

**KARAKTERISASI *BIOMARKER* DAN PENENTUAN KEMATANGAN  
TERMAL MINYAK MENTAH (*CRUDE OIL*) DARI  
SUMUR MINYAK DURI (OSD-1)**

M. N. Putri<sup>1</sup>, E. M. Tamboesai<sup>2</sup>, A. Awaluddin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Kimia

<sup>2</sup>Bidang Anorganik Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau  
Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

Mega\_nofieta@yahoo.com

**ABSTRACT**

The crude oil sample of Duri oil well (OSD-1) was determined based on the content of aliphatic and aromatic hydrocarbons. The content of aliphatic hydrocarbons were characterized by gas chromatography (GC) whereas that of aromatic hydrocarbons were measured by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). In the present work, various geochemical parameters have been used to confirm organic matter source, the waxiness, depositional environment and thermal maturity value. Based on abundance of aliphatic hydrocarbons, the studied oil sample of Duri oil well (OSD-1) was formed from a mixed organic source with more contribution from higher vascular plants (terrestrial). The result also indicated that the oil sample of Duri oil well (OSD-1) has high waxy value and originated from delta marine (aquatic-lacustrine) deposited under oxidizing environment. The level of maturity of Duri crude oil was characterized by maturity parameters, such as methylphenanthrene index (MPI), methylphenanthrene ratio and vitrinite reflectance equivalence (VRE). The values of above parameters are as follows; 3 for 0.85 for methylphenanthrene index 3 (MPI 3), 1.14 for methyl phenanthrene ratio (MPR) and 0,81% for vitrinite reflectance equivalent (VRE) respectively. The values showed that the studied oil sample of Duri oil well (OSD-1) is at mid maturity level.

Keywords: *Duri crude oil, methylphenanthrene index, thermal maturity.*

**ABSTRAK**

Sampel minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) dikarakterisasi berdasarkan hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik. Hidrokarbon alifatik dikarakterisasi dengan menggunakan kromatografi gas dan hidrokarbon aromatik dikarakterisasi dengan menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa. Dalam penelitian ini, berbagai parameter geokimia digunakan untuk menentukan asal material organik, kandungan lilin, lingkungan pengendapan dan nilai kematangan termal minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1). Berdasarkan kelimpahan dari hidrokarbon alifatik, minyak mentah Duri berasal dari sumber organik campuran dengan kontribusi utama berasal dari tumbuhan tingkat tinggi (*terrestrial*). Minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) juga memiliki kandungan lilin yang tinggi dan berasal dari lingkungan

pengendapan delta *marine (aquatic-lacustrine)* pada kondisi oksidasi. Tingkat kematangan termal ditentukan dengan parameter-parameter kematangan seperti indeks metilphenantren (MPI), rasio metilphenantren dan vitrinite reflectance equivalent (VRE). Hasil menunjukkan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) memiliki nilai MPI 3 sebesar 0,85 dan MPR sebesar 0,85 serta VRE sebesar 0,81%. Nilai-nilai dari parameter-parameter kematangan ini menunjukkan bahwa minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) adalah minyak mentah dengan tingkat kematangan sedang.

Kata kunci: minyak mentah Duri, indeks metilphenantren, kematangan termal.

## PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang bernilai ekonomis dan memberikan kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Selain minyak bumi sebagai bahan bakar bagi masyarakat dan industri, minyak bumi juga sebagai sumber pemasukan negara. Kebutuhan minyak bumi di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah penduduk. Namun ketersediaan minyak bumi mengalami penurunan setiap tahunnya sehingga terjadi krisis energi. Hal ini terjadi karena sumur-sumur penghasil minyak bumi sudah tidak produktif lagi. Padahal, kebutuhan minyak bumi terus meningkat setiap tahunnya. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan minyak bumi yang terus meningkat ini dengan meningkatkan jumlah produksi. Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi minyak bumi adalah mencari sumber penghasil minyak bumi yang baru (eksplorasi).

Didalam kegiatan eksplorasi minyak bumi, banyak parameter analisis yang harus dipertimbangkan untuk mencapai tujuan eksplorasi yang optimal. Selain data geologi dan geofisika juga diperlukan data geokimia. Salah satu data geokimia yang sangat penting adalah derajat kematangan termal (*termal maturity*). Derajat kematangan termal merupakan salah satu parameter sebagai dasar pertimbangan eksploitasi yang sangat penting, sehingga tanpa informasi geokimia yang diperoleh masih memungkinkan menyisakan kegagalan dalam eksplorasi minyak bumi. Oleh karena itu, data geokimia mulai dipergunakan sebagai data pendukung eksplorasi minyak bumi untuk mengurangi resiko kegagalan eksplorasi (Peter dan Moldowan, 1993).

Didalam fraksi saturat terdapat berbagai parameter yang dapat digunakan untuk mengkaraterisasi minyak mentah. Rasio pristana/ $n-C_{17}$  dan phitana/ $n-C_{18}$  digunakan untuk menentukan sumber material organik minyak mentah, derajat kelilinan (*waxiness*) yang dapat digunakan untuk menentukan kandungan lilin dan rasio pristana/phitana yang digunakan untuk menunjukkan lingkungan pengendapan minyak bumi tersebut seperti yang ditunjukkan oleh penelitian Roushdy, dkk. (2010) pada minyak mentah Ras Badran, Mesir yang menunjukkan hasil bahwa minyak mentah Ras Badran berasal dari lingkungan pengendapan marine pada kondisi reduksi.

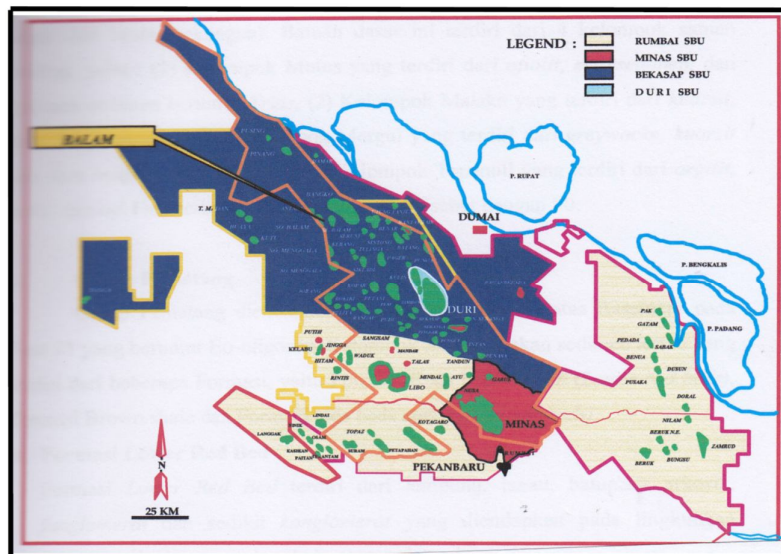
Parameter kematangan hidrokarbon aromatik diketahui lebih sensitif terhadap perbedaan kematangan pada pertengahan hingga bagian akhir dari generasi *oil window*. Salah satu parameter tersebut dengan menggunakan indeks metilphenantren (MPI). Distribusi phenantren dan alkilphenantren dalam sedimen kuno dan minyak mentah merupakan parameter *biomarker* dalam fraksi aromatik yang penting dalam studi geokimia organik karena distribusi ini berubah dengan meningkatnya kematangan

(Radke, dkk., 1982a). Indikator ini banyak digunakan dalam menentukan kematangan dalam minyak mentah sehingga menjadi bahan pertimbangan layak atau tidaknya minyak tersebut untuk dieksploitasi saat proses eksplorasi tersebut. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Stojanovic, dkk (2007) yang menyatakan minyak mentah pada ladang minyak Bako di Serbia memiliki tingkat kematangan termal yang sedang sehingga minyak mentah pada sumur eksplorasi tersebut layak untuk dieksploitasi secara optimal.

## METODE PENELITIAN

### a. Persiapan Sampel

Sampel minyak mentah didapatkan dari sumur minyak Duri (OSD-1) dengan kedalaman sumur 370 kaki. Sampel yang didapat lalu disimpan dibawah suhu  $5^{\circ}\text{C}$  sebelum dilakukan analisis. Hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya biodegradasi pada sampel minyak mentah yang akan dianalisis. Peta lokasi sumur minyak Duri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi sumur minyak Duri

### b. Analisis *Whole Oil*

Sebanyak 2 g sampel minyak diekstraks dengan menggunakan 3 ml diklorometana untuk mendapatkan minyak mentah dari sampel tersebut. Sampel yang diekstrak dikocok selama 30 detik. Kalau minyaknya ada berarti warna larutan berubah menjadi kuning kehitaman. Sampel yang ada minyaknya disentrifugal selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Dilakukan dua kali pengekstrakan dan hasilnya kemudian digabungkan. Kemudian dianalisis dengan kromatografi gas (Tamboesai, 2002).

### c. Fraksinasi Minyak Mentah

Sebanyak 200 mg sampel minyak mentah difraksinasi sebanyak dua kali dengan menggunakan kolom kromatografi yang berisi silika gel. Fraksinasi pertama

dilakukan untuk menghilangkan senyawa polar yang dielusi dengan 20 mL n-heksana yang telah didestilasi. Fraksinasi kedua dilakukan untuk memisahkan hidrokarbon alifatik dan hidrokarbon aromatik. Eluat hasil fraksinasi pertama kemudian diuapkan dan dielusi dengan 8 mL n-heksana dan 14 mL n-heksan/DCM secara berurutan. Hidrokarbon alifatik dianalisis dengan kromatografi gas (GC) dan hidrokarbon aromatik kemudian dianalisis dengan kromatografi gas-spektometri massa (GC-MS) (Zakaria, dkk., 2000).

#### **d. Analisis Sampel**

Analisis sampel minyak bumi untuk alifatik hidrokarbon dari C<sub>8</sub> hingga C<sub>36</sub> dengan menggunakan kromatografi gas (GC) Shimadzu QP 2010 ULTRA dilengkapi dengan Kolom kapiler *fused silica* DB 5 dengan panjang Kolom = 30 m, diameter kolom = 0,32 mm, tebal fasa diam = 0,25 µm. Gas helium digunakan sebagai gas pembawa dengan kecepatan 1 mL/menit. Sampel diinjeksikan menggunakan *column injector* sebanyak 0,2 µL, dengan temperatur *inlet* 270 °C, sedangkan pendeteksian digunakan detektor FID yang suhunya dipertahankan pada 330 °C. Temperatur awal dari oven adalah 60 °C dipertahankan selama 2 menit, lalu suhu dinaikkan dengan bertahap, yakni dengan kenaikan 3 °C/menit hingga suhu 320 °C.

Analisis sampel minyak mentah hidrokarbon aromatik dengan menggunakan kromatografi gas (GC) HP Series 6890 yang diaplikasikan dengan detektor spektroskopi massa (MSD) HP 7683-SIM Mode. Kolom kapiler *fused silica* dengan tipe DB-5 dengan panjang Kolom = 30 m, diameter kolom = 0,32 mm, tebal fasa diam = 0,25 µm. Gas helium digunakan sebagai gas pembawa dengan kecepatan 1 mL/menit. Sampel diinjeksikan sebanyak 0,2 µL menggunakan *column injector*, dengan temperatur *inlet* 270 °C, sedangkan pendeteksian digunakan detektor MSD yang suhunya dipertahankan pada 300 °C. Temperatur awal dari oven adalah 70 °C dipertahankan selama 3 menit, lalu suhu dinaikkan dengan bertahap, yakni dengan kenaikan 3 °C/menit hingga suhu 310 °C. Spektrometer massa dioperasikan dengan energi elektron 70 eV, temperatur ion sumber sebesar 250 °C dan temperatur pemisahan sebesar 250 °C. Identifikasi phenantren dan metilphenantren berdasarkan pada *multiple* fragmentogram ion m/z 178 and 192 (Zakaria, dkk., 2000).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

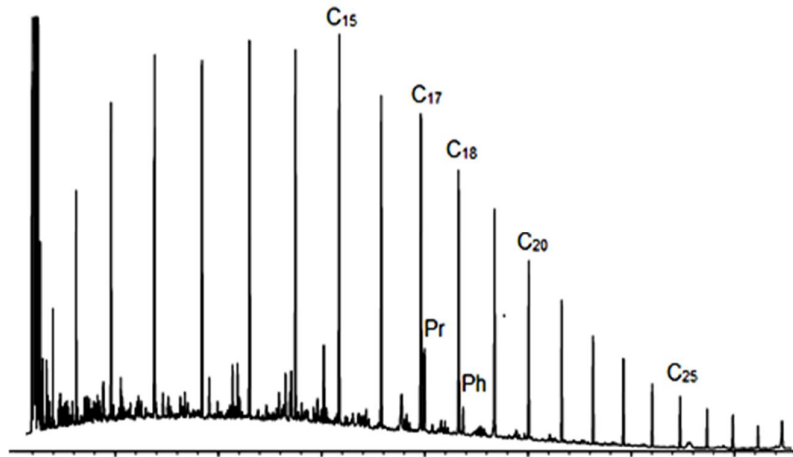
### **a. Penentuan Asal Sumber Material Organik**

#### Distribusi n-alkana

Distribusi n-alkana dalam minyak mentah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber senyawa organik (Duan dan Ma, 2001). Gambar 2 menunjukkan sidikjari hasil analisis menggunakan kromatografi gas minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1). Berdasarkan kromatogram tersebut, kelimpahan pada deret homolog n-alkana dari n-C<sub>15</sub> hingga n-C<sub>25</sub> menunjukkan sumber organik berasal dari alga dan plankton (Peter dan Moldovan, 1993) dan kelimpahan pada deret homolog n-alkana dari n-C<sub>25</sub> hingga n-C<sub>29</sub> menunjukkan sumber organik berasal dari tumbuhan tingkat tinggi (Hunt, 1979; Tissot dan Welte, 1984).

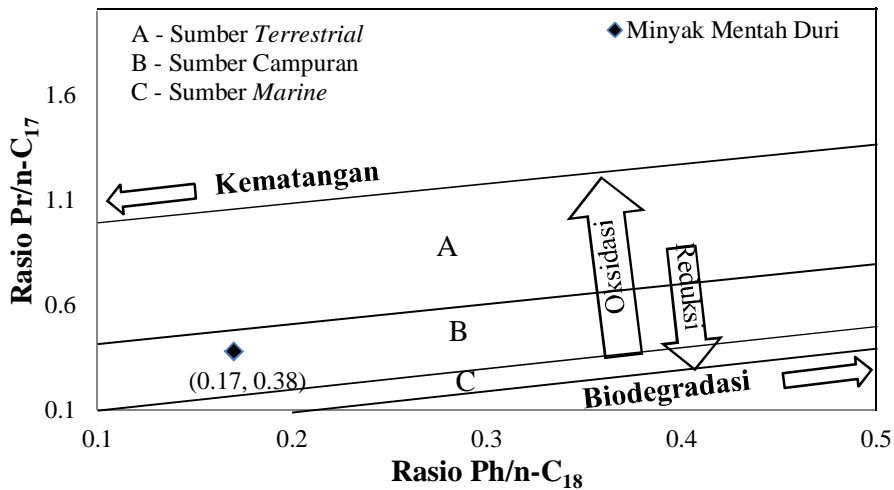
Rasio Isoprenoid/n-alkana

Fricken, dkk (2002) menyatakan senyawa n-alkana lebih cepat mengalami degradasi dibandingkan dengan isoprenoid. Senyawa isoprenoid mengalami sedikit mengalami biodegradasi dengan meningkatnya kematangan. Sehingga, rasio Pr/n-C<sub>17</sub> dan Ph/n-C<sub>18</sub> digunakan sebagai indikasi penentuan kematangan dan biodegradasi. Sampel minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) memiliki nilai rasio Pr/n-C<sub>17</sub> dan Ph/n-C<sub>18</sub> (0,38) dan (0,17) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Kromatogram gas fraksi saturat minyak mentah Duri

Perbandingan nilai rasio Pr/n-C<sub>17</sub> dan rasio Ph/n-C<sub>18</sub> minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) yang diperlihatkan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa minyak mentah Duri sedikit mengalami biodegradasi oleh mikroba dengan meningkatnya kematangan.



Gambar 3. Perbandingan nilai rasio Pr/n-C<sub>17</sub> dengan rasio Ph/n-C<sub>18</sub> antara minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1)

Selain itu, Gambar 3 juga menunjukkan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) berada pada zona B. Hal ini berarti minyak mentah Duri berasal dari sumber organik campuran dengan kontribusi utama berasal dari tumbuhan tingkat tinggi (*terrestrial*).

**b. Penentuan Derajat Kelilinan**

Derajat kelilinan (*waxiness*) dapat dinyatakan dengan rasio luas area dari  $\Sigma C_{21}-C_{31}/\Sigma C_{15}-C_{20}$ . Peter dan Moldovan (1993) menyatakan derajat kelilinan yang < 1 menunjukkan bahwa minyak mentah memiliki kandungan lilin yang rendah sedangkan derajat kelilinan yang > 1 menunjukkan minyak mentah memiliki kandungan lilin yang tinggi. Derajat kelilinan pada sampel minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) bernilai 1,78 (Tabel 1), menunjukkan bahwa sampel minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) memiliki kandungan lilin yang tinggi. Hal ini disebabkan karena minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) berasal dari sumber organik campuran dengan kontribusi utama berasal dari tumbuhan tingkat tinggi sehingga memiliki kandungan lilin yang tinggi.

Tabel 1. Parameter geokimia minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1)

| Parameter Geokimia         | Minyak Mentah Duri (OSD 1) |
|----------------------------|----------------------------|
| CPI                        | 1,04                       |
| Pristana/phenitana         | 2,88                       |
| Pristana/n-C <sub>17</sub> | 0,38                       |
| Phitana/n-C <sub>18</sub>  | 0,17                       |
| <i>Waxiness</i>            | 1,78                       |
| DBT/Phen                   | 0,086                      |
| MPI-1                      | 0,68                       |
| MPI-2                      | 0,74                       |
| MPI-3                      | 0,85                       |
| MPR                        | 1,14                       |
| VRE (%)                    | 0,81                       |

Ket:  $CPI = \frac{\sum(C_{23}-C_{31}) + \sum(C_{25}-C_{33})}{2\sum(C_{24}-C_{32})}$

$Waxiness = \frac{\sum C_{21}-C_{31}}{\sum C_{15}-C_{20}}$

$MPI\ 1 = \frac{1,5(2\text{-metilphenantren} + 3\text{-metilphenantren})}{Phenantren + 1\text{-metilphenantren} + 9\text{-metilphenantren}}$

$MPI\ 2 = \frac{3(2\text{-metilphenantren})}{phenantren + 1\text{-metilphenantren} + 9\text{-metilphenantren}}$

$MPI\ 3 = \frac{2\text{-metilphenantren} + 3\text{-metilphenantren}}{1\text{-metilphenantren} + 9\text{-metilphenantren}}$

$MPR = \frac{2\text{-metilphenantren}}{1\text{-metilphenantren}}$

$VRE = 0,6(MPI\ 1) + 0,40$

**c. Penentuan Lingkungan Pengendapan**

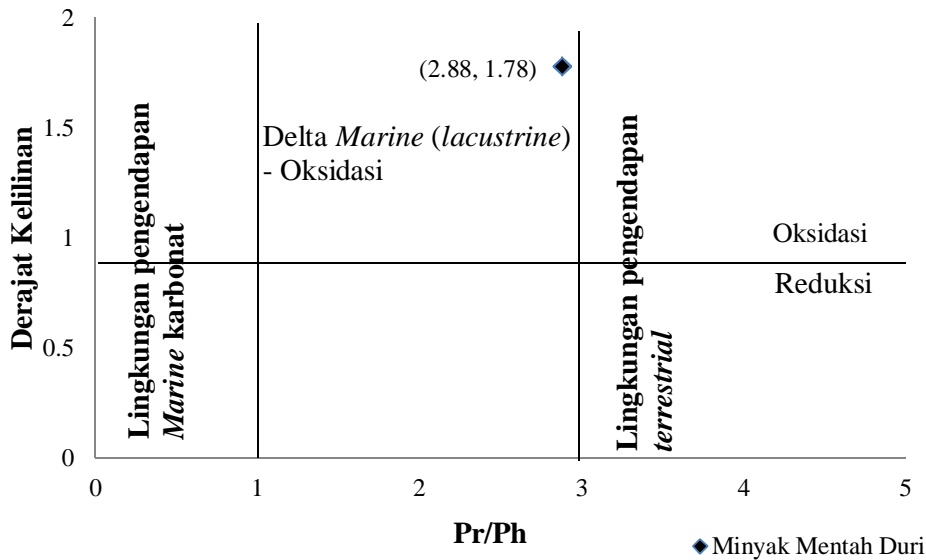
Indeks preferensi karbon (CPI)

Indeks preferensi karbon, yang diperoleh dari distribusi n-alkana, adalah perbandingan yang diperoleh dengan membandingkan jumlah luas area dari karbon berangka ganjil dalam alkana dengan jumlah luas area karbon berangka genap dalam

alkana ( $\Sigma C_{\text{ganjil}}/\Sigma C_{\text{genap}}$ ). Peter dan Moldowan (1993) melaporkan bahwa nilai CPI < 1,00 menunjukkan minyak yang belum matang (*Immature*) sedangkan nilai CPI > 1,00 menunjukkan minyak yang telah matang (*mature*). Indeks preferensi karbon pada minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) bernilai 1,04 (Tabel 1), menunjukkan bahwa minyak telah matang.

**Rasio Pristana/phitana**

Pristana (2,6,10,14-tetrametil pentadekana) dan phitana (2,6,10,14-tetrametil heksadekana) berasal dari phitol yaitu rantai samping klorofil, phitana berada didalam keadaan reduksi sedangkan pristana berada di dalam keadaan oksidasi.

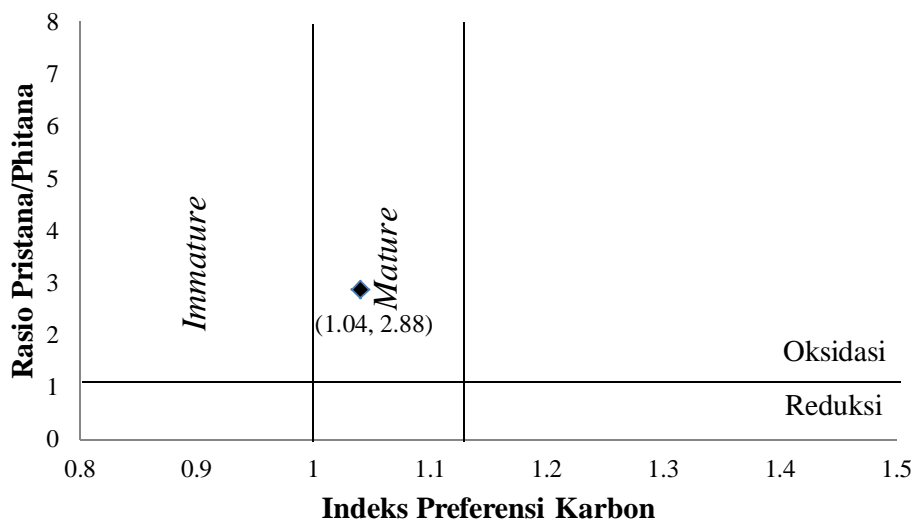


Gambar 4. Perbandingan nilai rasio Pr/Ph dan derajat kelilinan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1)

Rasio pristana/phitana (Pr/Ph) adalah salah satu parameter yang paling umum digunakan dalam korelasi minyak bumi dan dapat juga digunakan sebagai indikator lingkungan pengendapan (Peter, dkk., 2005).

Hunt (1996) menyatakan nilai rasio Pr/Ph yang sangat tinggi (> 3) mengindikasikan minyak mentah berasal dari lingkungan pengendapan *terrestrial* sedangkan nilai rasio Pr/Ph antara 1 dan 3 mengindikasikan minyak mentah memiliki lingkungan pengendapan *delta marine* pada kondisi oksidasi. Sampel minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) memiliki nilai rasio pristana/phitana sebesar 2,88 (Tabel 1), menunjukkan lingkungan pengendapan *delta marine (aquatic-lacustrine)* dalam kondisi oksidasi.

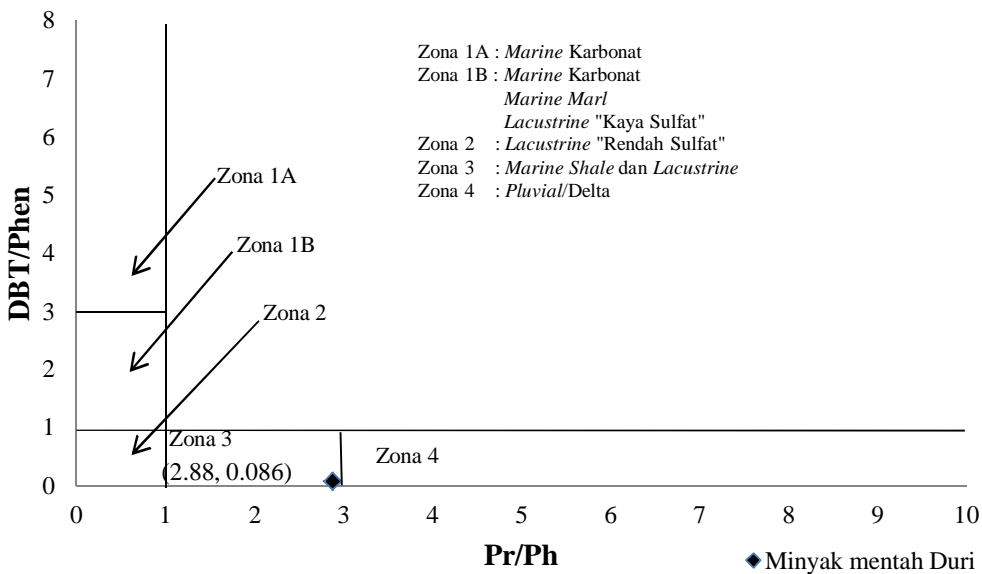
Gambar 4 menunjukkan perbandingan nilai rasio pristana/phitana dan derajat kelilinan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) yang memperkuat kesimpulan ini. Selain itu, Perbandingan nilai rasio pristana/phitana dan CPI minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) yang ditunjukkan pada Gambar 5, menunjukkan bahwa minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) adalah minyak mentah yang matang (*mature*) dan berada pada zona oksidasi.



◆Minyak Mentah Duri

Gambar 5. Perbandingan nilai CPI dan rasio pristana/phetana minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1)

Perbandingan nilai rasio Pr/Ph dan rasio DBT/Phen minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) (Gambar 6) digunakan untuk menentukan asal batuan sumber minyak mentah. Gambar 6 menunjukkan bahwa minyak mentah berada pada zona 3 yang mengindikasikan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) berasal dari *marine shale* dan *lacustrine*.



◆Minyak mentah Duri

Gambar 6. Perbandingan nilai rasio Pr/Ph dan rasio DBT/Phen minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1)



#### d. Parameter Kematangan Minyak Mentah Duri

##### Indeks metilphenantren

Indeks metilphenantren (MPI) baru saja dikembangkan oleh Radke, dkk.(1982a). MPI ini didasarkan pada distribusi phenantren dan tiga atau empat metil homolog yang menunjukkan perubahan yang progresif selama kematangan.

Sampel minyak mentah dari sumur minyak Duri memiliki nilai MPI 1 dan MPI 2 (0,68 dan 0,74) secara berturut-turut. Dari data tersebut (Tabel 1) terlihat perbedaan nilai MPI 2 yang lebih besar dibandingkan nilai MPI 1. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kelimpahan 2-metilphenantren sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan 3-metilphenantren yang pada umumnya terdapat pada distribusi metilphenantren (Tissot dan Walte, 1983).

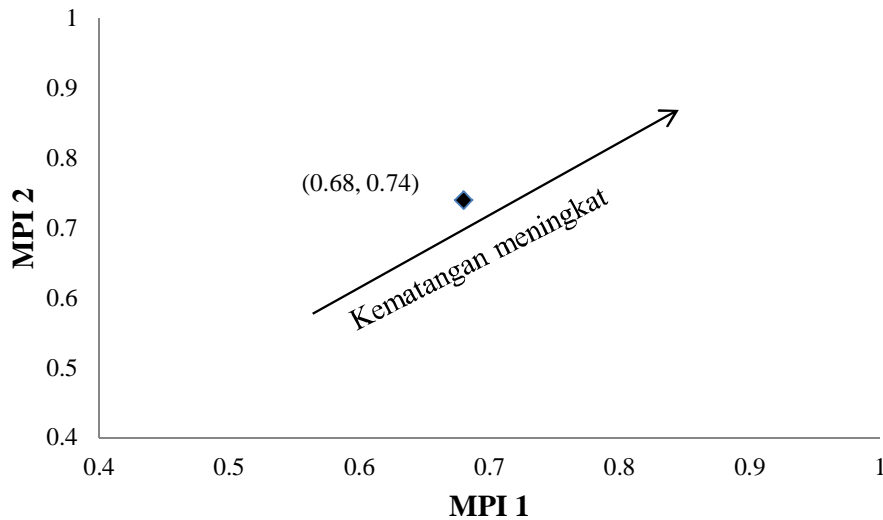
Selain MPI 1 dan MPI 2, parameter kematangan lainnya adalah MPI 3. MPI 3 adalah perbandingan dari jumlah isomer 2-metilphenantren dan 3-metilphenantren yang lebih stabil secara termodinamika terhadap isomer 1-metilphenantren dan 9-metilphenantren yang secara termodinamika kurang stabil (Radke, 1987). Nilai MPI 3 dapat langsung digunakan sebagai parameter kematangan yang juga berkorelasi dengan MPR atau metilphenantren ratio. minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) yang memiliki nilai MPI 3 dan MPR sebesar 0,85 dan 1,14 (Tabel 1) secara berturut-turut, menunjukkan bahwa minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) digolongkan sebagai minyak mentah dengan tingkat kematangan sedang (Tabel 2). Kesimpulan ini juga diperkuat berdasarkan perbandingan nilai MPI 1 dengan MPI 2 pada minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) yang diperlihatkan pada Gambar 7, menunjukkan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) berada di daerah pertengahan yang menandakan minyak mentah pada sumur minyak Duri (OSD-1) tergolong tingkat kematangan sedang.

Tabel 2. Pengelompokan tingkat kematangan berdasarkan nilai MPI 3 dan MPR

| Tingkat | Derajat Kematangan<br><i>Crude Oil</i> | MPI 3   | MPR      |
|---------|--|---------|----------|
| I       | Tinggi                                 | > 1,0   | >1,2     |
| II      | Sedang                                 | 0,8-1,0 | 0,95-1,2 |
| III     | Rendah                                 | < 0,8   | >0,95    |

##### *Vitrinite reflectance equivalent* (VRE)

Dari nilai MPI 1 dapat digunakan untuk menentukan nilai dari *vitrinite reflectance equivalent* (VRE) pada minyak mentah karena hubungan linearnya dengan *vitrinite reflectance* selama pembentukan minyak (*oil window*) (Radke dan Walte, 1983). Persentase VRE berkisar antara 0,6 – 1,3% dan mencapai maksimum pada 0,8 – 1,0%. Persentase VRE yang kurang dari 0,5% menandakan bahwa minyak belum matang (Okiongbo, 2011). Berdasarkan tabel 1, VRE pada minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) bernilai 0,81%. Data ini menunjukkan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) telah matang



◆Minyak Mentah Duri

Gambar 7. Perbandingan nilai MPI 1 dengan MPI 2 minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1)

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan yaitu minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) berasal dari material organik campuran dengan kontribusi utama berasal dari tumbuhan tingkat tinggi (*terrestrial*) yang ditunjukkan dengan nilai Pr/n-C<sub>17</sub> dan Ph/n-C<sub>18</sub> (0,38 dan 0,18) secara berurutan sehingga memiliki kandungan lilin yang tinggi sebesar 1,78. Minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) berasal dari *lacustrine* dengan lingkungan pengendapan delta *marine* pada kondisi oksidasi yang ditunjukkan dengan nilai rasio Pr/Ph sebesar 2,26. Minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) memiliki nilai MPI 3 (0,85), MPR (1,14) dan VRE (0,81%). Nilai-nilai dari parameter-parameter kematangan termal ini menunjukkan minyak mentah dari sumur minyak Duri (OSD-1) adalah minyak mentah dengan tingkat kematangan sedang.

Dari kesimpulan yang didapat pada penelitian ini sebaiknya dilakukan karakterisasi dan penentuan kematangan dengan menggunakan batuan sumbernya agar hasil yang didapat lebih optimal.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Emrizal M. Tamboesai, M.Si, M.H yang telah sabar membimbing saya dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Amir Awaluddin, M.Sc yang banyak memberikan saran dan masukan demi kesempurnaan penulisan karya ilmiah ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Hj. Sofia Anita, M.Sc yang banyak membantu selama penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Duan, Y dan Ma, L. 2001. Lipid geochemistry in a sediment core from Ruergai Marsh deposit (Eastern Qinghai-Tibet Plateau, China). *Organic Geochemistry*. 32: 1429-1442.
- Fricken, K. J., Woller, M. J dan Swain, D. L. 2002. reconstruction of a subalpine grass-dominated ecosystem, lake rutundu, mount Kenya: anovel multiproxy approach. *Pales*. 177:137-149.
- Hunt, J. 1996. *Petroleum geochemistry and geology*. 2<sup>nd</sup> ed., Freeman and Company, New York, 743.
- Okiongbo, K.S. 2011. Maturity Assessment and Characterisation of Jurassic Crude Oils. *Researches of Journal of Environmental Earth Science* 3(3): 254-260.
- Peters, K. E dan Moldowan, J. M. 1993. *The Biomarker Guide: Iterpreting molecular fossils in Petroleum and ancient Sediments*. Prentice, New Jersey.
- Peters, K., Walters, C dan Moldowan, J. 2005. *The Biomarker Guide: Biomarkers and isotopes in petroleum systems and Earth history Vol. 2*. 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge university press, New York.
- Radke, M., 1987. Organic geochemistry of aromatic hydrocarbons. Dalam: Brooks, J., Welte, D. (Ed.), *Advances in 730 K. Stojanovic, dkk./Organic Geochemistry* 32 (2001) 721–731. *Petroleum Geochemistry*, Academic Press, London. 2: 141-205.
- Radke, M dan Welte, D.H., 1983. The methylphenanthrene index (MPI): a maturity parameter based on aromatic hydrocarbons. Dalam: BJORoy, M., dkk. (Ed.), *Advances in Organic Geochemistry* 1981. Wiley, Chichester. 504-512.
- Radke, M., Welte, D. H dan Willsch, H., 1982a. Geochemical study on a well in the Western Canada Basin: relation of the aromatic distribution pattern to maturity of organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 46: 1-10.
- Roushdy, M.I., El Nady, M.M., Mostafa, M.Y., El Gendy, N.Sh dan Ali, H.R. 2010. Biomarkers characteristic of crude oils from some oilfields in the Gulf of Suez, Egypt. *Journal of American Science*. 6: (11).
- Stojanovic, K., Jovancicevic, B., Vitorovic, D., Golovo, Y., Pevneva, G dan Golovko, A. 2007. Evaluation of Saturated and Aromatic Hydrocarbons Oil–Oil Maturity Correlation Parameters (SE Pannonian Basin, Serbia). *Journal of the Serbian Chemical Society*. 72(12): 1237–1254.
- Tamboesai, E.M., 2002. *Korelasi Antar Minyak Bumi Dari Sumur Produksi Sumatera Tengah*. Tesis Program Pasca Sarjana, Bidang Studi Ilmu Kimia, Universitas Indonesia, Depok.
- Tissot, B. P dan Welte, D. H. 1984. *Petroleum Formation and Occurrence*, New York – Springer Verlag.
- Zakaria, M.P., Horinouchi, A., Tsutsumi, S., Takada, H., Tanabe, S., Ismail, A. (2000). Oil Pollution in the Straits of Malacca, Malaysia: Application of Molecular Markers for Source Identification. *Environmental Science and Technology*. 34: 1189-1196.