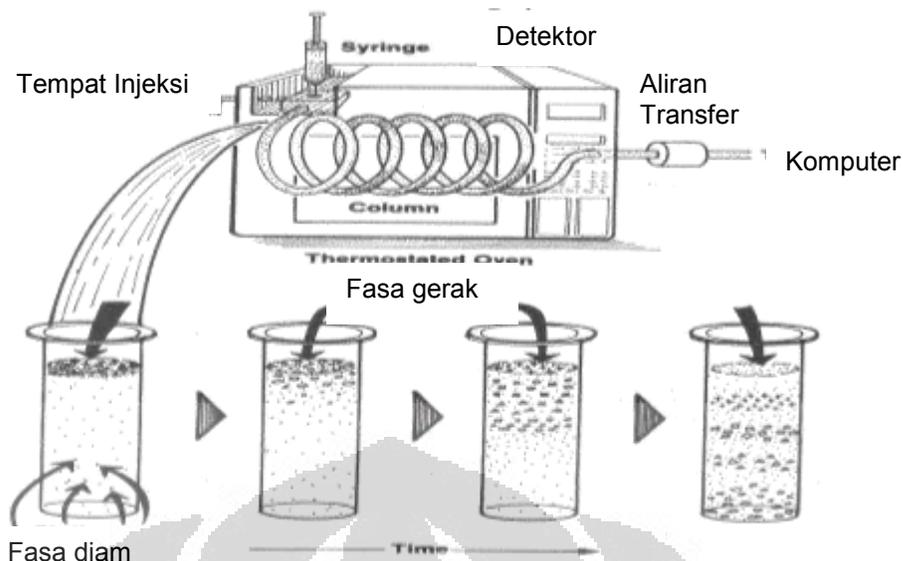
Alat GC menggunakan detektor untuk mengukur senyawa yang berbeda sesuai dengan munculnya senyawa tersebut didalam kolom.

Detektor terdiri dari beberapa macam antara lain: detektor ionisasi argon, detektor emisi nyala, detektor *cross section*, detektor konduktivitas termal, detektor penangkap elektron. Pemilihan detektor disesuaikan dengan kebutuhan yang ingin digunakan. Beberapa pertimbangan pemilihan

detektor adalah pada detektor nyala dapat merusak percontonya, pada detektor konduktivitas termal secara universal dikategorikan sensitif dan untuk detektor ionisasi argon menggunakan argon sebagai gas pembawa. Spektra yang keluar biasanya tersimpan secara elektronik dan ditampilkan pada monitor.

Pada instrumen Kromatografi Gas yang digunakan ini merupakan kromatografi gas yang menggunakan detektor FID (*Flame Ionisation Detektor*). Kromatografi gas digunakan untuk memeriksa distribusi menyeluruh dari hidrokarbon (yang hasil spektranya berupa sidikjari dan mengandung semua senyawa, baik yang telah dikenali maupun menampakan bentuk dari campuran senyawa yang belum dikenali) yang dalam analisis petroleum dikenal dengan istilah analisis *Whole Oil*. Juga dapat memeriksa ketiadaan maupun keberadaan serta kelimpahan relatif dari bermacam komponen seperti n-alkana, Isoprenoid asiklik (termaksud pristana dan fitana).

Informasi yang diperoleh dari instrumen GC ini menggambarkan beberapa kepentingan geokimia, yang paling penting adalah menghubungkan organik facies atau tipe kerogen, lingkungan pengendapan, kematangan termal dan efek biodegradasi.



**Gambar 3.1** Bagan alat kromatografi gas

### 3.2.2 Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa

Metode analisis GC-MS merupakan kombinasi dari dua metode: kromatografi gas dan spektrometer massa. Dengan mengkombinasikan dua metode analisis tersebut sejumlah senyawa organik tertentu dapat dianalisis lebih akurat. Metode ini biasanya dilakukan setelah analisis kromatografi gas, dengan tujuan untuk mengetahui lebih rinci senyawa organik yang tidak terdeteksi pada kromatogram GC.

Hidrokarbon setelah melalui pemisahan melalui kolom kapiler yang sama dengan yang digunakan pada analisis GC, kemudian dibombardir kedalam *ion chamber* dengan elektron yang berenergi rendah (biasanya 70eV). Interaksi antara molekul dan elektron memberikan kenaikan peak pada ion bermuatan (molekular dan fragmen ion) yang dideteksi dan spesies netral.

Dua metode yang dapat digunakan pada MS antara lain:

- a. Full scan spektrum massa (50-550 unit massa atom): satu spektrum massa dapat diperoleh setiap detik selama waktu yang digunakan (biasanya 90 menit). Mode ini digunakan untuk mengidentifikasi keseluruhan senyawa yang ada pada percontonya minyak pada muatan massa tertentu.
- b. Multiple Ion Detection (MID): instrument dengan mode ini hanya akan mendeteksi ion yang dipilih, sebagai hasilnya dapat meningkatkan sensitivitas saat memonitor ion pada massa yang spesifik dari spektrum keseluruhan.

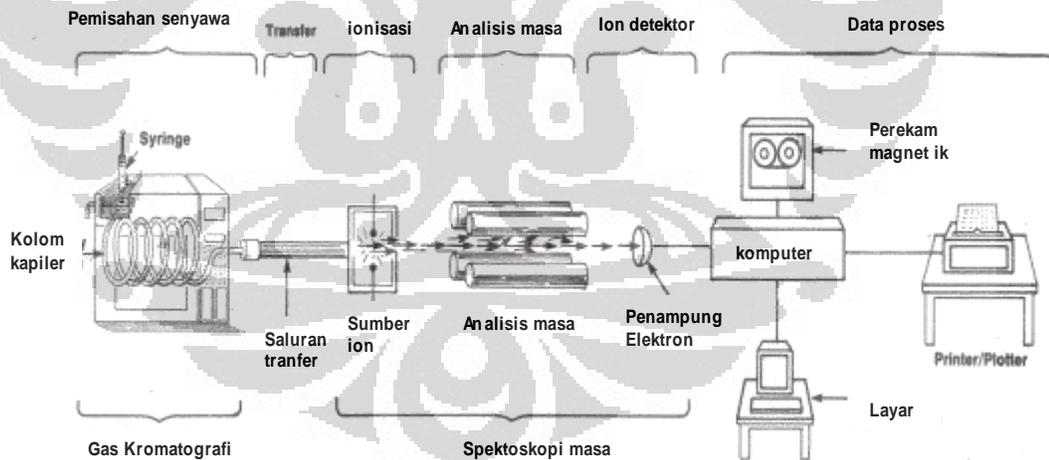
Senyawa-senyawa biomarker terfragmentasi secara spesifik dalam spektrometer massa (MS) sesuai dengan tipe dan struktur molekulnya. Pemantauan dilakukan terhadap tiap komponen yang keluar dari GC untuk melihat apakah komponen tersebut memberikan karakteristik ion-ion dari biomarker yang paling utama, seperti  $m/z$  191 dan  $m/z$  217. Dengan melakukan pemindaian terhadap tiap komponen yang keluar dari GC dapat dilihat kehadiran sejumlah ion-ion fragmen yang diseleksi dan memungkinkan untuk mengklasifikasi dengan cepat sejumlah molekul yang berbeda dalam tiap percontonya.

Analisis GCMS untuk fraksi saturat menggunakan GC Agilent 6890 yang dirangkai dengan MSD (*Mass Selective Detector*)-Chem Agilent 5973N. Kolom yang digunakan merupakan kolom kapiler DB-5MS (J&W) 60m x 0.25mm i.d. yang berisi silika. Percontonya diinjeksi

menggunakan Agilent 7673 *auto sampler*, dengan mode injektor splitless (karna konsentrasi senyawanya kecil). Kondisi MS merupakan mode ionisasi: *electron impact* (EI), tegangan EM sebesar 1980 Volt, energy elektron 70eV dan temperatur sumber 250°C.

Dalam pengoperasian GC-MS, untuk penggunaan instrumen GC nya sama dengan diatas. Hanya untuk tambahan instrumen MS adalah sebagai berikut :

Penggunaan GC-MS sama persis dengan instrumen GC hanya saja untuk tambahan Mesin MS nya, pada computer dimasukkan ion yang akan dianalisis. Contohnya: bila ingin memasukan nilai  $m/z$  191(Triterpena) dan  $m/z$  217(sterana) serta  $m/z$  369 (Bikadinana) langsung dimasukkan. Ini disebut metoda MID.



**Gambar 3.2** Bagan alat kromatografi gas-spektroskopi massa

### 3.3 Cara Kerja

#### 3.3.1 Tahapan–Tahapan Penelitian

- ❖ Pengambilan perconto: Melakukan sampling perconto minyak bumi secara *grab sampling* di lapangan MIGAS yang ada di Indonesia bagian barat, baik dari kepala sumur maupun stasiun pengumpul di Indonesia sesuai dengan pentahapan pelaksanaannya.
- ❖ Analisis laboratorium: Melakukan analisis minyak bumi dengan metoda GC dan GC MS.
- ❖ Interpretasi data: analisis, evaluasi, integasi data dan penerjemahan data dari kromatogram GC dan GC MS.
- ❖ Penulisan: Melakukan pengintegrasian data, presentasi progress dan penulisan Skripsi.
- ❖ Final : Seminar dan Sidang sarjana

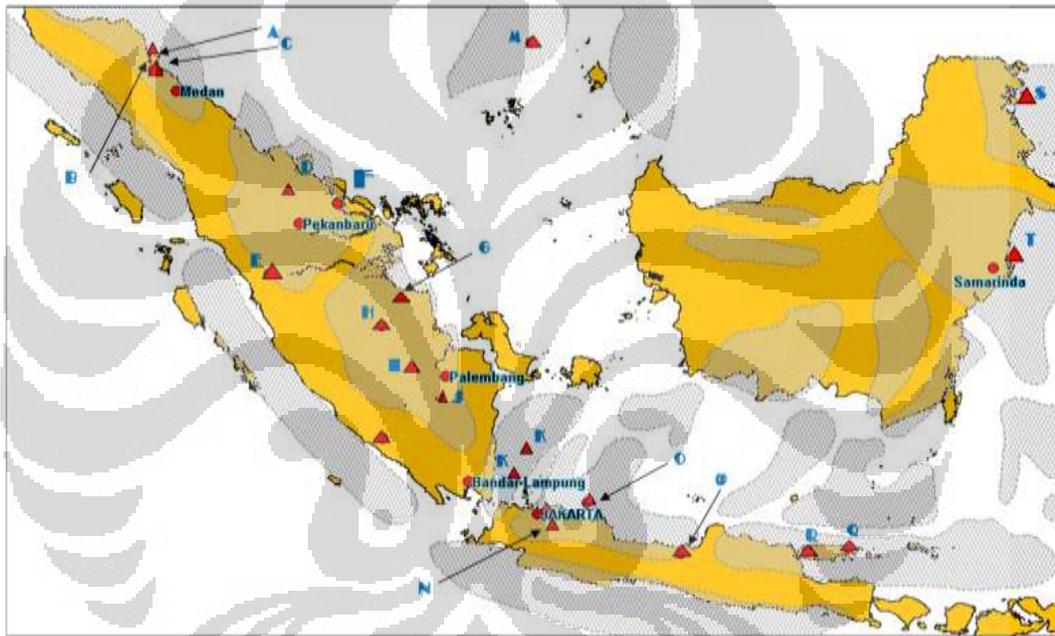
#### 3.3.2 Persiapan Perconto

##### 3.3.2.1 Metodologi pengambilan perconto

Metoda *sampling* yang digunakan pada penelitian ini adalah *grab sampling*. Pada metoda ini perconto diambil dari lapangan MIGAS yang ada di Indonesia bagian barat yang sumurnya tersebar secara acak pada cekungan namun dianggap mewakili daerah tersebut untuk mendapatkan gambaran secara umum karakteristik

dari minyak bumi pada daerah tersebut. Sampling diambil langsung pada sumur produksi yang sifatnya *single layer* sehingga tidak terjadi pencampuran dengan dengan minyak dari sumur lain guna mendapatkan hasil yang akurat.

### 3.3.2.2 Gambar Konsesi Wilayah Serta Titik Pengambilan Perconto



Gambar 3.3 Wilayah persebaran perconto minyak

### 3.3.2.3 Proses Pengambilan perconto

Adapun dalam pengambilan perconto minyak, dilakukan beberapa tahapan pengerjaan. Pertama-tama semua perusahaan yang bergerak dalam proses hulu/operator di Indonesia bagian Barat di data. Kemudian surat perijinan pengambilan perconto pada

lapangan MIGAS di seluruh Indonesia bagian barat dibuat. Setelah itu, data persebaran cekungan, zona dan struktur yang mewakili dicermati. Lalu, data yang dianggap mewakili karakteristik dari minyak yang ada di Indonesia bagian Barat diambil sebagai perconto dan yang *single layer* dipilih. Pengambilan perconto yang telah dipilih harus dari kepala sumur atau stasiun pengumpul, kemudian dimasukkan kedalam botol 100 mL, dan terakhir, diberi aluminium foil pada mulut botol sebelum ditutup.

### **3.3.3 Preparasi perconto untuk analisis Instrumen**

#### **3.3.3.1 – Preparsi Alat dan bahan**

Kolom, kapas dan silika gel, disterilkan dengan mencucinya dengan DCM lalu dipanaskan dalam oven dengan panas  $>120^{\circ}\text{C}$  selama paling kurang 24 jam. Untuk silika gel, harus berada di oven bila belum dipakai kembali untuk menghindari masuknya air kembali.

### 3.3.3.2 Analisis Gas Kromatogafi (*whole Oil*)

Pertama-tama alat-alat yang akan digunakan seperti, vial 2 mL, pipet 1 mL dan timbangan dengan ketelitian 4 angka dibelakang koma disiapkan. Kemudian perconto minyak yang cair dan Padat dipisahkan. Dilakukan dua perlakuan yang berbeda yaitu, untuk perconto yang padat, minyak ditimbang sebanyak 25 mg, kemudian dilarutkan dengan n-pentana (p.a) sampai batas 1 mL di dalam vial 2 mL menggunakan pipet tetes 1 mL sedangkan, untuk sample yang cair, langsung dimasukkan kedalam vial 2 mL sebanyak 1mL setelah itu, vial diberi label dan ditutup dengan alumunium foil serta kemudian ditutup dengan penutup vial. Perconto siap diinjeksikan pada alat untuk analisis Gas kromatogafi Agilent 6890.

### 3.3.3.3 Preparasi *Dead volume* kolom

Sebelum dilakukan pemisahan secara fraksionasi pada analisis gas kromatografi-spektroskopi masa, kolom yang digunakan perlu di optimasi terlebih dahulu. Langkah paling awal adalah dengan menentukan '*dead volume*' atau volume mati yang ada didalam kolom, guna meminimalisir kesalahan dalam menentukan volume yang akan digunakan pada penelitian. Tahapan awal yang

dilakukan adalah dengan menyiapkan kolom (menggunakan pipet 2 mL, digantung pada *ringstand*), kemudian diisi dengan silika 0,7 g ( $\frac{2}{3}$  tinggi kolom), lalu silika didalam kolom dipadatkan dengan alat penggetar agar tidak ada rongga udara dan menghindari kolom pecah. Setelah itu, 2 mL pelarut n-pentana dialirkan. Langkah selanjutnya, pelarut yang keluar dari kolom ditampung. Hasil *dead volume* kolom didapatkan, yaitu dengan mengurangi mL pelarut yang dialirkan kedalam kolom dengan yang tertampung didalam vial 2 mL.

#### 3.3.3.4 Preparasi Optimasi Kolom

Pertama-tama vial kosong beri label dan ditimbang, kemudian sebanyak 3 mg perconto minyak ditimbang dengan timbangan ketelitian 4 digit dibelakang koma. Setelah itu, kolom pemisah disiapkan. Silika yang sudah diaktifkan di larutkan langsung kedalam pentana untuk menghindari kontaminasi dengan udara. Setelah menjadi bubuk silika, dialirkan kedalam kolom (terus dialiri pentana agar kolom tidak pecah). Setelah homogen, perconto minyak yang telah disiapkan dimasukkan kedalam kolom. Perconto minyak dielusi sebanyak 2 mL dengan pelarut pentana untuk mendapatkan fraksi saturat. Ditampung dalam vial 2 mL setiap 25 tetes kedalam 10 vial. Kemudian sebanyak 3 mL DCM:pentana(1:4)

dimasukkan. Lalu, untuk tampungan selanjutnya diberi label 11 untuk aromatisasi, dan dikeringkan kurang lebih 24 jam. Setelah kering, dilarutkan dengan iso-oktan sampai batas 1 mL kemudian dilapisi aluminium foil sebelum ditutup dengan penutupnya. Setelah semua tahapan dilakukan, percontonya siap untuk *dirunning* pada instrumen GC-MS Agilent 6890-5973N.

#### 3.3.3.5 Preparasi Analisis Gas Kromatografi – Spektroskopi Massa

Metoda pada fraksinasi GC-MS ini didapatkan setelah rangkaian percobaan dilakukan, yakni penentuan *dead volume* dan optimasi kolom. Pertama-tama vial kosong 5 mL beri label lalu ditimbang. Kemudian sebanyak 3 mg percontonya minyak ditimbang dengan timbangan ketelitian 4 digit dibelakang koma sementara itu, kolom pemisah disiapkan. Setelah itu, silika yang sudah diaktifkan dilarutkan langsung ke dalam pentana untuk menghindari kontak dengan udara. Setelah menjadi bubur, silika dialirkan ke dalam kolom (terus dialiri pentana agar kolom tidak pecah). Setelah homogen, percontonya minyak yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam kolom. Setelah kolom siap, percontonya minyak dielusikan sebanyak 3 mL dengan pelarut pentana untuk mendapatkan fraksi saturat. ( $3 \times \text{dead volume}$ ). Kemudian ditampung ke dalam vial dan

diberi label. Kemudian dikeringkan 1 hari, setelah kering, dilarutkan menggunakan isooktan sampai batas 1 mL, dan terakhir ditutup dengan Alumunium foil dan penutup vial.

### 3.3.4 Aktivasi Silika Gel

Untuk meningkatkan sifat fisika dari Silika gel perlu dilakukan proses pengaktifan silika gel. Perlakuan pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengaktifasi silika gel. Silika gel yang digunakan pada penelitian ini mempunyai mesh 200.

Untuk membuat silika dapat bekerja efektif dan maksimal, Pengotor-pengotor maupun uap air yang terikat pada silika dapat dihilangkan dengan mengaktifkannya. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu cara fisika atau cara kimia.

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan cara perendaman dan pengadukan dengan menggunakan DCM(p.a) untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat dalam rongga silika. Setelah dilakukan pencucian, silika diaktivasi secara fisika. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan aktivasi pemanasan pada suhu  $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan dalam *annealing oven* selama 1 hari. Aktivasi pemanasan berperan untuk menguapkan air yang terdapat dalam rongga-rongga silika. Sehingga hasil akhirnya silika dapat digunakan dengan optimal.

### 3.4 Percobaan *Dead Volume*

*Dead Volume* adalah Volume “mati” yang terdapat pada kolom. Volume ini didapatkan dari mL yang dialirkan kedalam kolom lalu dikurangi dengan kolom yang tertampung dibawahnya.

Dari percobaan, mL yang dialirkan sebanyak 1,5 mL dan yang tertampung dibawah kolom nya 0,5 mL jadi didapatkan *dead volume* sebesar 1mL.

### 3.5 Optimasi Kolom Pemisah

Untuk mendapatkan perbandingan yang tepat dalam memisahkan Fraksi saturat dari suatu perconton minyak untuk Analisis GCMS, diperlukan data dan serangkaian percobaan untuk mengetahui Optimasi dari kolom yang akan digunakan untuk memfraksionasi fraksi-fraksi tersebut.

Dalam penelitian ini digunakan kolom pemisah yang terbuat dari glass dengan ukuran tinggi 15 cm, diameter 0,5 cm, Tinggi silika yang dimasukkan ke dalam kolom setinggi 7 cm atau setara dengan 0,7 g. Tinggi silika pada kolom yang digunakan pada percobaan didapatkan dari perbandingannya dengan kolom standar yang biasa digunakan pada analisis fraksionasi di lab Geokimia PPPTMGB “LEMIGAS” yakni



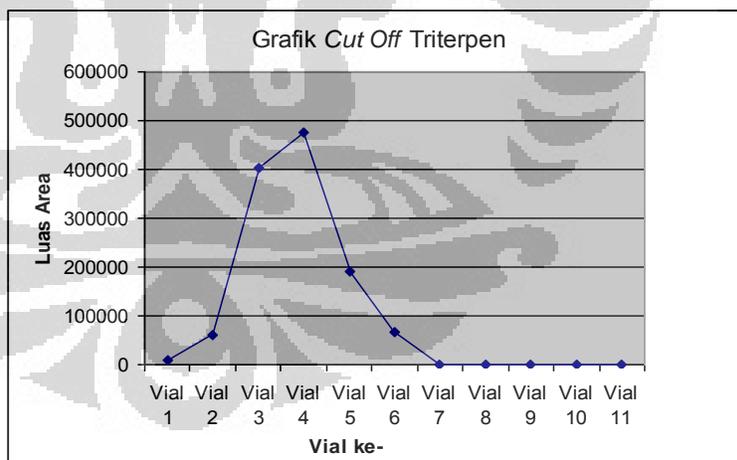
didapatkan berat ideal sebesar 3 mg. Hasil *cut off* yang didapatkan pada percobaan ini adalah sebagai berikut :

### 3.5.1 *Cut Off* Triterpena

*Cut Off* digunakan untuk mengetahui jumlah volume pelarut yang diperlukan untuk mengeluarkan seluruh bagian dari molekul yang kita inginkan. Dalam percobaan ini, dilihat *cut off* dari tiga material organik yang selanjutnya akan digunakan untuk analisis dengan GC-MS, dalam percobaan ini yang diamati yakni tiga fraksi saturat. Berikut ini adalah data jumlah triterpena dalam setiap vial, yakni :

**Tabel 3.3** Kandungan triterpen dalam tiap vial

X	Y
Vial 1	9585
Vial 2	60114
Vial 3	403640
Vial 4	476757
Vial 5	190881
Vial 6	65895
Vial 7	0
Vial 8	0

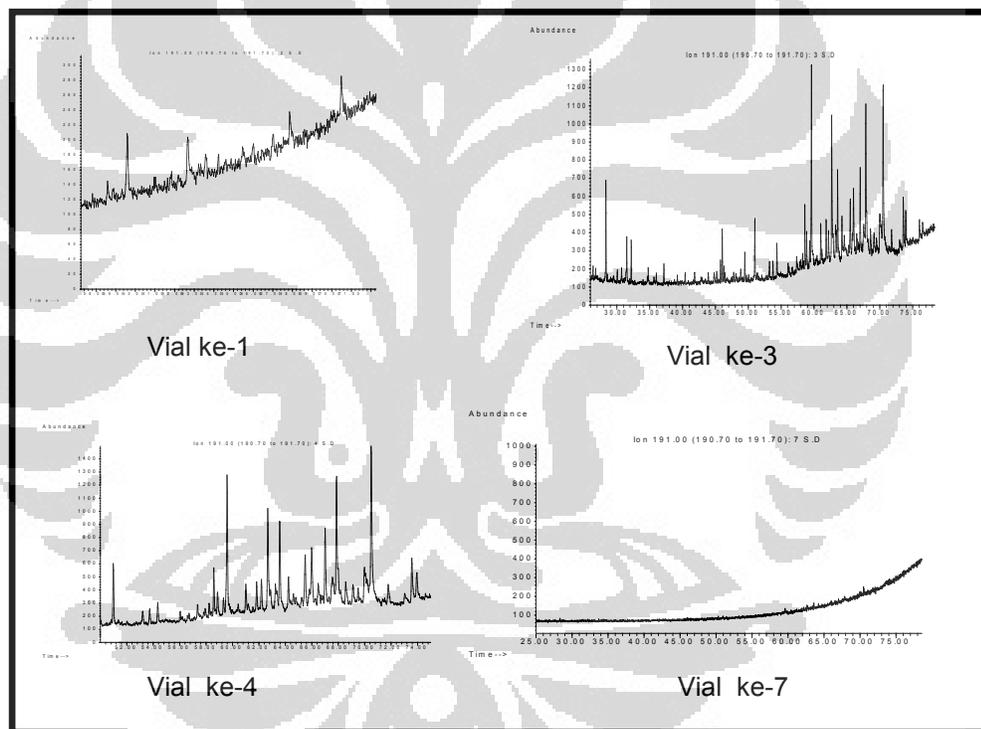


**Gambar 3.4** Kurva *Cut off*

\*Ket: X: Vial ke-

Y: Jumlah total luas area senyawa pada m/z 191

Dari data pada tabel 3.1 dan gambar 3.2 terlihat bahwa triterpena maksimal seluruhnya terelusi dengan baik sampai dengan vial ke-6. Atau bila menggunakan volume pelarut yang digunakan adalah sebanyak 6 X 25 tetes. Bila diketahui dead volume adalah sebanyak 75 tetes, maka triterpena ini sudah dapat dielusi dari suatu perconton minyak bumi dengan menggunakan 2 X dead volume pelarut. Hal tersebut juga dapat dibuktikan dari kromatogram triterpena pada setiap vial, sebagai berikut :



**Gambar 3.5** Kromatogram triterpen pada tiap vial

Dari gambar kromatogram triterpena diatas, terlihat bahwa pada awalnya hanya sedikit triterpena yang keluar dari kolom. Seiring dengan penambahan volume pelarut maka triterpena yang terelusi pun semakin banyak dan mengalami puncaknya pada vial ke-4.

Data *cut off* nantinya akan dijadikan acuan untuk dapat memisahkan saturat seluruhnya dari minyak bumi. Namun karena bukan hanya triterpena yang akan digunakan sebagai biomarker dalam penelitian ini, maka fraksi saturat yang lainnya pun harus dilihat *cut off* nya. Untuk meyakinkan sudah benar-benar terelusi seluruhnya. Triterpena ini mempunyai  $m/z$  191, paling kecil bila dibandingkan dengan dua fraksi saturat lainnya yakni sterana dan bikadinana. Pada percobaan triterpena ini hanya membutuhkan  $2X_{dead}$  volume pelarutnya dan pada vial ke-6 sudah habis terelusi

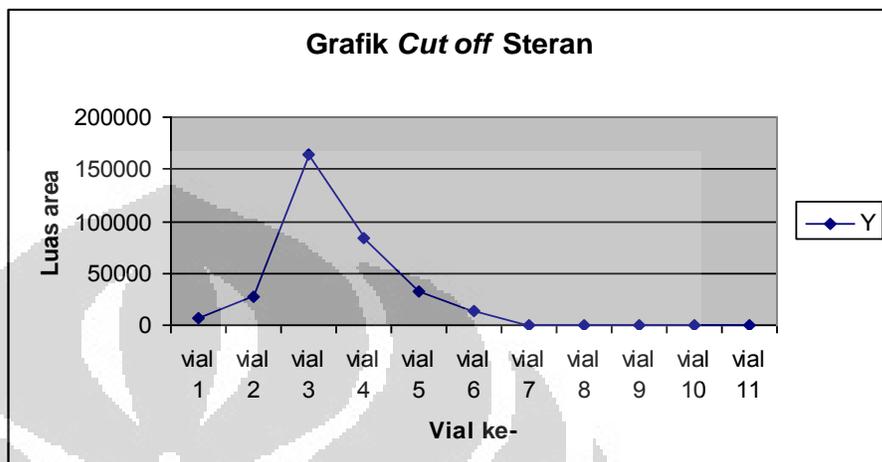
### 3.5.2 *Cut Off* Sterana

Sterana ini memiliki  $m/z$  217, lebih besar bila dibandingkan dengan triterpena dan lebih kecil bila dibandingkan dengan bikadinana.

Sterana ini habis pada vial ke-8 atau pada  $8 \times 25$  tetes  $\approx \pm 2,5X_{dead}$  Volume. Seperti digambarkan dengan kurva dan kromatogram dibawah ini.

**Tabel 3.4** Kandungan Sterana dalam tiap vial

X	Y
vial 1	7643
vial 2	26825
vial 3	163767
vial 4	84009
vial 5	32014
vial 6	14039
vial 7	589
vial 8	0

**Gambar 3.6** kurva *cut off* sterana

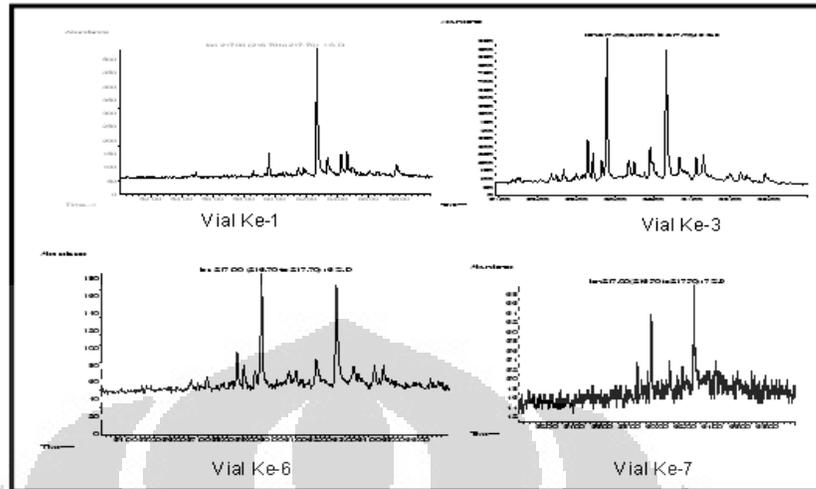
\*Ket: X: Vial ke-

Y: Jumlah total luas area senyawa pada m/z 217

Bila dilihat sekilas dari gambar kromatogram, masih terlihat peak.

Namun bila ditelaah lebih jauh peak tersebut adalah bikadinana yang memiliki fragmen *ion* m/z 217. *Cut off* bikadinana akan dibahas selanjutnya.

Jadi pada vial ke-7 walau terlihat seperti masih ada peak, Namun akan di bahas lebih spesifik dibahas *cut off* bikadinana. Sehingga disimpulkan sterana tanpa bikadinana habis terelusi pada vial ke-7



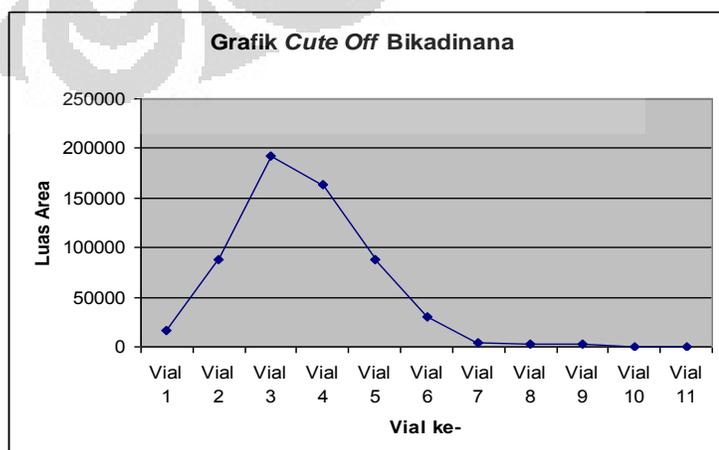
**Gambar 3.7** Kromatogram Sterana pada tiap vial

### 3.5.3 Cut Off Bikadinana

Bikadinana mempunyai  $m/z$  369. Sehingga bila hanya dilihat dari  $m/z$  nya yang besar, bikadinana ini akan habis terelusi terakhir. Dan hal tersebut terbukti dari tabel dan gambar diagam dibawah ini.

**Tabel 3.5** Kandungan bikadinana dalam tiap vial

X	Y
Vial 1	16470
Vial 2	88170
Vial 3	192899
Vial 4	164124
Vial 5	87506
Vial 6	29908



**Gambar 3.8** Kurva *cut off* bikadinana

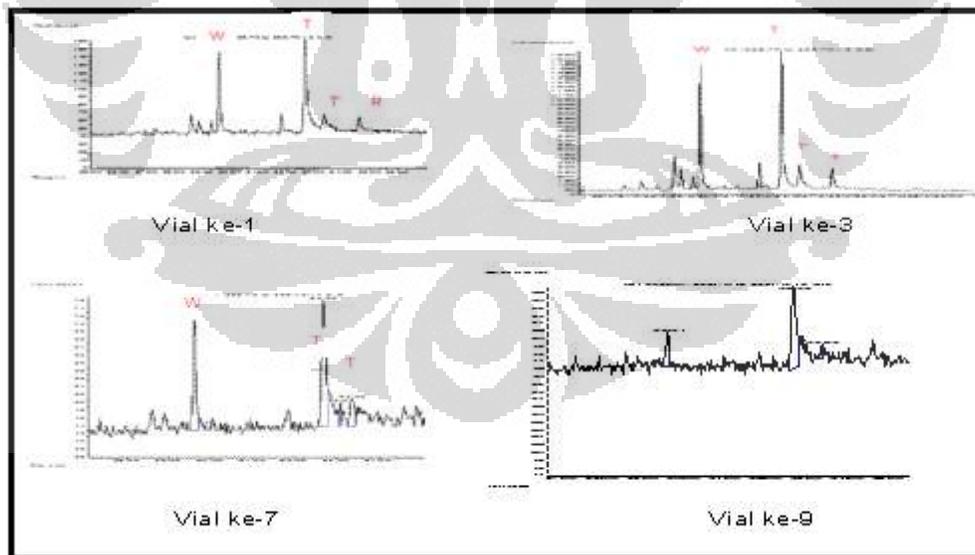
Vial 7	4354
Vial 8	2920
Vial 9	2327
Vial 10	0

\*Ket: X: Vial ke-

Y: Jumlah total luas area senyawa pada m/z 369

Bikadinana baru habis terelusi pada vial ke 9, atau  $9 \times 25 \text{ tetes} \approx 3X_{\text{dead volume}}$ . Jadi *cut off* bikadinana ini dijadikan batasan akhir untuk mengelusi seluruh fraksi saturat. Yaitu  $3X_{\text{dead volume}} \approx 3 \times 75 \text{ tetes} \approx 3 \text{ mL}$ .

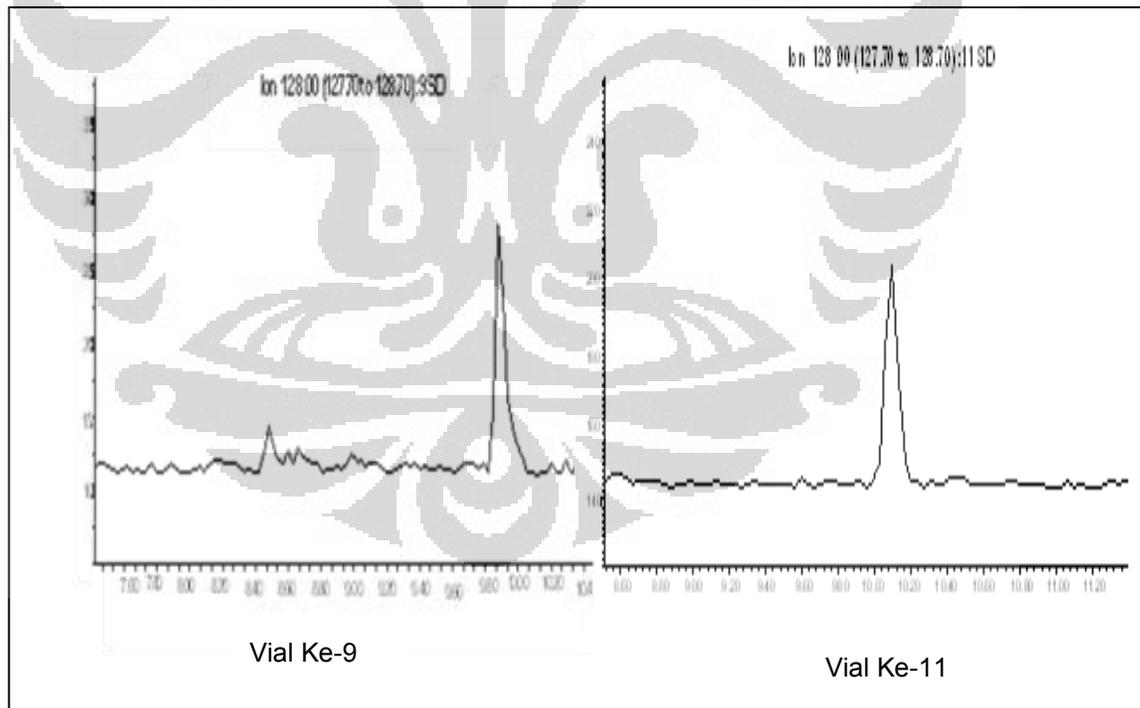
Berikut ini adalah kromatogram dari Bikadinana pada setiap vial :



**Gambar 3.9** Kromatogram bikadinana pada tiap vial

### 3.5.4 Fraksi aromatik

Untuk melihat pemisahan dari fraksi saturat telah benar terpisah dengan sempurna, perlu dilihat juga kandungan fraksi aromatik pada perconton, apakah benar-benar terpisah atau tidak. Meskipun didalam penelitian ini fraksi aromatik diabaikan, namun dikhawatirkan akan mempengaruhi perhitungan karena *daughter ion* fraksi aromatik mungkin juga turun pada  $m/z$  191 dan 217. Oleh karena itu fraksi aromatik juga di pantau jangan sampai masuk kedalam vial yang akan digunakan untuk melakukan analisis ini.

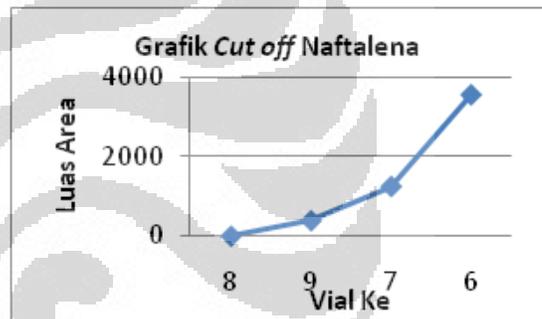


**Gambar 3.10** Kromatogram Naftalena

Karena sifat fraksi aromatik yang lebih sedikit polar dibandingkan dengan fraksi saturat. Maka digunakan campuran DCM: Pentana (1:4) untuk menurunkan fraksi aromatik ini. Diharapkan fraksi aromatik baru akan turun pada vial ke-10 karena bikadinana sebagai fraksi terakhir yang turun dari fraksi saturat baru habis terelusi pada vial ke-9. Berikut gambar kromatogram dari Naftalen ( $m/z$  128), yang merupakan aromatik pertama yang mungkin terelusi paling awal.

**Tabel 3.6** Kandungan Naftalena

X	Y
Vial ke-8	0
Vial ke-9	390
Vial ke-10	1250
Vial ke-11	3560



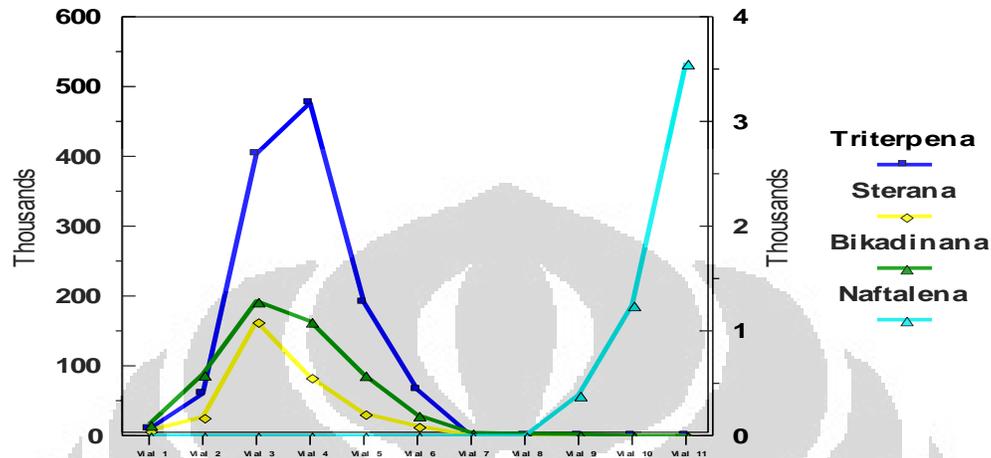
**Gambar 3.11** kurva *cut off* naftalena

\*Ket: X: Vial ke-

Y: Jumlah total luas area senyawa pada  $m/z$  128

Ternyata pada vial ke-9 naftalen sudah turun walaupun masih sangat sedikit jumlahnya. Hal tersebut masih dapat ditolerir, karena kandungan bikadinana pada vial ke-9 ini pun sudah nyaris nol.

Gambar perpotongan keempat senyawa tersebut digambarkan pada Gambar 3.11.



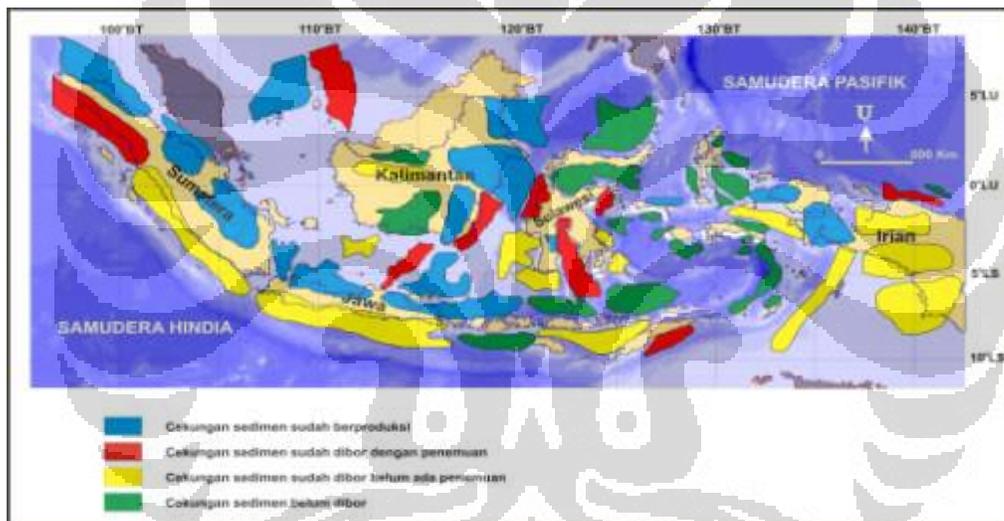
**Gambar 3.12** Kromatogram Perpotongan *Cut Off* keempat senyawa

Jadi dari percobaan ini disimpulkan bahwa metoda dan banyaknya pelarut yang digunakan pada optimasi ini sudah tepat, sehingga metoda untuk memisahkan seluruh percontu fraksi saturat untuk analisis dengan GC-MS dapat menggunakan metoda ini. Dari kurva pada Gambar 3.9, diketahui bahwa fraksi saturat yang akan diteliti akan dipisahkan seluruhnya pada vial ke  $9 \approx 9 \times 25 \text{ tetes} \approx 3 \times \text{dead volume}$ .

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Indonesia bagian Barat memiliki 21 cekungan dan baru 53% nya saja yang berproduksi. Gambar dibawah ini merupakan potensi cekungan yang ada di Indonesia, dan cekungan yang diberi warna biru merupakan cekungan yang sudah berproduksi.



**Gambar 4.1** Cekungan-Cekungan di Indonesia

Dalam skripsi ini, akan dibahas sembilan cekungan dari Indonesia bagian barat, yang semuanya telah berproduksi. cekungan-cekungan tersebut antara lain Cekungan Sumatera Utara, Sumatera Tengah, Sumatera Selatan, Sunda, Natuna Barat, Jawa Barat Utara, Jawa Timur Utara, Tarakan dan Kutei.

Pada Studi ini, digunakan 20 percontonya minyak yang berasal dari 9 cekungan di Indonesia barat. Dengan persebaran dan keadaan awal percontonya seperti pada tabel 4.1

**Tabel 4.1** Data persebaran dan kondisi awal percontonya

Kode sampel	Cekungan	warna	kekentalan
A	SUMUT	Coklat Kehitaman	Cair
B		Coklat Kehitaman	Cair
C		Coklat Kehitaman	Cair
D	SUMTENG	Hitam Legam	Padat
E		Hitam Pekat	Padat
F		Hitam Kecoklatan	Cair
G	SUMSEL	Coklat Tua	Cair
H		Hitam	Cair
I		Coklat Kehitaman	Padat
J		Coklat	Padat
K	SUNDA	Hitam kecoklatan	Padat
L		Hitam	Padat
M	NAT-BARAT	Hitam	Cair
N	JABARUT	Kuning Cerah	Cair
*O		Hitam Kecoklatan	Cair
P		Kuning	Padat
Q	JATIMUT	Kuning kecoklatan	Cair
R		Kuning kecoklatan	Padat
S	TARAKAN	Hitam	Cair
*T	KUTEI	Hitam sedikit coklat	Cair

Ket : \* diambil dari museum MIGAS-TMII (diambil dari tahun 1987)

Dalam penelitian ini, analisis yang digunakan berdasarkan atas kromatografi gas dan kromatografi gas-spektroskopi massa.

## 4.1 Hasil Penelitian

### 4.1.1 Hasil Analisis Gas Kromatografi

Dari hasil pengukuran waktu Retensi menggunakan gas kromatografi Agilent 6890 N dan analisis data menggunakan *Software Chemstation GC* didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Hasil analisis gas kromatografi untuk Tipe material organik

Cekungan	Perconto	Pr	Ph	Pr/Ph	Pr/nC <sub>17</sub>	Ph/nC <sub>18</sub>	CPI	*CPI
SUMUT	A	718251	337432	2,13	0,51	0,31	1,14	1,10
	B	351930	152537	2,31	0,47	0,30	1,08	1,06
	C	198609	90537	2,19	0,50	0,30	1,13	1,08
SUMTENG	D	246522	56653	4,35	5,49	1,00	1,79	1,88
	E	2217932	587198	3,78	50,18	19,28	0,69	1,26
	F	1696510	1005328	1,69	1,21	0,77	1,01	1,11
SUMSEL	G	633330	271753	2,33	0,71	0,38	1,15	1,07
	H	1830454	238007	7,69	1,23	0,19	1,15	1,06
	I	993918	254397	3,91	0,78	0,22	1	1,05
	J	1744275	235021	7,42	1,98	0,32	1,16	1,06
SUNDA	K	409006	146655	2,79	0,48	0,18	1,08	1,04
	L	366621	129551	2,83	0,35	0,12	1,02	1
NATUNA BARAT	M	Terbiodegradasi Berat						
JABAR- UTARA	N	2535156	288053	8,80	1,81	0,25	1,16	1,05
	O	1802140	233684	7,71	2,23	0,28	1,14	1,03
	P	2895077	496899	5,83	1,35	0,24	1,17	1,07
JATIM- UTARA	Q	1475191	273762	5,39	2,05	0,44	1,12	1,13
	R	205932	67239	3,06	6,18	2,74	1,97	1,97
TARAKAN	S	2430758	363899	6,68	4,05	0,43	1,15	1,02
KUTEI	T	1479624	191837	7,71	1,59	0,23	1,12	1,01

#### 4.1.2 Hasil Analisis Rasio Gas kromatografi-Spektroskopi Massa untuk Lingkungan Pengendapan

**Tabel 4.3** Hasil analisis gas kromatografi-spekroskopi massa untuk lingkungan pengendapan

Cekungan	Perconto	Rasio 1	Rasio 2	Rasio 3	Rasio 4	Rasio 5	Rasio 6	Rasio 7	Rasio 8	Rasio 9	Rasio 10	Rasio 11	Rasio 12	Rasio 13
SUMUT	A	0,88	0,32	0,92	0,60	1,36	2,39	0,10	0,012	0,22	1,24	32	36	32
	B	0,67	0,19	0,26	0,51	0,37	1,90	1,05	0,03	0,15	0,88	42	34	24
	C	1,04	1,55	0,71	0,67	1,71	1,93	0,04	0,21	0,43	5,43	60	22	17
SUMTENG	D	1,04	0,44	0,27	0,70	0,03	3,49	0,43	0,16	0,01	0,09	34	17	49
	E	0,45	0,49	0,31	0,50	0,08	3,15	0,02	0,002	0,01	0,61	43	17	40
	F	0,41	1,24	2,27	0,53	1,31	1,44	0,29	0,22	0,42	1,65	39	30	31
SUMSEL	G	1,12	0,43	0,45	0,69	0,73	2,88	0,10	0,07	0,14	1,20	44	33	24
	H	8,33	1,29	0,25	0,47	1,25	1,09	0,12	0,27	0,36	0,26	41	29	30
	I	2,38	0,44	0,32	0,56	0,37	2,53	0,06	0,31	0,49	0,51	30	54	17
	J	1,02	1,28	0,57	0,66	1,20	1,93	2,98	2,46	2,57	0,01	9	12	78
SUNDA	K	1,25	0,40	0,24	0,56	0,03	4,01	0,03	0,01	0,01	0,49	43	31	25
	L	1,33	0,38	0,24	0,67	1,00	9,65	0,02	0,00	0,01	0,49	40	37	23
NATUNA BARAT	M	1,94	0,33	0,55	0,67	0,06	1,21	0,05	0,03	0,12	0,68	0	100	0
JABAR- UTARA	N	3,55	1,48	1,05	0,53	0,11	1,50	0,04	0,24	0,29	1,22	40	23	37
	O	8,79	1,68	0,38	5,57	6,93	1,75	0,10	3,86	4,96	0,26	36	45	19
	P	4,23	1,05	0,26	0,02	1,27	2,29	0,05	0,13	0,20	0,67	41	30	29
JATIM- UTARA	Q	10,99	1,14	0,17	0,82	0,53	4,59	0,04	0,04	0,06	0,50	51	19	29
	R	5,33	1,05	0,30	0,12	0,51	1,84	0,05	0,11	0,14	0,39	37	33	30
TARAKAN	S	1,90	1,04	0,28	0,62	1,46	2,25	0,15	0,50	0,60	0,22	50	24	26
KUTEI	T	2,07	1,15	0,24	0,59	1,20	1,72	0,09	0,23	0,26	0,36	42	30	28

#### 4.1.2 Hasil Analisis Rasio Gas kromatografi-Spektroskopi Massa untuk Kematangan Termal

**Tabel 4.4** Hasil analisis gas kromatografi-spektroskopi massa untuk kematangan

Cekungan	Perconto	Rasio 14	Rasio 15	Rasio 16	Rasio 17	Rasio 18	Rasio 19	Rasio 20	Rasio 21	Rasio 22
SUMUT	A	0,92	0,41	0,11	1,36	0,60	2,08	1,24	0,28	0,31
	B	0,26	0,55	0,40	0,37	0,62	2,81	0,88	0,16	0,35
	C	0,71	0,39	0,16	1,71	0,83	3,18	5,43	0,60	0,26
SUMTENG	D	0,27	0,62	0,32	0,03	0,62	2,32	0,09	0,01	0,04
	E	0,31	0,53	0,32	0,08	0,61	0,78	0,61	0,55	0,60
	F	2,27	0,55	0,20	1,31	0,65	3,10	1,65	0,55	0,46
SUMSEL	G	0,45	0,46	0,19	0,73	0,61	1,97	1,20	0,41	0,34
	H	0,25	0,32	0,20	1,25	0,47	4,78	0,26	0,28	0,35
	I	0,32	0,64	0,26	0,37	0,57	3,75	0,51	0,38	0,30
	J	0,57	0,12	0,24	1,20	0,47	3,44	0,01	0,96	0,40
SUNDA	K	0,24	0,63	0,31	0,03	0,59	2,00	0,49	0,49	0,22
	L	0,24	0,59	0,30	1,00	0,58	2,80	0,49	0,69	0,32
NATUNA BARAT	M	0,55	0,31	0,03	0,06	0,56	3,52	0,68	0,39	0,12
JABAR-UTARA	N	1,05	0,54	0,04	0,11	0,61	4,97	1,22	0,37	0,59
	O	0,38	0,25	0,04	6,93	0,95	3,56	0,26	0,47	0,36
	P	0,26	0,33	0,87	0,27	0,60	3,15	0,67	0,49	0,35
JATIM-UTARA	Q	0,17	0,44	0,05	0,53	0,60	2,20	0,50	0,33	0,35
	R	0,30	0,46	0,37	0,51	0,60	2,74	0,39	0,38	0,40
TARAKAN	S	0,28	0,23	0,30	1,46	0,56	3,22	0,22	0,51	0,42
KUTEI	T	0,24	0,36	0,26	1,20	0,58	2,30	0,36	0,49	0,32

Pada tabel 4.3 dan 4.4, adalah data yang didapatkan dari gas kromatografi-spektroskopi massa Tipe 5890-5973N. Perhitungan waktu retensi dan luas peak dihitung dengan program *chemstation GCMS*.

**Tabel 4.5** Tabel keterangan rasio lingkungan pengendapan

Rasio 1	$C_{24} TE / C_{26}$ Trisiklik
Rasio 2	$C_{25} / C_{26}$ Trisiklik
Rasio 3	Trisiklik/ Hopana
Rasio 4	$C_{29} / C_{30}$ Hopana
Rasio 5	Oleanana/ $C_{30}$ Hopana
Rasio 6	$C_{35}$ Homohopana
Rasio 7	Sterana/Hopana
Rasio 8	Bikadinana W/ $C_{30}$ Hopana
Rasio 9	Bikadinana T/ $C_{30}$ Hopana
Rasio 10	Diasterana/Sterana
Rasio 11	$\alpha\beta\beta$ $C_{27}$ Sterana
Rasio 12	$\alpha\beta\beta$ $C_{28}$ Sterana
Rasio 13	$\alpha\beta\beta$ $C_{29}$ Sterana

**Tabel 4.6** Tabel keterangan rasio kematangan termal

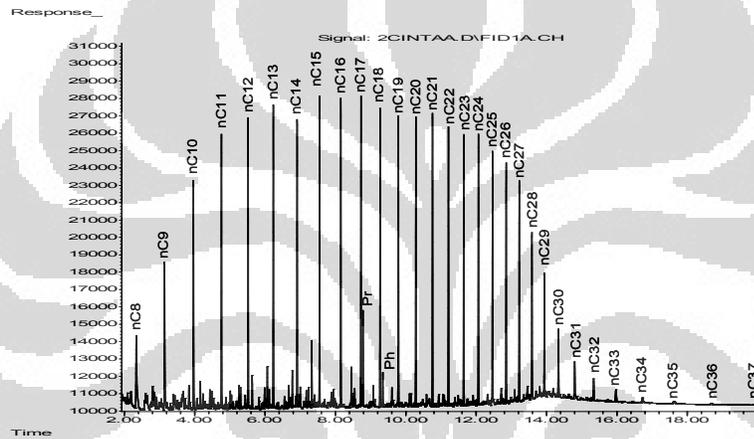
Rasio 14	Trisiklik/ Hopana
Rasio 15	$Ts / (Ts + Tm)$
Rasio 16	$C_{29}Ts / (C_{29}Ts + C_{29}Norhopan)$
Rasio 17	Oleanana/ $C_{30}$ Hopana
Rasio 18	$22S / (22S + 22R)$
Rasio 19	BMI ( $T/T' + R$ )
Rasio 20	Diasterana/Sterana
Rasio 21	$20S / (20S + 20R) C_{29}$
Rasio 22	$\alpha\beta\beta / (\alpha\alpha\alpha + \alpha\beta\beta) C_{29}$

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pembahasan Tipe Material Organik

Data nilai pada Tabel 4.2, didapatkan dari pengukuran luas puncak pada masing-masing waktu retensi kemudian dicocokkan dengan literatur.

Contoh penandaan puncak pada retensi yang diselidiki adalah sebagai berikut :



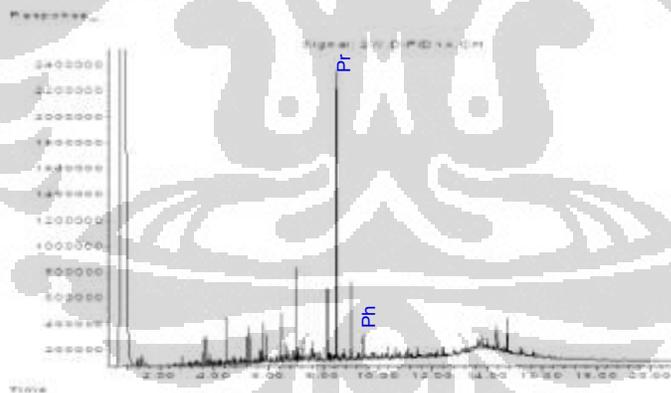
**Gambar 4.2** Contoh penandaan puncak

Dari analisis sidikjari Gas Kromatografi ini dapat dilihat distribusi *n*-alkana di setiap perconto (Lampiran 1-9). Masing-masing perconto memperlihatkan pola penyebaran/distribusi yang berbeda-beda yang menunjukkan karakteristik yang berbeda pula dari perconto tersebut. Distribusi *n*-alkana menyediakan informasi penting mengenai input material organik perconto, proses sekunder yang dialami oleh perconto seperti biodegradasi serta digunakan untuk melihat kematangan termal kasar

(Petters & Moldowan, 1993). Dari pola penyebaran ini pun dapat dilihat karakteristik minyak serta hubungan minyak dengan minyak lainnya.

Dari hasil pada tabel 4.2, dapat diketahui perbandingan-perbandingan rasio yang digunakan untuk mencari informasi dari percontonya yang digunakan. Namun sayangnya pada analisis gas kromatografi ini mempunyai kelemahan bahwa perlu dicurigainya bahkan tidak dapat dipergunakannya data untuk percontonya yang mengalami Biodegradasi berat, *water washing* ataupun *gas washing*, sebab pengukuran pada n-alkana pada percontonya yang mengalami proses sekunder tidak memungkinkan dapat dilakukan secara akurat.

Contoh kromatogram yang mengalami biodegradasi Berat ataupun kemungkinan disebabkan oleh faktor sekunder lain adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Contoh kromatogram yang telah terdegradasi

Berdasarkan pada bentuk kromatogramnya, percontonya yang mengalami biodegradasi : Percontonya D dan E dari Cekungan Sumatera Tengah , percontonya M dari Cekungan Natuna Barat Serta percontonya R dari Cekungan Jawa Timur Utara. Namun untuk senyawa-senyawa asiklik

isoprenoid yaitu pristana dan fitana nya masih dapat teramati cukup jelas. Hal ini karena Pristana dan fitana sebagai penanda isoprenoid cukup kuat, Sehingga tingkat biodegradasi yang dialami oleh perconto-perconto tersebut masih digolongkan terbiodegradasi ringan. Untuk menginterpretasi data dari keempat perconto itu pun masih mungkin dilakukan (kecuali pada perconto M yang sangat sulit dibaca kromatogramnya) namun perlu diikuti data-data pendukung lainnya. Sehingga didapatkan jangkauan data nilai sebagai berikut :

i) Nilai rasio Pr/Ph (Powell & kyrdy, 1973) :

Dari jangkauan nilai diatas, dikelompokkan menjadi dua kelompok berdasarkan nilai rasio Pr/Ph.

- Kelompok rasio Pr/Ph 1-3

Perconto yang termaksud kedalam kelompok ini antara lain : Perconto A,B dan C dari Cekungan Sumatera Utara. Perconto F dari Cekungan Sumatera Tengah. Perconto G dari Cekungan Sumatera Selatan. Perconto K dan L dari Cekungan Sunda.

Nilai Rasio Pr/Ph antara 1-3 mengindikasikan perconto tersebut merupakan perconto yang mempunyai jenis minyak yang kurang berat (low waxy) dan cenderung berasal dari batuan sumber lautan.

- Kelompok rasio Pr/Ph diatas 3

Perconto D dan E untuk Cekungan sumatera tengah, Perconto H, I dan J dari Cekungan Sumatera Selatan, Perconto Q dari Cekungan Jawa Timur utara, Perconto N,O,P dari Cekungan Jawa barat Utara, perconto S

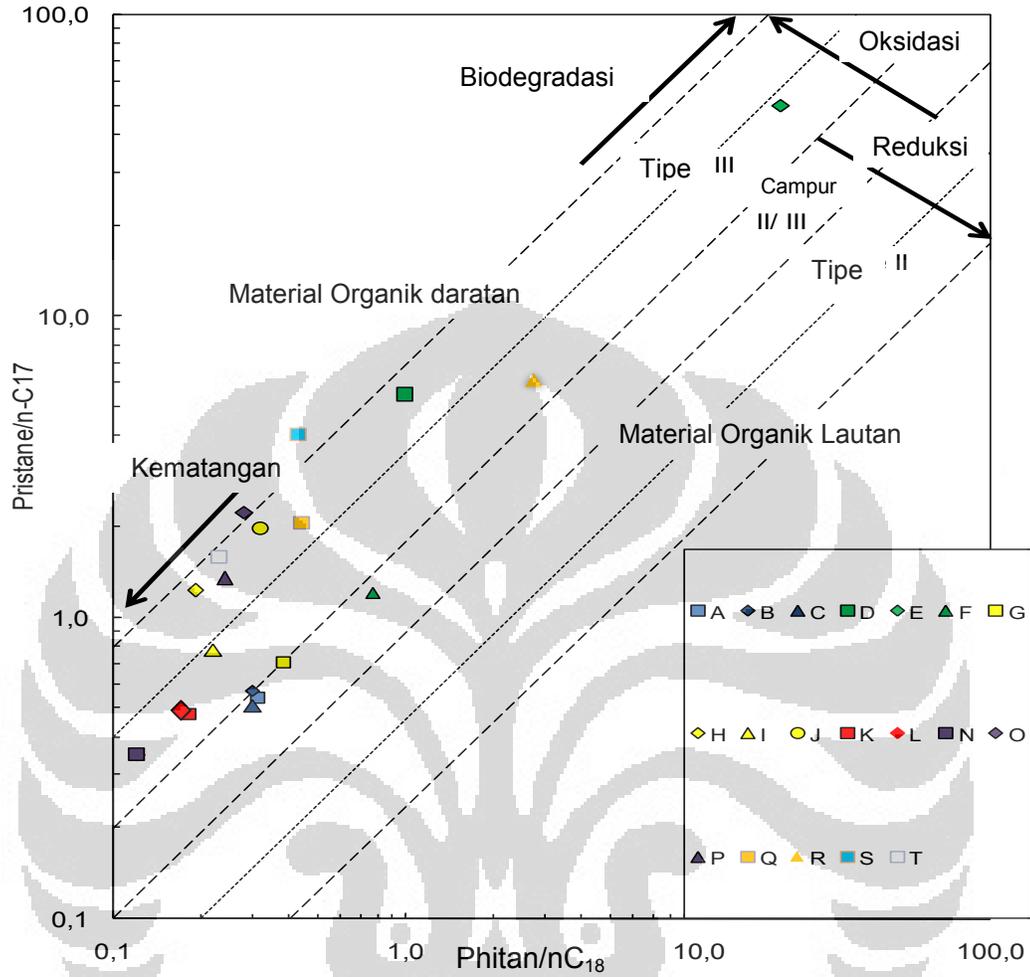
dari Cekungan Tarakan serta perconto T dari Kutei. Dari rasio  $> 3$ , mengindikasikan perconto-perconto ini memiliki jenis minyak yang berat (*Waxy*) dan berasal dari batuan sumber bukan lautan.

Rasio Pr/Ph juga dapat dipergunakan untuk menunjukkan potensial redoks sedimen sumber (Didyk, 1978), Untuk nilai rasio pristana/fitana  $< 1$  menunjukkan lingkungan pengendapan yang anoksik, sedangkan untuk nilai rasio Pr/Ph yang lebih besar dari 1 mengindikasikan lingkungan pengendapan yang oksik. Untuk perconto-perconto yang terbentuk pada jendela minyak, rasio Pr/Ph yang tinggi ( $>3.0$ ) mengindikasikan bahwa minyak tersebut berasal dari input material organik daerah terrestrial di bawah kondisi yang oksik, sedangkan untuk nilai rasio Pr/Ph yang rendah ( $<0.6$ ) menunjukkan lingkungan pengendapan yang anoksik dalam lingkungan hipersalin.

ii) Nilai rasio CPI

Dari nilai rasio CPI pada pada seluruh perconto di Indonesia bagian Barat, diketahui jangkauan CPI dari 1,01 – 1,97 yang menandakan bahwa lingkungan pengendapan yang sedikit oksik untuk seluruh perconto.

Kemudian, untuk melihat lebih lanjut lagi, pembagian Tipe Material dari setiap perconto di Indonesia bagian Barat ini, dapat diplotkan pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



**Gambar 4.4** Grafik Tipe material organik



Dari Gambar 4.4, Cekungan Natuna barat yang terbiodegradasi berat (gambar kromatogram pada Lampiran 5), tidak dapat diplotkan kedalam Gambar 4.4.

Untuk perconto A, B dan C yang berasal dari Cekungan Sumatera Utara, Tipe material organik adalah percampuran antara Tipe II dan III. Perconto D, dan E yang berasal dari Cekungan Sumatera Tengah dikategorikan Tipe III namun mengalami biodegradasi (Lampiran 2) walaupun pristana, fitana dan n-alkana masih dapat dilihat dari kromatogram, namun untuk keakuratan data masih perlu dicurigai dan dilanjutkan dengan analisis selanjutnya. Sedangkan untuk perconto F, yang juga berasal dari Cekungan Sumatera Tengah dikelompokkan mempunyai Tipe material organik campuran II/III, perconto F ini satu-satunya perconto yang tidak mengalami biodegradasi berat pada Cekungan Sumatera Tengah ini. Untuk percontoh H, I dan J yang berasal dari Cekungan Sumatera Selatan, percontoh K dan L dari Cekungan Sunda, perconto N, O dan P dari Cekungan Jawa Barat Utara, percontoh S dari Cekungan Tarakan serta percontoh T dari Cekungan Kutei termaksud Tipe material organik Tipe III.

Secara umum, tipe organik dari seluruh percontoh yang ada di Indonesia Bagian Barat dikategorikan kedalam Tipe III, kecuali pada perconto-perconto yang berasal dari Cekungan Sumatera Utara, perconto F dari Cekungan Sumatera Tengah dan perconto G dari Cekungan Sumatera Selatan dikategorikan kedalam Tipe II/III.

Tipe II material organik pada minyak bumi dari Tipe campuran percontoh di Cekungan Sumatera Utara, perconto F dan G, Kerogen Tipe II/III ini memiliki perbandingan atom H/C relatif tinggi (1,2 – 1,5) dan atom O/C relatif rendah (0,1 – 0,2). Kerogen tipe ini dapat menghasilkan minyak dan

gas, tergantung pada tingkat kematangan termalnya. Kerogen Tipe II dapat terbentuk dari beberapa sumber yang berbeda yaitu alga laut, polen, spora, lapisan lilin tanaman, fosil resin, dan lemak tanaman. Hal ini terjadi akibat adanya pencampuran antara material organik autochton berupa phytoplankton (dan kemungkinan juga zooplankton dan bakteri) bersama-sama dengan material allochton yang didominasi oleh material dari tumbuhan-tumbuhan seperti polen dan spora. Pencampuran ini menunjukkan adanya gabungan karakteristik antara kerogen Tipe I dan Tipe III. Kandungan hidrogen yang dimiliki kerogen Tipe II sangat tinggi, sedangkan kandungan oksigennya jauh lebih rendah karena kerogen tipe ini terbentuk dari material lemak yang miskin oksigen. (Petters & Moldowan, 1993).

Sedangkan untuk perconto-perconto dari Cekungan lainnya berasal dari Kerogen Tipe III, memiliki perbandingan atom H/C yang rendah ( $< 1,0$ ) dan perbandingan O/C yang tinggi ( $> 0,3$ ). Kandungan hidrogen yang dimiliki relatif rendah karena terdiri dari sistem aromatik yang intensif, sedangkan

kandungan oksigennya tinggi karena terbentuk dari lignin, selulosa, fenol, dan karbohidrat. Kerogen Tipe III terutama berasal dari tumbuhan darat yang hanya sedikit mengandung lemak dan zat lilin. Kerogen Tipe ini menunjukkan kecenderungan besar untuk membentuk gas (van Krevelen, 1961).

#### 4.2.2 Pembahasan Lingkungan Pengendapan

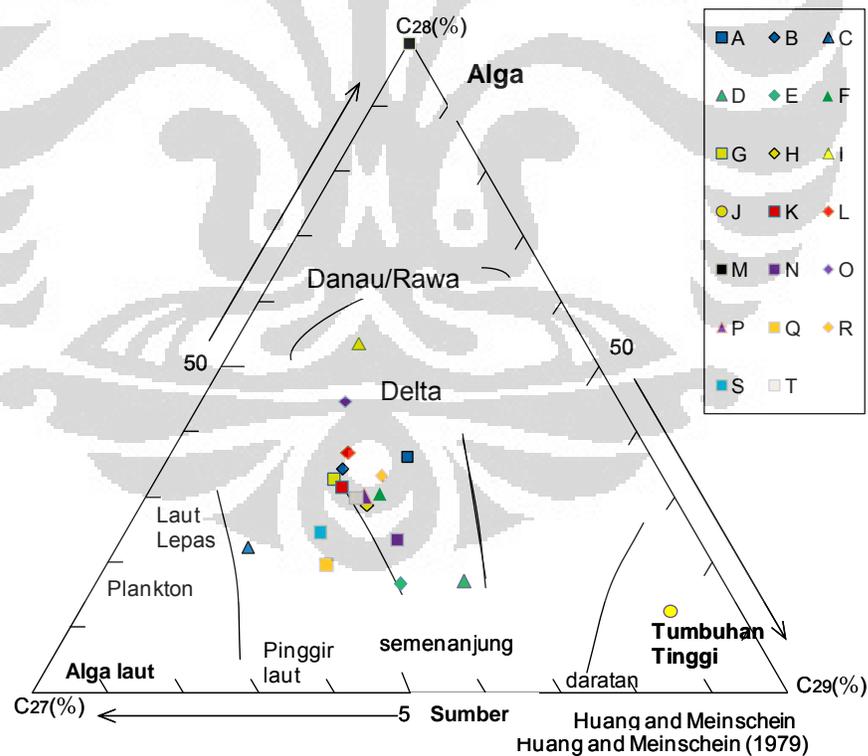
Minyak-minyak yang berasal dari batuan yang terendapkan di bawah kondisi *open-water* menunjukkan nilai rasio  $Pr/nC_{17}$  kurang dari 0,5 sedangkan untuk minyak-minyak yang berasal dari tanah-rawa memiliki rasio lebih besar dari 1 (Lijmbach 1975). Namun, rasio-rasio ini juga menggunakan beberapa pengecualian. Salah satunya yaitu, nilai rasio  $Pr/nC_{17}$  dan  $Ph/nC_{18}$  ini akan semakin berkurang seiring dengan kenaikan kematangan termal minyak bumi. Rasio-rasio ini juga dipengaruhi oleh proses sekunder seperti *water washing*, *gas washing*, biodegradasi, di mana *n*-paraffin secara menyeluruh diserang oleh bakteri aerob sebelum isoprenoid (Peters & Moldowan, 1993).

Dari data tersebut, perconto A, B dan C yang berasal dari Cekungan Sumatera Utara dan perconto K dan L dari Cekungan Sunda memiliki nilai rasio  $Pr/nC_{17}$  ini  $< 0,5$  (lihat tabel 4,1), menunjukan pengendapan berada dalam kondisi *open water*(lautan) sedangkan untuk seluruh perconto lainnya memiliki nilai rasio  $> 1$  menunjukan daerah pengendapan tanah danau-rawa(lakustrin). Sementara itu untuk perconto G dan I memiliki nilai diantara

0,5-1 menunjukkan lingkungan pengendapan diantara *open-lautan* dan danau-rawa (lakustrin).

Selain dengan gas kromatografi untuk mendukung data lebih akurat lagi dilakukan analisis dengan menggunakan gas kromatografi-spektroskopi massa dengan metode SIM (selected ion monitoring) dengan mode pemantauan untuk fraksi saturat Triterpena(M/Z 191) dan Sterana(M/Z 217)

Berdasarkan tabel 4.3 rasio 11-13 yaitu C<sub>27</sub>-C<sub>28</sub>-C<sub>29</sub> sterana, dapat dibuat diagram segitiga untuk melihat lingkungan pengendapan berdasarkan rasio ketiganya. dari 20 percontoh pada penelitian ini. Dibuat dengan diagram segitiga seperti berikut ini :



**Gambar 4.5** Diagram segitiga untuk lingkungan pengendapan



dapat diputuskan dikarenakan percontonya ini berasal dari lingkungan pengendapan lautan, perbandingan  $nC_{28}/nC_{29} : 22/17 : 1,29$ . Nilai  $nC_{28}/nC_{29} > 0,7$  dikategorikan dari jaman miocene muda.

## 2. Danau (Lakustrin)

Klasifikasi danau atau rawa berarti mendeskripsikan asal muasal dari kerogen alga yang terendapkan pada lingkungan danau atau danau (lakustrin). Sedikit tercampur dengan material organik dari delta (terrigenous). kelas ini ditandai dengan rasio  $C_{25}/C_{26} \ll 1$  (ten Heaven & Schiefelbein, 1995).

Rasio sterana/hopana yang rendah ( $<1.00$ ) mengindikasikan danau-rawa dan delta (Terrigenous) yang berasal dari material organik yang dapat diurai kembali oleh mikroba (Tissot & Welte, 1984).

$C_{24}TE/C_{26}$  yang relatif tinggi mengindikasikan percontonya bukan berasal dari daerah asal pengendapan lautan (moldowan, 1987)

Dari pengelompokan rasio diatas, didapatkan kelompok percontonya antara lain : A, D, E, G, I, K, L, M,

Kedelapan percontonya tersebut berasal dari: satu percontonya dari Cekungan Sumatera Utara, dua percontonya dari Cekungan Sumatera Tengah, dua percontonya dari Cekungan Sumatera Selatan, dua percontonya dari Cekungan Sunda, satu percontonya dari Cekungan Natuna Barat.

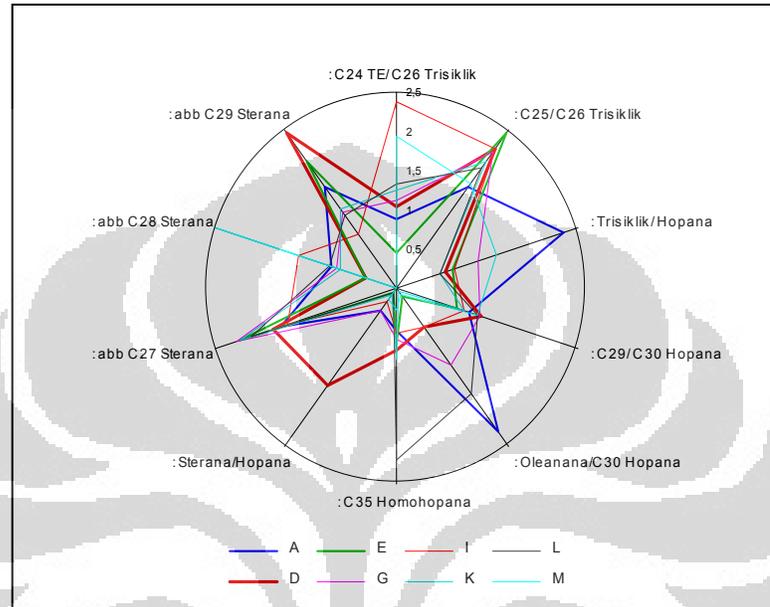
Rasio  $C_{24}TE/C_{26}$  trisiklik sangat signifikan membedakan perconto yang berasal dari daerah lautan dan danau-rawa atau delta-Terrigenous, terlihat dari grafik nilai rasio rendah atau dibawah nilai satu (kecuali untuk perconto A yang bernilai 0,88, nilai ini dimungkinkan karena perconto dari Cekungan sumatera utara ini cenderung dekat dengan laut sehingga dimungkinkan masuknya organisme laut ikut terendapkan.

Rasio trisiklik/hopana merupakan parameter sumber yang membandingkan kumpulan bakteri atau lipid alga (trisiklik) dengan spesies prokariotik yang berbeda (hopana). Untuk hopana dengan  $C_{31}$  atau lebih mengindikasikan *bacteriohopanepolyols* yang terdapat dalam *bacteriohopanetetrol*, untuk hopana dengan  $C_{31}$  atau kurang mengindikasikan diplopterol atau diploptana (Rohmer, 1987). Dari tabel 4.3 mengindikasikan bahwa semua kelompok pada kelas ini memiliki nilai rasio  $< 1$ .

Rasio  $C_{29}/C_{30}$  hopana  $< 1$ , mengindikasikan perconto-perconto pada kelompok ini memiliki ciri-ciri dari tanah klastik

Secara kasar Rasio oleanana/hopana dapat digunakan untuk melihat indikasi suatu perconto berasal dari daratan atau perairan. Nilai oleanana yang rendah sedikit banyak, mengindikasikan perconto berasal dari daerah perairan maupun danau-rawa (lakustrin).

Untuk melihat kedekatan-kedekatan rasio serta sifat pada kelompok perconto ini, dibuat diagram bintang sebagai berikut :



**Gambar 4.6** Diagram bintang untuk ingkungan pengendapan

Pada gambar 4.6, terlihat kedelapan perconto memiliki kemiripan, sehingga berbentuk bintang. Dan rasio yang sangat signifikan mengelompokkan kelas ini adalah  $C_{25}/C_{26}$  Trisiklik, terlihat dari garis-garis yang mengerucut. Dari  $C_{27}$ - $C_{28}$ - $C_{29}$  terlihat pula pengelompokan dari kelas ini. Sehingga rasio ini juga signifikan untuk memisahkan kelas ini. Sedangkan untuk nilai  $C_{35}$ -Homohopana terjadi penyebaran data yang kurang mengerucut, dari nilai ini nantinya dapat digunakan untuk mengelompokkan lebih kecil dan lebih terkarakteristik.

### 3. Delta (Terrigenous)

Rasio sterana/hopana yang rendah ( $<1.00$ ) mengindikasikan rawa dan daratan (Terrigenous) yang berasal dari material organik yang dapat diurai kembali oleh mikroba (Tissot & Welte, 1984). Pada rasio ini juga, seperti pada rasio  $C_{24}TE/C_{26}$  trisiklik, sangat signifikan membedakan perconto yang berasal dari lautan dengan dari rawa atau daratan (terrigenous). Dari data pada tabel 4.3 terlihat hanya perconto B dari Cekungan Sumatera Utara yang memiliki nilai Sterana/Hopana  $> 1$ .

Dengan Rasio  $C_{24}TE/C_{26}$  trisiklik seperti pada analisis pada lingkungan pengendapan, rasio ini secara signifikan membedakan perconto yang berasal dari perairan dengan dari daratan (Petters & Moldowan, 1987). Karena nilai yang rendah dari rasio ini mengindikasikan lingkungan pengendapan lautan.

Kelas Daratan (terrigenous) ini memiliki rasio  $C_{25}/C_{26} > 1$  dan Tipe material organiknya dari Tipe III (ten Heaven & Schiefelbein, 1995).

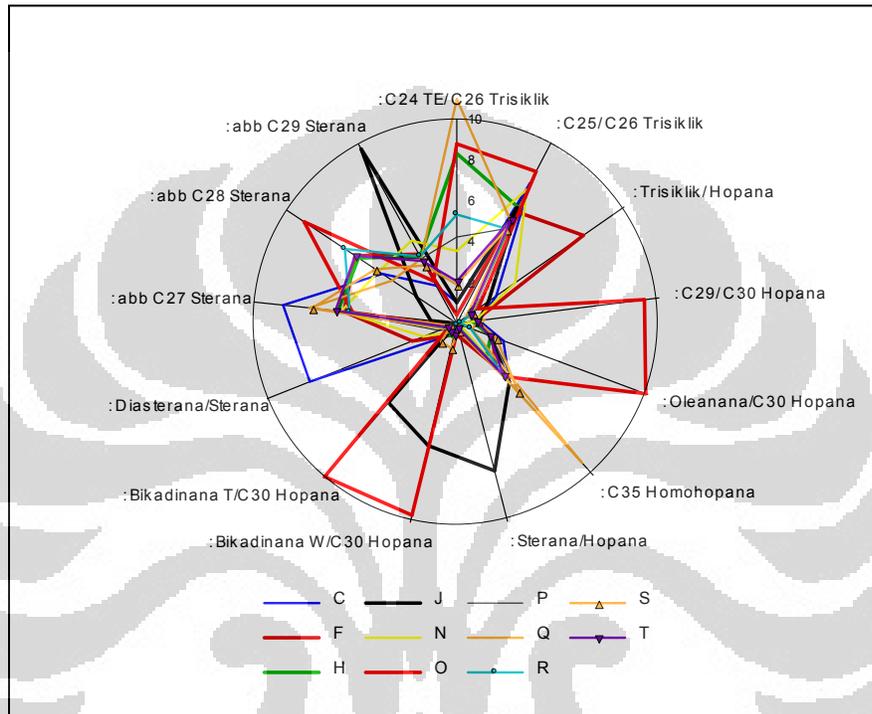
Bila dilihat dari Tabel 4.3 Kelas ini juga terdiri dari perconto-perconto yang secara umum memiliki nilai rasio Bikadinana  $W/C_{30}$  Hopana dan bikadinana  $T/C_{30}$  Hopana lebih tinggi dari kelas Rawa dan laut. Karena bikadinana ini merupakan perconto yang memiliki kelimpahan damar resin yang diturunkan dari tumbuhan family

Dipterocarpus yang berasal dari daratan. Dari Tabel 4.3 terlihat pada rasio Bikadinana W/C<sub>30</sub> Hopana dan Bikadianana T/C<sub>30</sub> Hopana ditemukan memiliki nilai spesifik yang tinggi dari perconto J pada Cekungan Sumatera Selatan dan perconto O dari Cekungan Jawa Barat Utara, Data ini dapat sangat mengkarakterisasikan bahwa senyawa bikadinana ini mencirikan Tipe minyak resinik (Tipe minyak bumi yang mengandung bikadinana tinggi) yang ditemukan pada kedua Cekungan ini.

Berdasarkan nilai rasio-rasio diatas ini, dikelompokkan perconto yang berasal delta (terrigenous) yaitu : perconto C, F, H, J, N, O, P, Q, R, S, dan T . perconto-perconto tersebut antara lain terbagi pada, satu perconto dari Cekungan Sumatera Utara, satu Cekungan dari Sumatera Tengah, dua perconto dari Sumatera Selatan, tiga perconto dari Cekungan Jawa Barat Utara, dua perconto dari Jawa Timur Utara, satu perconto dari Cekungan Tarakan, dan satu perconto dari Cekungan Kutei.

Rasio oleanana/C<sub>30</sub> hopana dari kelas ini, secara garis besar >1, nilai oleanana pada kelas ini besar, dikarenakan 18 $\alpha$ (H)-oleanan sebagai penanda tumbuhan dari jaman cretaceous atau yang lebih muda dari itu. Oleanan diturunkan dari betulina dan pentacyclic triterpen lainnya pada angiosperma yang merupakan tumbuhan tinggi (Whitehead, 1974; ten Haven & Rullkootter, 1988)

Untuk melihat hubungan kelompok ini, digambarkan dengan diagram bintang seperti berikut ini :



**Gambar 4.7** Diagram bintang II Lingkungan Pengendapan

Dari gambar diagram bintang diatas, terlihat data yang mengumpul dari rasio-rasio diatas, hanya saja pada beberapa rasio seperti bikadinana W/C<sub>30</sub> hopana dan bikadianana T/C<sub>30</sub> hopana yang mendominasi pada sampel J dan O sehingga kemiripan yang dapat tergambar dari diagram ini tersamarkan.

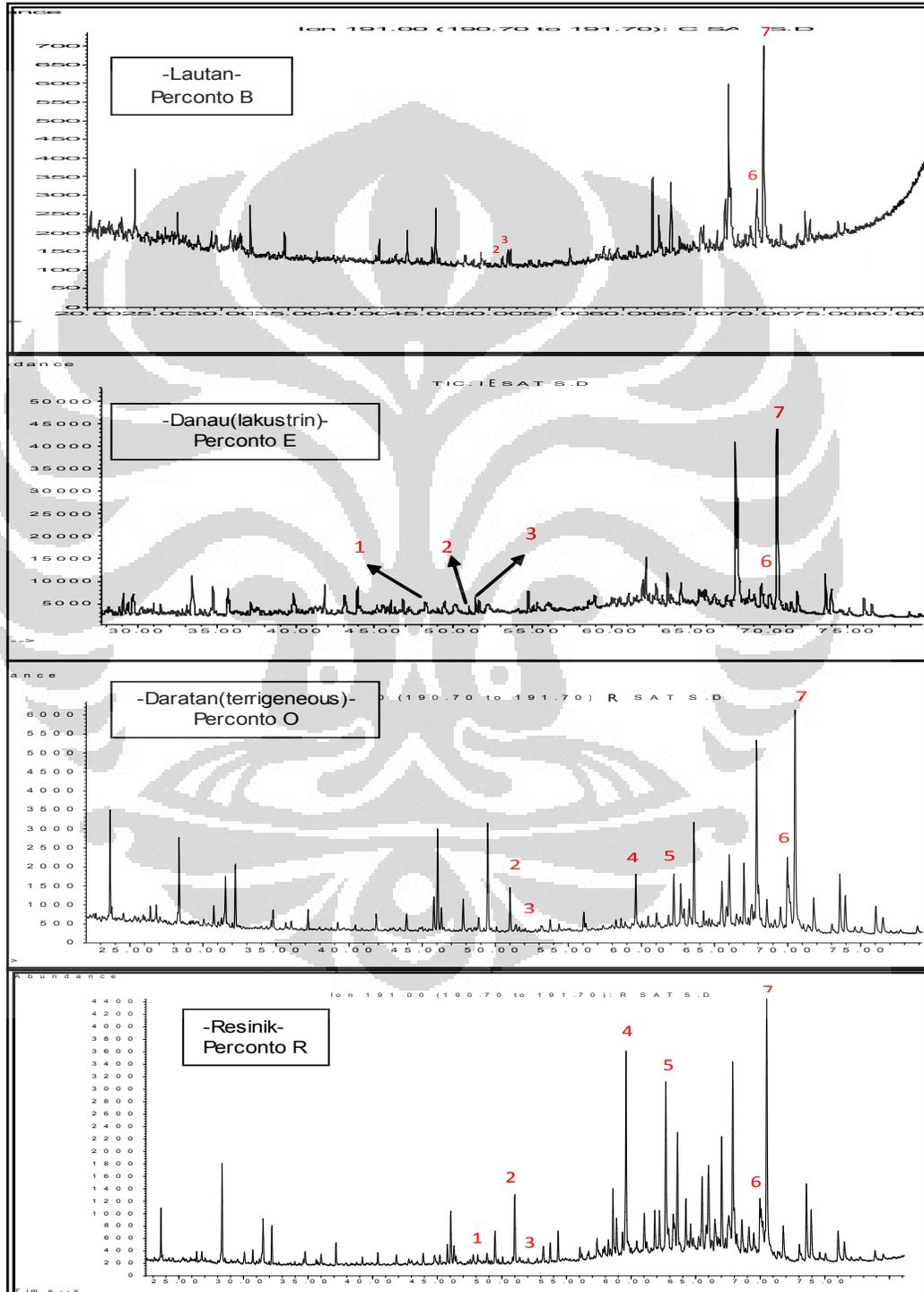
Rangkuman lingkungan pengendapan per-perconto pada penelitian ini di dalam data pada tabel yang tertera pada Lampiran 30 serta digambarkan pada peta pada Lampiran 31

Dari penjelasan dan pengelompokan rasio berdasarkan biomarkernya, dirangkum dalam Tabel 4.7

**Tabel 4.7** Tabel ciri lingkungan pengendapan perconto dari rasio biomarker GC-MS

No.	LP	Perconto	Parameter Pengendapan
1	Lautan	B	sterana/hopana yang tinggi Nilai $C_{27}$ sterana yang paling tinggi diantara $C_{28}$ - $C_{29}$ steran $C_{24} TE / C_{26}$ Trisiklik rendah Pr/Ph yang relatif tidak begitu tinggi Oleanana/ $C_{30}$ -Hopana relatif rendah
2	Danau (lakustrin)	A, D E, G I, K L, M	sterana/hopana yang rendah (<1.00) $C_{25}/C_{26} \ll 1$ $C_{24} TE/C_{26}$ yang relatif tinggi Oleanana/ $C_{30}$ -Hopana relatif rendah
3	Delta(terrigenous)	C, F, H J, N, O P, Q, R S, T	sterana/hopana yang rendah (<1.00) $C_{25}/C_{26} \gg 1$ $C_{24} TE/C_{26}$ trisiklik oleanana/ $C_{30}$ hopana yang relative lebih besar
4	Delta-Resinik	J, O	sterana/hopana yang rendah (<1.00) $C_{25}/C_{26} \gg 1$ $C_{24} TE/C_{26}$ trisiklik oleanana/ $C_{30}$ hopana relatif lebih besar bikadinana W/ $C_{30}$ hopana tinggi bikadinana T/ $C_{30}$ hopana tinggi

Setelah dikelompokkan berdasarkan rasio sidikjari biomarker, dilihat karakter khas percontonya pada pengelompokan lingkungan pengendapan berdasarkan gambar kromatogram fraksi Triterpena.



**Gambar 4.8** Contoh kromatogram untuk lingkungan pengendapan

**Tabel 4.8** Keterangan gambar kromatogram

No	Senyawa	Waktu Retensi
1	C <sub>25</sub> trisiklik Terpena	48,212
2	C <sub>24</sub> tetrasiklik terpena	51,008
3	C <sub>26</sub> Trisiklik Terpena	51,419 & 51,632
4	Cis-cis-trans bikadinana	59,589
5	Trans-trans-trans bikadinana	62,659
6	18(H) oleanana	69,973
7	Hopana	70,498

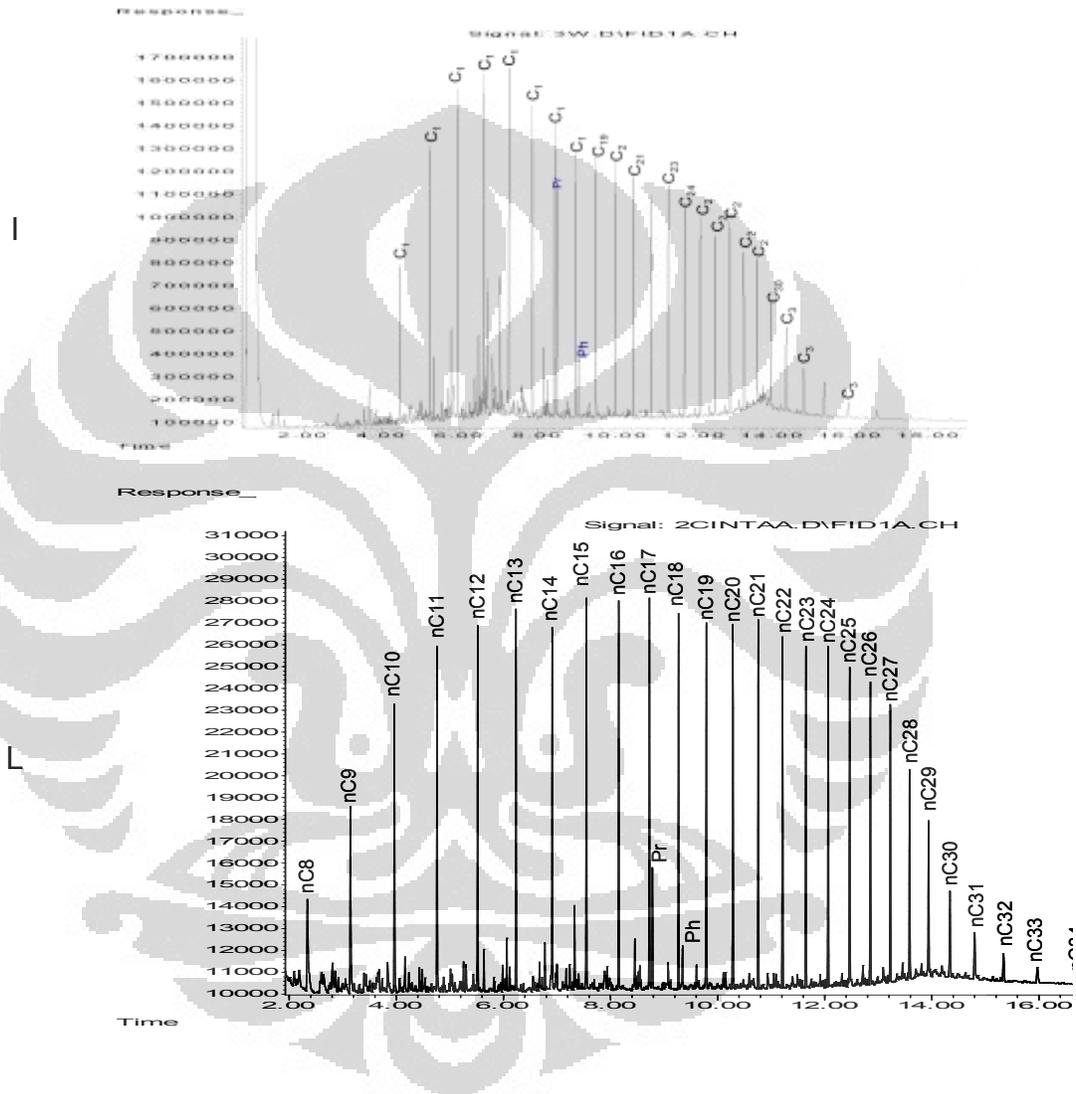
Terlihat dari kromatogram, perconto-perconto dari daerah danau(lakustrin), daratan(terigeneous) dan resinik. C<sub>24</sub> Tetrasiklik cenderung tinggi, hal ini karena C<sub>24</sub> tetrasiklik diturunkan dari Tumbuhan tinggi. Sedangkan pada perconto dari lautan, C<sub>24</sub> trisiklik ini rendah. Sedangkan untuk bikadinana, pada perconto dari lautan dan danau (lakustrin) tidak ditemukan. Hal tersebut karena bikadinana diturunkan dari damar resin yang dihasilkan oleh tumbuhan dipterocarpaceae tumbuhan tinggi. Pada C<sub>25</sub> trisiklik terpena dari lingkungan pengendapan danau terlihat lebih kecil dibandingkan C<sub>26</sub> trisiklik terpena, namun untuk lingkungan Darat (Terrigeneous) dan resinik C<sub>25</sub> trisiklik terpena cenderung lebih tinggi dibanding C<sub>26</sub> trisiklik terpena.

Untuk melihat pengelompokan yang sudah didasarkan dari ciri khas pada fraksi triterpena dan sterana, ditinjau pula berdasarkan kemiripan pola kromatogram dari hasil analisis GC, dilihat juga pola distribusi n-alkana seperti yang dilakukan Curiale & Bromley (1998) pada kromatogram n-alkana di petroleum memperlihatkan distribusi jumlah karbon yang bervariasi (Hunt, 1996).

**Tabel 4.9** Contoh kromatogram lingkungan pengendapan danau (lakustrin)

Perconto

Kromatogram

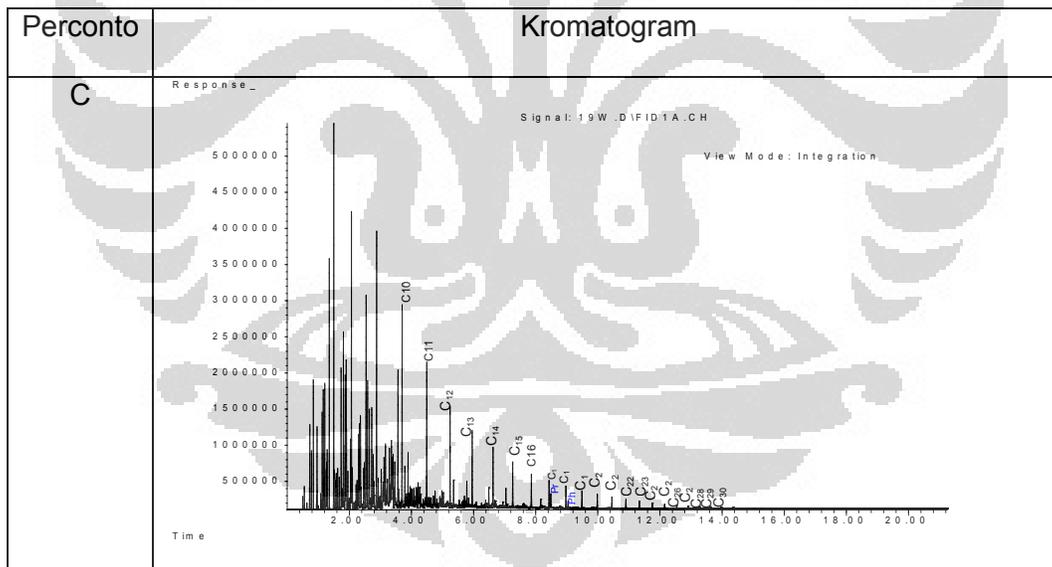


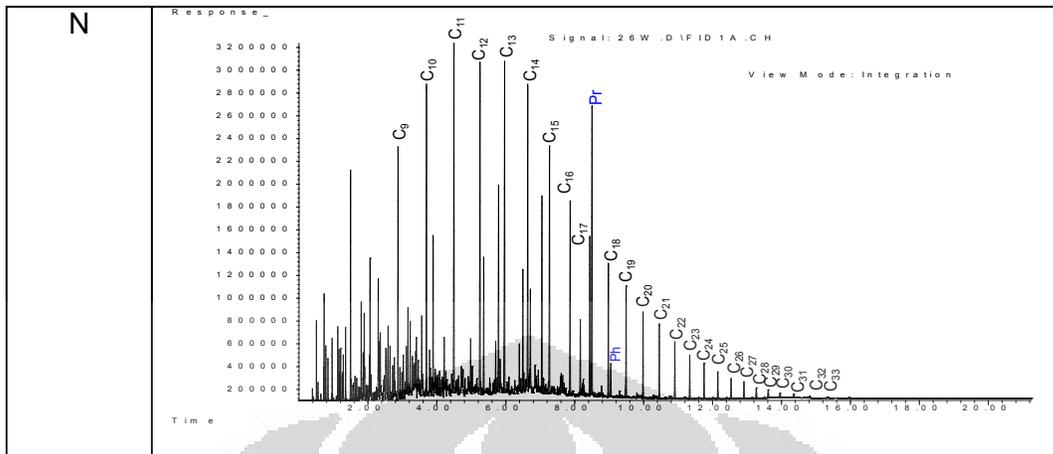
Dari dua contoh kromatogram perconto yang diplotkan terlihat kemiripan pola kurva. Hal ini menandakan bahwa kromatogram dari perconto-perconto pada lingkungan pengendapan danau (lakustrin) memiliki

kecenderungan kesamaan pada distribusi n-alkana relatif dan memperkuat pengelompokan perconto-perconto ini pada kelas ini.

Dari kurva diatas, terlihat kemiripan distribusi relatif dari kemiripan pola diantara percontonya. Hingga memperkuat dugaan kecendrungan kemiripan pola kromatogram pada kondisi lingkungan pengendapan delta ini. Pola seperti kedua perconto pada Tabel 4.8 memperlihatkan pola distribusi bimodal. Tipe bimodal ini bercirikan distribusi n-alkana yang menyerupai huruf M.

**Tabel 4.10** Contoh kromatogram lingkungan pengendapan daratan (*terregeous*)





Dari gambar kromatogram pada tabel 4.8, terlihat bentuk kromatogram dari lingkungan pengendapan ini cenderung unimodal atau terlihat cenderung hanya memiliki 1 puncak saja.

#### 4.2.3 Pembahasan Kematangan Termal

Potensial sumber petroleum dideskripsikan dengan kuantitas, kualitas, dan tingkat kematangan termal dari suatu komponen material organik. Batuan sumber yang potensial, mengandung bagian yang tepat dalam perubahan kerogen menjadi sejumlah petroleum yang signifikan namun belum sepenuhnya matang. Sebuah sumber petroleum yang potensial berubah menjadi batuan sumber yang efektif hanya jika tingkat kematangan termalnya terpenuhi.

Secara umum, material organik dapat dikelompokkan menjadi belum matang, matang dan sudah lewat matang, tergantung dari korelasinya

dengan jendela pembentukan minyak (Tissot & Welte, 1984). Belum matang dapat diakibatkan oleh proses diagenesis yang meliputi secara biologi, fisika, perubahan kimia, tetapi tanpa diikuti oleh efek temperatur. Suatu material organik dikatakan matang karena telah dipengaruhi oleh katagenesis.

Material organik lewat matang, bila sudah terjadi pemanasan pada suhu yang sangat tinggi, yang mereduksi hidrogen hingga hanya dapat menghasilkan gas hidrokarbon yang sedikit.

Kelimpahan relatif dari *n*-alkana dengan nomor karbon ganjil dan genap dapat digunakan untuk memperoleh estimasi kasar dari kematangan termal minyak bumi (Peters & Moldovan, 1993). Nilai CPI untuk kontribusi tanaman tingkat tinggi yang kurang matang (*immature*)  $\gg 1.0$ , tetapi mendekati 1 seiring dengan kenaikan kematangan termal. Nilai dari CPI  $\gg 1$  menandakan batuan sumber berumur muda atau masih rendah tingkat kematangan termalnya. Namun pada seluruh perconton, nilai CPI nya masih berkisar antara 1 ini menandakan bahwa tingkat kematangan termal secara keseluruhan di Cekungan yang ada di Indonesia bagian barat ini cukup baik.

Pola distribusi dari *n*-paraffin bila menunjukkan pola bimodal, yang artinya perconton-perconton minyak tersebut kurang *mature* (tingkat kematangannya rendah). Pola penyebaran *n*-paraffin yang unimodal, di mana perconton-perconton minyak tersebut telah mencapai tingkat kematangan yang cukup. Hal ini ditandai dengan pecahnya beberapa *n*-paraffin dengan berat molekul yang tinggi selama pematangan.

Rasio Trisiklik/Hopana meningkat berhubungan dengan kenaikan kematangan termal (Seifert & Moldowan, 1978) rasio ini meningkat dikarenakan pada suhu yang lebih tinggi. Trisiklik lebih banyak dibandingkan dengan hopana. Sehingga percontonya dengan rasio tertinggi merupakan tercontonya yang paling tinggi kematangan termalnya. Menurut versi rasio ini. Percontonya F dari Cekungan Sumatera Tengah dan percontonya N dari Jawa barat.

Dari rasio  $22S/(22S+22R)$  naik dari 0 – 0,6 selama proses kematangan (Seifert & Moldowan, 1986), dimana rasio dengan nilai 0,5 – 0,54 baru saja akan memasuki pembentukan minyak, sedangkan rasio 0,57-0,62 mengindikasikan minyak sedang memasuki tahapan utama pembentukan minyak tercapai maupun terlampaui. Dari keterangan tersebut, percontonya dikelompokkan menjadi dua : percontonya H dan J dari Cekungan Sumatera Selatan, dan N dari Cekungan Jawa barat Utara, menunjukkan tingkat kematangan nya yang rendah, ketiga percontonya ini baru saja akan memasuki tahap pembentukan minyak digolongkan belum matang (*immature*). Sedangkan kelompok percontonya kedua yakni yang memiliki rasio ini antara 0,57-0,62 melingkupi seluruh percontonya kecuali ketiga percontonya yang dikelompokkan pada kelompok sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa, hampir sebagian besar percontonya yang diambil dari Cekungan di Indonesia barat ini memiliki tingkat kematangan yang tinggi.

Rasio  $20S/(20S+20R)$  bertambah dari 0 – 0,5 (dengan kesetimbangan pada 0,52 – 0,55) seiring dengan bertambahnya kematangan (Seifert & Moldowan, 1986).

Indeks BMI adalah parameter yang digunakan berdasarkan diagenesis policadinana. Yang disebabkan karena microbial dan alterasi kimia yang terjadi selama diagenesis awal. Bikadinana diturunkan dari damar resin yang dihasilkan oleh tumbuhan dipterocarpaceae. Ada beberapa rasio yang diturunkan dari perbandingan bikadinana ini yaitu:

**BMI I:**  $(T/T'+R)$ , dimana T: Trans-trans-trans Bikadinana, T' dan R merupakan isomer dari trans-trans-trans bikadinana namun sampai saat ini strukturnya masih belum diketahui. Gambar dari senyawa bikadinana trans-trans-trans-trans bikadinana ini adalah pada Gambar 4.9.

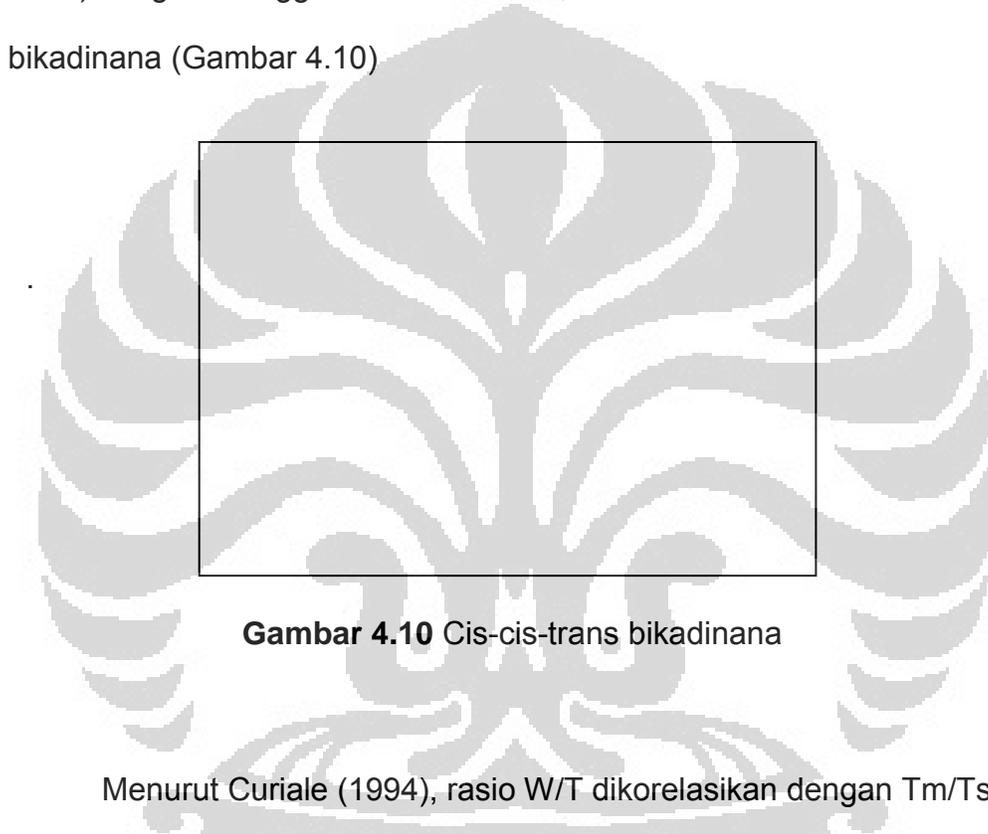


**Gambar 4.9** Trans-trans-trans bikadinana

Keuntungan menggunakan bikadinana ini dalam mencari kematangan termal, dikarenakan senyawa bikadinana ini cenderung resisten terhadap biodegradasi dibandingkan dengan sterana maupun hopana.

**BMI II:** merupakan bentuk metilasi dari BMI I. dirumuskan:  $(MeT/MeT'+MeR)$  namun rasio ini jarang digunakan.

**BMI III:** trans-trans-trans bikadinana, Cis-cis-trans bikadinana (van Aarsen, 1990) konfigurasi bikadinana dalam versi yang lebih sederhana (Curiale, 1994) dengan menggunakan rasio W/T, dimana W adalah cis-cis-trans bikadinana (Gambar 4.10)



**Gambar 4.10** Cis-cis-trans bikadinana

Menurut Curiale (1994), rasio W/T dikorelasikan dengan Tm/Ts pada minyak dari Myanmar. Rasio ini dapat diukur dengan menggunakan GC-MS namun tidak terpengaruh terjadinya koelusi pada fragmen ion, yang mana pada fragmen ion tertentu peak isomer bikadinana dapat meningkat sedangkan untuk cis-cis-trans bikadinana tidak terjadi peningkatan. Sehingga diutamakan menggunakan rasio dengan BMI I (Petters & Moldowan, 1993)

Berdasarkan nilai BMI I seluruh percontoh, dikelompokkan menjadi tiga kelompok. Kelompok pertama BMI antara 0-3, yang termaksud kelompok ini adalah A,B dari Cekungan Sumatera utara, D. E dari Cekungan Sumatera tengah. Perconto G berasal dari Cekungan Sumatera selatan, K,L dari Cekungan Sunda. Q,R dan T dari Cekungan Jawa Timur Utara.dan T dari Cekungan Kutei. Sedangkan perconto C, F ,P dan S berkisar antara BMI 3-3,3 sedangkan untuk kematangan termal tinggi diatas 3,3 yaitu perconto H, I dan J dari Cekungan Sumatera Selatan, M dari Natuna Barat dan N,O dari Jawa Barat Utara.

**Tabel 4.11** Kesimpulan karakter perconto dalam Cekungan

Kode sampel	Cekungan	LP	Tipe MO	Kematangan
A	SUMUT	danau-rawa	II/III	I
B		Laut	II/III	I
C		delta	II/III	III
D	SUMTENG	danau-rawa	II/III	I
E		delta	II/III	I
F		Daratan	III	II
G	SUMSEL	danau-rawa	III	I
H		delta	III	III
I		danau-rawa	III	III
J		delta-Resinik	III	III
K	SUNDA	danau-rawa	III	II
L		danau-rawa	III	II
M	NAT-BARAT	danau-rawa	III	III
N	JABARUT	delta	III	III
O		delta-resinik	III	III
P		delta	III	II
Q	JATIMUT	delta	III	I
R		delta	III	I
S	TARAKAN	delta	III	II
T	KUTEI	delta	III	I

\*Keterangan : Tingkat kematangan diurutkan dari yang terendah-Tinggi → I < II < III

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- Dari hasil pengamatan, di Indonesia bagian Barat, memiliki 3 jenis lingkungan pengendapan, antara lain danau, delta dan lingkungan pengendapan laut berdasarkan dari perbedaan komposisi dan kehadiran biomarker yang beragam.
- Tipe material organik dari perconto-perconto digolongkan tipe III kecuali pada perconto A, B, C dari cekungan Sumatera Utara dan D, E dari Sumatera Tengah yang merupakan tipe II/III
- Pada tipe delta, terdapat sub-kelompok kecil untuk jenis minyak bumi yang mengandung bikadinana tinggi yaitu delta-Resinik yang ditemukan di dua cekungan yaitu di Sumatera Selatan dan Jawa Barat Utara.
- Untuk tingkat kematangan termal dari perconto minyak, dibagi menjadi tiga kelas kematangan (I,II,III) berdasarkan rasio BMI-1 sedangkan untuk analisis dengan rasio yang lainnya menandakan Kematangan termal di cekungan-cekungan Indonesia barat secara garis besar sudah matang.

## 5.2 Saran

- Sebaiknya untuk penelitian berikutnya, pengamatan juga dilakukan dengan menggunakan Carbon isotop C-13 juga analisa dengan menggunakan GC-MS-MS agar penginterpretasian dapat dilakukan dengan lebih detail dan akurasi yang lebih tinggi.

