



## Karakteristik Minyak Bumi di Blok Bula dan Blok Oseil, Pulau Seram, Maluku *Oil Characteristics in Bula and Oseil Blocks, Seram Island Maluku*

Joko Wahyudiono<sup>1</sup>, Ryandi Adlan<sup>1</sup>, Sam Permanadewi<sup>1</sup> dan Akhmad Khahlil Gibran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Survei Geologi Jl. Diponegoro no. 57, Bandung 40122

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman Jl. Mayjen Sungkono Km 5, Blater Purbalingga 53371

e-mail : [joko\\_wh001@yahoo.com](mailto:joko_wh001@yahoo.com) Telepon : +62 8132020761; [akgibran@gmail.com](mailto:akgibran@gmail.com), Telepon : +62 813-2462-6567

Naskah diterima : 8 Oktober 2018, Revisi terakhir : 29 Oktober 2018 Disetujui : 31 Oktober 2018, Online : 9 November 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.19.4.233-241>

**Abstrak-** Minyak bumi yang terdapat pada sebuah sistem petroleum mempunyai karakteristik yang khas sesuai dengan batuan sumber yang telah memproduksi. Karakteristik ini bisa dipelajari berdasarkan analisis geokimia organik. Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) merupakan salah satu teknik yang sangat baik untuk mendeteksi karakteristik minyak dan gas. Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa minyak yang terdapat pada Blok Bula ternyata berasal dari sumber yang sama dengan minyak yang ditemukan di Blok Oseil, Pulau Seram, Maluku.

**Katakunci:** sistem petroleum, geokimia organik, Bula, Oseil, Pulau Seram

**Abstract-** Oil that produced in a petroleum system must have specific characteristics depend on the source rocks. These characteristics are able to be understood by analyses of organic geochemistry. Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) is a very accurate tool for determining the characteristics of oil and gas. This research shows the evidence that oil samples taken from Bula Block and Oseil Block, Seram Island have the same source.

**Keywords:** petroleum system, organic geochemistry, Bula, Oseil, Seram Island

## PENDAHULUAN

Di Pulau Seram terdapat dua blok wilayah kerja minyak dan gas bumi yang sedang aktif. Blok Bula telah ditemukan pada tahun 1897 oleh tim ekspedisi dari Belanda. Minyak pada blok ini terperangkap pada batupasir dan batugamping berumur Kuartar.

Blok Oseil ditemukan oleh KUFPEC setelah pengeboran yang berhasil menemukan cadangan minyak pada Sumur Oseil-1. Berbeda dengan Blok Bula, pada Blok Oseil minyak terperangkap pada batugamping Formasi Manusela berumur Jura.

Terdapat beberapa metode yang dikembangkan guna memaksimalkan kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi, salah satunya adalah metode analisis geokimia. Analisis geokimia minyak bumi sangat penting dalam menentukan kualitas cadangan minyak bumi pada lapangan eksplorasi. Gas kromatografi dan spektrometri massa merupakan metode yang dikembangkan untuk mengetahui material penyusun, jenis batuan induk, penentuan lingkungan pengendapan, dan tingkat kematangan minyak bumi.

## Latar Belakang

Komponen *biomarker* dalam minyak mentah mempertahankan struktur molekul dari berbagai bahan yang terdapat pada organisme. *Biomarker* berguna untuk menentukan karakteristik batuan sumber, termasuk lingkungan pengendapan, tipe kerogen dan kematangan (Moldowan *et al.*, 1985; Peters and Moldowan, 1993). Selain itu, biomarker juga bisa digunakan untuk korelasi minyak/minyak dan minyak/batuan induk (Zhang *et al.*, 2006; Zeng *et al.*, 2014). Senyawa *biomarker* dengan karakteristik struktur stereokimia dan informasi kekayaannya mewarisi komposisi dan keragaman pada proses evolusi organisme, bahan organik sedimen, minyak dan gas (Xiaoli *et al.*, 2017).

Beberapa sampel minyak bumi dari beberapa sumur dan sebuah sampel dari rembesan di permukaan telah diambil untuk dianalisis guna diketahui karakteristiknya. Beberapa sampel ini berasal dari dua blok yang berbeda. Secara sistem petroleum, Blok Bula termasuk dalam *Quaternary Play*, sedangkan Blok Oseil termasuk ke dalam *Mesozoic Play*. Blok Bula dicirikan dengan reservoir batupasir gampingan. Blok Oseil dicirikan oleh reservoir batugamping dengan sistem rekahan yang kompleks, heterogenitas tinggi, dan aliran air yang kuat (Lopulisa *et al.*, 2012).

Pengambilan dan penganalisisan sampel minyak dan rembesan pada kedua blok tersebut diharapkan bisa memberikan keyakinan terdapatnya kesamaan ataupun

perbedaan pada karakteristik geokimianya.

## Permasalahan

Makalah ini berfokus pada penentuan karakteristik geokimia sampel minyak dan rembesan yang diambil pada Blok Bula dan Blok Oseil di Pulau Seram, Maluku.

## Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik minyak yang diambil dari Blok Bula dan Blok Oseil di Pulau Seram, Maluku. Dengan membandingkan karakteristik geokimianya, batuan sumber yang menghasilkan hidrokarbon di kedua blok tersebut akan dapat diketahui. Dengan demikian karakter batuan induknya dapat diinterpretasi yang tentunya akan bermanfaat dalam pengembangan eksplorasi selanjutnya.

## Lokasi Penelitian

Sampel minyak diambil dari beberapa sumur bor di daerah Bula dan beberapa sumur bor serta rembesan minyak di daerah Nief (Gambar 1).

## Metodologi

Sampel batuan dianalisis dengan metode GC-MS. Kromatografi gas merupakan jenis kromatografi yang digunakan dalam kimia organik untuk pemisahan dan analisis. Kromatografi gas dapat digunakan untuk menguji kemurnian dari bahan tertentu. Selain ini kromatografi gas dapat digunakan untuk memisahkan berbagai komponen dari campuran. Dalam beberapa kasus, kromatografi gas dapat digunakan untuk menentukan senyawa yang kompleks.

Pada analisis kromatografi gas, fase yang bergerak (*mobile phase*) adalah sebuah operator gas, biasanya gas murni seperti helium atau yang tidak reaktif seperti gas nitrogen. *Stationary* atau fase diam merupakan tahap mikroskopis lapisan cair atau polimer yang mendukung gas murni, di dalam bagian dari sistem pipa-pipa kaca atau logam yang disebut kolom.

Spektroskopi massa (*mass spectrometry*) berupa spektrum massa yang diperoleh dengan mengubah senyawa suatu sampel menjadi ion-ion yang bergerak cepat yang dipisahkan berdasarkan perbandingan massa terhadap muatan. Spektroskopi massa mampu menghasilkan berkas ion dari suatu zat uji, memilah ion tersebut menjadi spektrum yang sesuai dengan perbandingan massa terhadap muatan dan merekam kelimpahan relatif tiap jenis ion yang ada. Pada umumnya hanya ion positif yang dipelajari, karena ion



**Gambar 1.** Lokasi pengambilan sampel minyak dari beberapa sumur bor di daerah Bula dan beberapa sumur bor serta rembesan minyak di daerah Nief.

negatif yang dihasilkan dari sumber tumbukan biasanya hanya sedikit.

Kombinasi antara kromatografi gas dan spektrometri massa akan menghasilkan sebuah metode analisis yang sangat bagus. Peneliti dapat menganalisis larutan organik, memasukkannya ke dalam instrumen, memisahkannya menjadi komponen tunggal dan langsung mengidentifikasi larutan tersebut. Selanjutnya, peneliti dapat menghitung analisis kuantitatif dari masing-masing komponen.

Analisis GC-MS dilakukan dengan membaca spektra yang terdapat pada kedua metode yang digabung tersebut. Pada spektra kromatografi gas jika sampel mengandung banyak senyawa akan terlihat dari banyaknya puncak (*peak*) dalam spektra kromatografi gas tersebut. Berdasarkan data waktu retensi yang sudah diketahui dari literatur, bisa diketahui senyawa yang terdapat dalam sampel.

Selanjutnya adalah memasukkan senyawa yang diduga tersebut ke dalam instrumen spektrometer massa. Hal ini dapat dilakukan karena salah satu kegunaan dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu sampel. Setelah itu, didapat hasil dari spektra spektrometer massa pada grafik yang berbeda. Analisis GC-MS akan memisahkan komponen-komponen yang menghasilkan kromatogram sedangkan pada spektrometri massa masing-masing senyawa disebut spektrum (Fowlis, 1998).

Berdasarkan analisis *biomarker* kromatografi gas (GC) dan spektrometri massa (MS) dengan menggunakan parameter-parameter antara lain rasio pristana/fitana (*pristane/phytane*), rasio pristana/n  $C_{17}$ , dan rasio sterana  $C_{27}$ -  $C_{28}$ -  $C_{29}$ . Sterana digunakan dalam penentuan jenis lingkungan pengendapan. Parameter lain yang digunakan adalah senyawa oleanana, beyerana, kaurana, dan filokladana yang digunakan untuk penentuan jenis material organik. Selain itu, parameter hopana  $C_{29}/C_{30}$  dan homohopana  $C_{35}$ . Homohopane index digunakan sebagai penentuan jenis batuan sumber. Adapun parameter perbandingan rasio fitana/n  $C_{18}$  terhadap pristana/n  $C_{17}$  digunakan sebagai penentu tingkat kematangan.

## HASIL PENELITIAN

### Kromatogram

Kromatogram GC pada sampel minyak Oseil 9 Pad4, Oseil 11 Pad2, dan Wellhead RN1 menunjukkan distribusi alkana mulai dari  $C_{13}$  sampai  $C_{37}$  (Gambar 2A). Ketiga sampel tersebut berasal dari Blok Oseil. Kromatogram sampel minyak KRZ 91S7, KRZ L2, KRZ 44X1A, dan 17 RN01 yang berasal dari Blok Bula, terlihat telah mengalami biodegradasi dengan level 4-5 (moderate) karena sebagian besar n-alkana dan

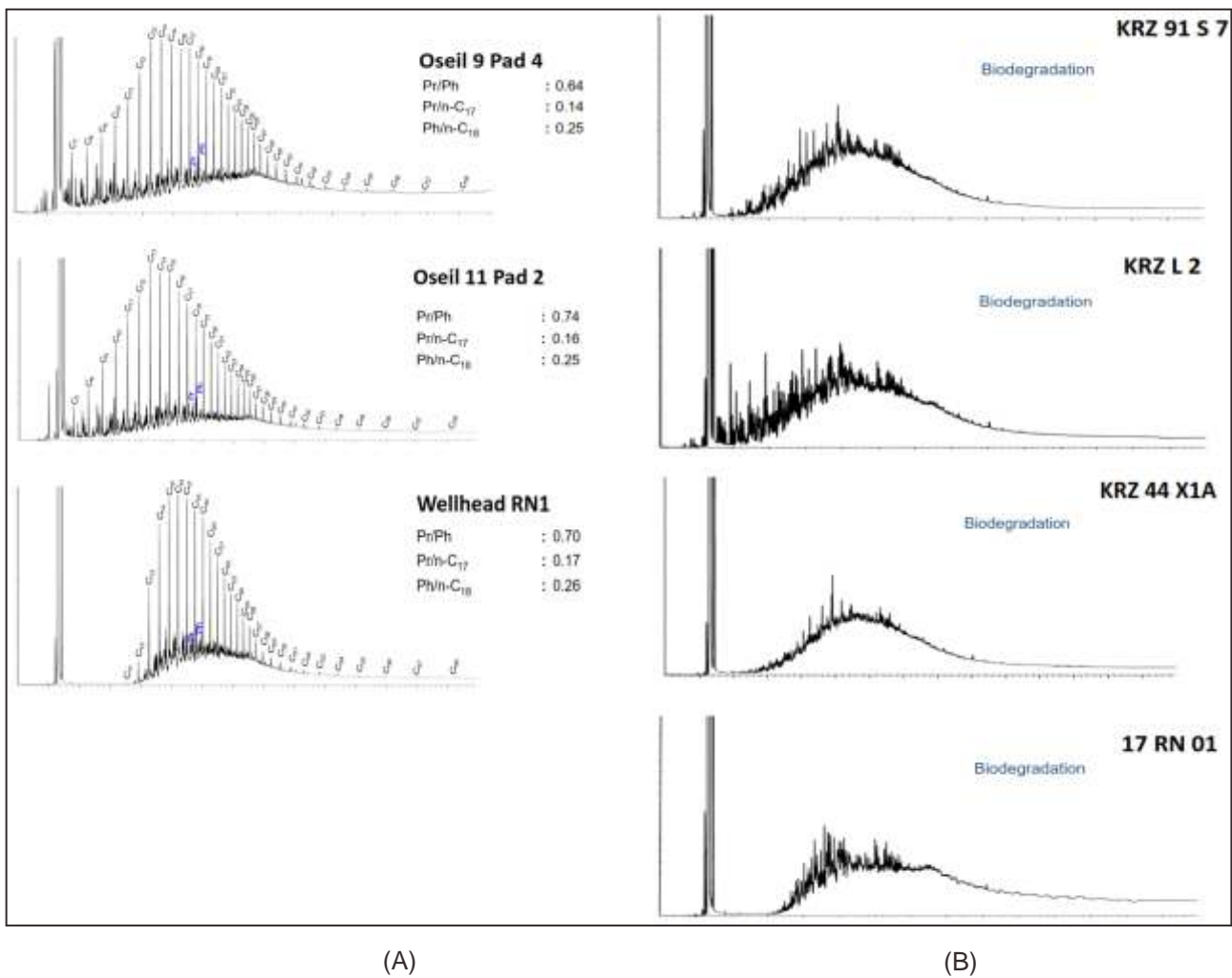
*isoprenoid* nya telah hilang (Gambar 2B) (Peters and Moldowan, 1993).

Sampel minyak Oseil 9 Pad4, Oseil 11 Pad2, dan Wellhead RN1 dengan nilai rasio pristana/fitana < 1 (Tabel 1) menunjukkan bahwa material organik yang terkandung dalam minyak ini diendapkan pada kondisi anoksik (Peters and Moldowan, 1993)

Plot nilai rasio fitana/nC<sub>18</sub> terhadap pristana/nC<sub>17</sub> (Gambar 3) menggambarkan bahwa pasokan material organik sampel minyak Oseil 9 Pad4, Oseil 11 Pad2, dan Wellhead RN1 berasal dari alga marin Tipe II, yang diendapkan pada lingkungan anoksik. Gambar tersebut mengindikasikan bahwa ketiga minyak tersebut (Oseil 9 Pad4, Oseil 11 Pad2, dan Wellhead RN1) berasal dari sumber yang sama.

Kromatogram sterana (m/z 217; Gambar 4) memperlihatkan distribusi sterana dengan konfigurasi yang mirip satu sama lainnya, memberikan indikasi

bahwa semua sampel berasal dari sumber yang sama. Tidak terlihat adanya interferensi senyawa bikadinana dari tumbuhan tingkat tinggi darat. Komposisi sterana didominasi oleh kelimpahan sterana C<sub>29</sub>. Tingginya konsentrasi sterana C<sub>29</sub> dibandingkan dengan sterana C<sub>27</sub> dan sterana C<sub>28</sub> dapat menandakan sumber darat, berdasarkan Huang and Meinschein (1979). Menurut Volkman (1986), konsentrasi sterana C<sub>29</sub> berasal dari campuran kultur (*culture*) diatom (hasil sintesis mikroalga) yang pada sedimen umur lebih tua dari Paleozoikum dan berasal dari karbonat umumnya memiliki kelimpahan sterana C<sub>29</sub> dengan nilai tinggi yang berasosiasi dengan lingkungan laut. Interpretasi yang sesuai untuk sampel ini adalah berdasarkan Volkman (1986) karena sampel yang diduga berumur lebih tua dari umur Kapur dan memiliki litologi karbonatan (dapat dijelaskan dengan *biomarker* m/z 191 triterpana).



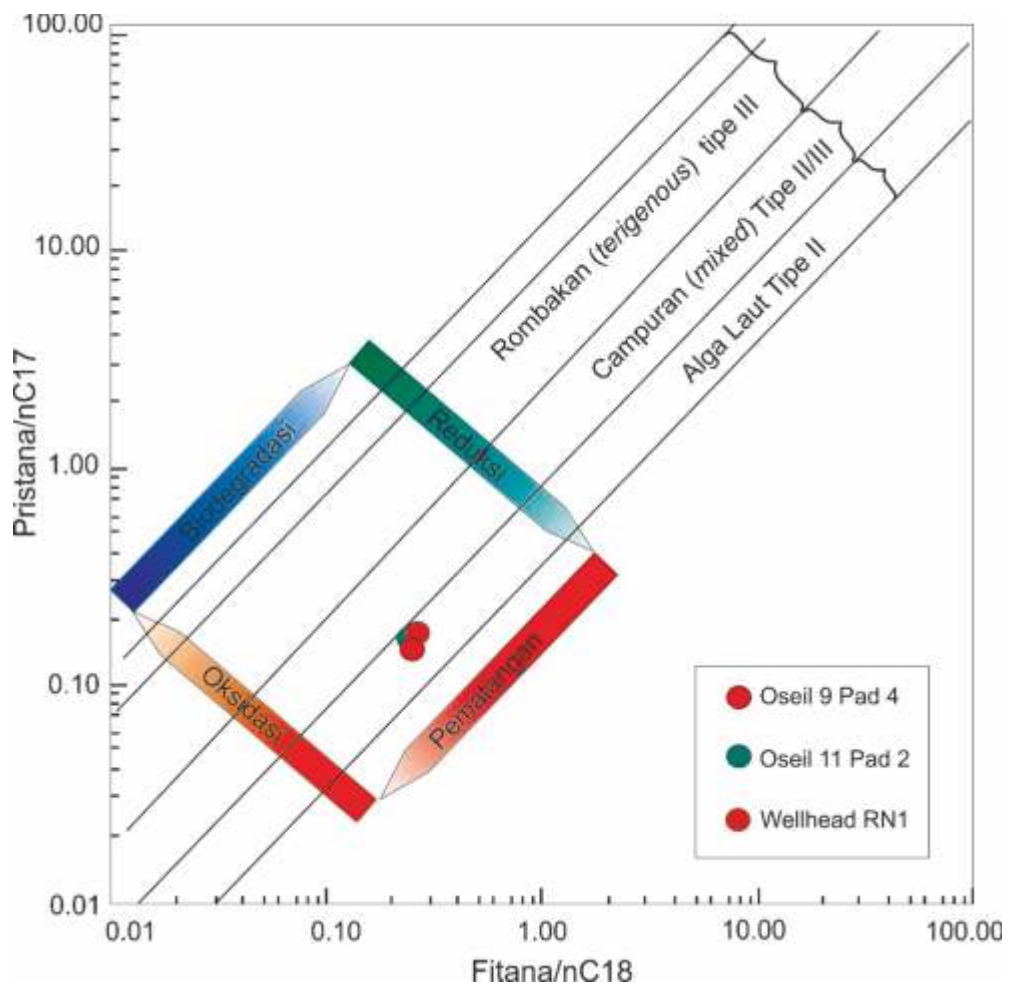
**Gambar 2.** Kromatogram untuk sampel minyak dari sumur Oseil 9 pad 4, Oseil 1 pad 2, Wellhead RN1 dari Blok Oseil dan KRZ 91S7, KRZ L2, KRZ 44 XIA, dan rembesan 17RN 01 dari Blok Bula.

**Tabel 1.** Data komposisi minyak dan kromatografi gas dari sampel minyak yang diambil dari Pulau Seram, Maluku

Nomer	Kode Sampel	Tipe Sampel	DATA KOMPOSISI MINYAK DAN GAS KROMATOGRAFI						
			Jenuh	Aromatik % berat	NSO	Pr/Ph	Pr/nC17	Ph/nC18	CPI
1	Oseil 9 Pad 4	Minyak	7.25	16.41	76.34	0.64	0.14	0.25	1.01
2	Oseil 11 Pad 2	Minyak	19.39	26.02	54.59	0.74	0.16	0.25	1.01
3	KRZ 91 S7	Minyak	22.31	29.09	45				
4	KRZ L2	Minyak	23.31	30.56	46.23		Biodegradasi		
5	KRZ 4X1A	Minyak	15.42	26.23	53.35				
6	Wellhead RN 1	Minyak	30.33	30.52	39.15	0.7	0.17	0.26	1
7	17 RN 01	Minyak	17.74	37.23	45.03		Biodegradasi		

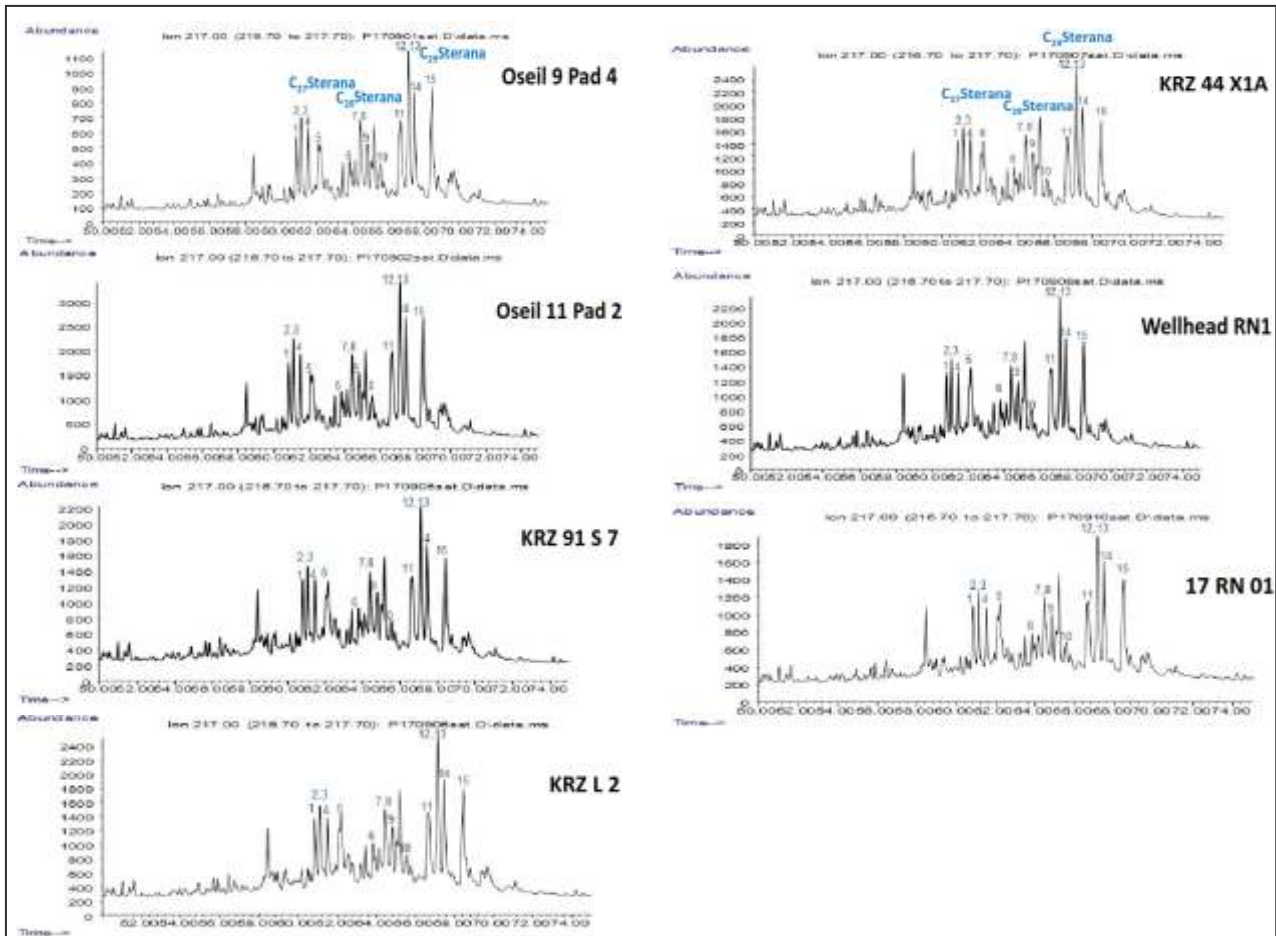
Keterangan:

Pr Pristana  
 Ph Fitana  
 nC17 Alkana normal C17  
 nC18 Alkana Normal C18  
 CPI Carbon Preference Index  $(C_{25}+C_{27}+C_{29})+(C_{22}+C_{29}+C_{31})/2*(C_{26}+C_{28}+C_{30})$   
 Jenuh fraksi jenuh ( *saturate* )  
 Aromatik Fraksi Aromatik  
 NSO Fraksi non polar



**Gambar 3.** Hasil plot fitana/nC<sub>18</sub> vs pristana/nC<sub>17</sub>, sampel minyak dari Pulau Seram, Maluku.

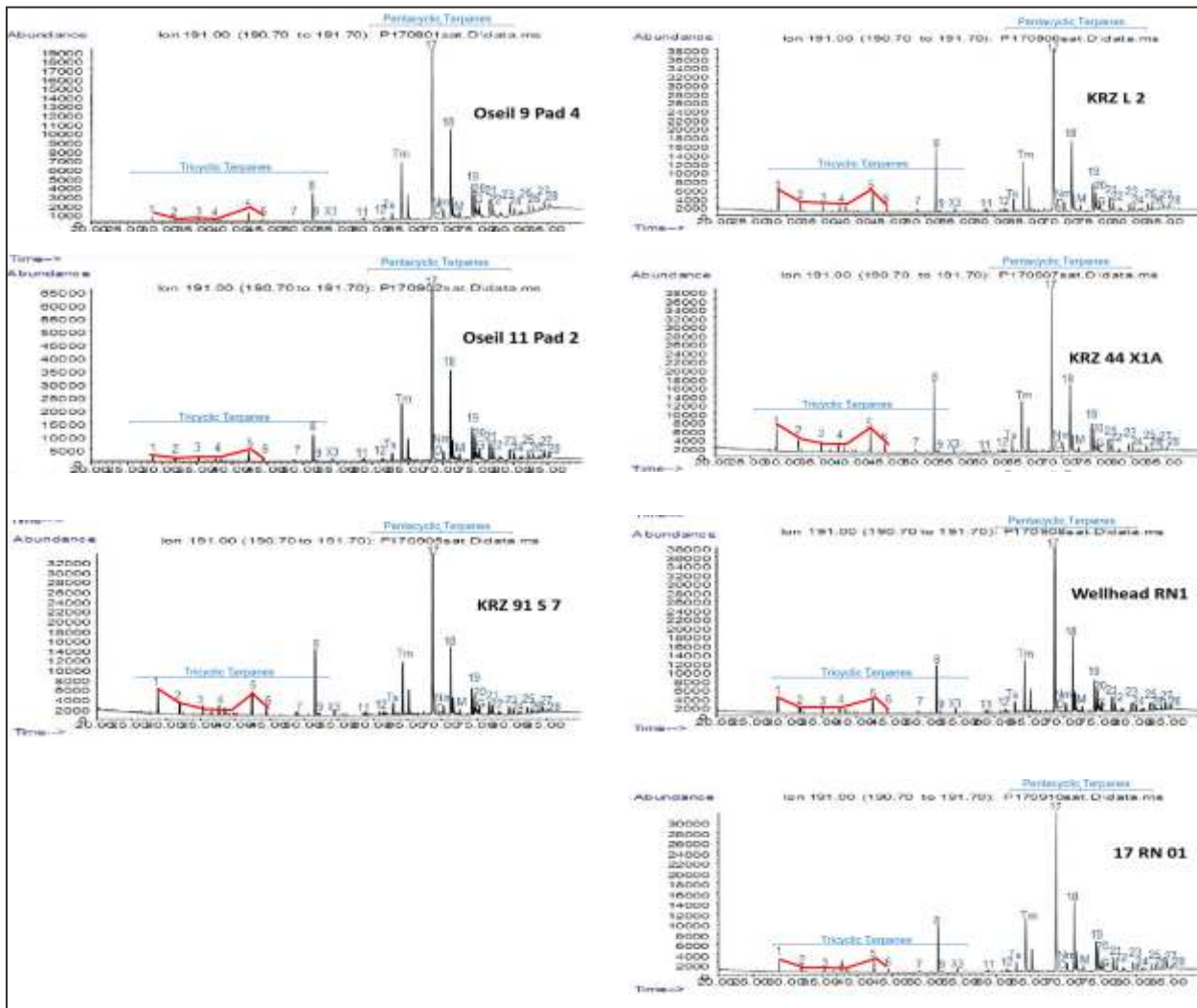




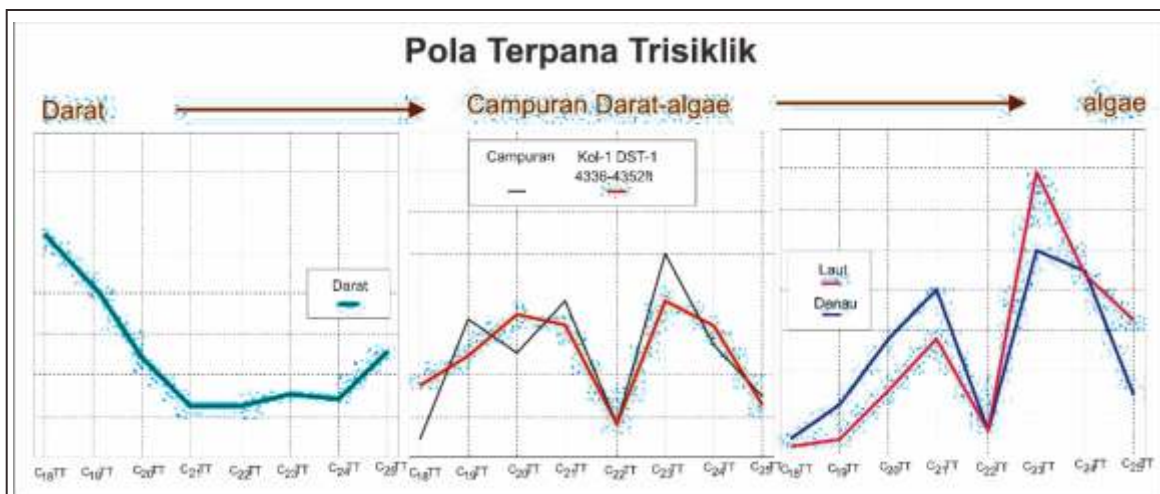
Gambar 4. Hasil kromatogram GC-MS m/z 217 fraksi saturat sampel minyak bumi dari Pulau Seram, Maluku.

Sidikjari *biomarker* terpana trisiklik (m/z 191; Gambar 6, lihat juga Gambar 5) menunjukkan konfigurasi terpana trisiklik dan terpana pentasiklik yang mirip satu sama lainnya yang menunjukkan kesamaan batuan sumber. Tidak terlihat adanya senyawa organik yang berasal dari tumbuhan darat seperti oleanana (OL) dan resin bikadinana (W, T, T', R). Oleanana dan oleanoid merupakan senyawa lipid yang dihasilkan oleh tumbuhan berbunga dari spesies *Angiospermae Sp.* dan banyak dijumpai pada umur Kapur akhir. Ketidakhadiran oleanana kemungkinan disebabkan karena sampel berasal dari umur yang lebih tua dari Kapur Akhir atau mengindikasikan tidak adanya sumber material organik dari daratan (Moldowan *et al.*, 1985). Rasio hopana  $C_{29}/C_{30}$  yang tinggi lebih besar dari 1 menunjukkan batuan induk berasal dari karbonatan (Hunt, 1979). Kelimpahan tetrasiklik  $C_{24}$  yang tinggi, merupakan *marker* lingkungan pengendapan karbonat laut. Rasio  $Ts/(Ts+Tm)$  yang rendah dan rasio sterana/hopana yang rendah juga menunjukkan batuan induk karbonat. Pola distribusi trisiklik, terpana dominan pada  $C_{23}$  yang cenderung memiliki pengaruh

dan lingkungan pengendapan laut (Price *et al.*, 1987). Beberapa parameter *biomarker* saturat dapat digunakan untuk menentukan kematangan termal antara lain berdasarkan  $22S/(22S+22R)$   $C_{31}$ -homohopana pada seluruh sampel memiliki nilai antara 0,59-0,60. Peters and Moldowan (1993) menjelaskan bahwa rasio antara 0,57-0,62 masuk ke dalam zona utama pembentukan minyak atau puncak jendela minyak (*oil window*). *Biomarker* aromatik yang dapat menentukan kematangan termal adalah metilfenantrena (*methylphenanthrene*; MPI), sterana triaromatik (*triaromatic steranes*;  $TA(I)/(TA(I)+TA(II))$ ) dan nilai  $Rc1$ . Berdasarkan nilai MPI yang diplotkan pada Gambar 7, diketahui semua sampel berada pada zona pembentukan minyak hingga puncak pembentukan minyak. Nilai rasio sterana triaromatik dari sampel minyak rembesan berkisar 0,32-0,65 yang menggambarkan pergerakan tingkat kematangan berada pada zona matang. Rasio  $Rc1$  menunjukkan nilai 0,75 – 1,01 yang mengindikasikan kesetaraan dengan nilai reflektansi vitrinit ( $R_o$ ) yang berada pada puncak matang (Peters and Moldowan, 1993).

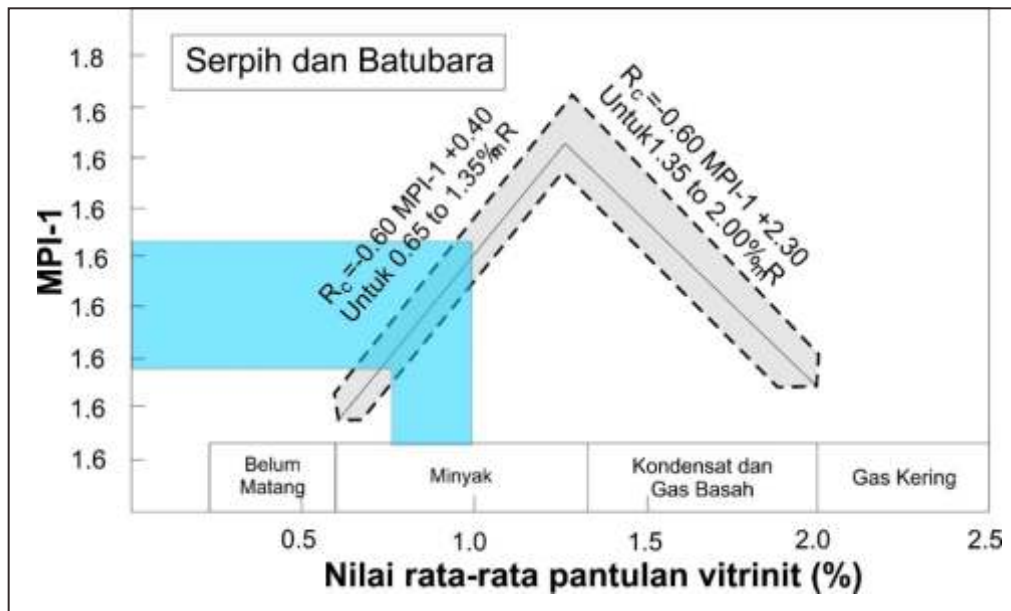


Gambar 5. Fragmentogram m/z 191 fraksi saturat sampel minyak dari Pulau Seram, Maluku.



Sumber: Modifikasi dari Price et al (1987)

Gambar 6. Pola terpana trisiklik.



Gambar 7. Hasil plot rerata Ro (%) vs MPI-1.

## DISKUSI

Hal menarik yang perlu ditindaklanjuti adalah bahwa minyak yang terdapat pada Blok Bula ternyata berasal dari sumber yang sama dengan minyak dari Blok Oseil. Yang membedakan antara keduanya adalah bahwa minyak dari Blok Bula sudah mengalami biodegradasi. Penelitian lanjutan yang perlu dilakukan adalah batas antara kedua blok kemungkinan berkaitan erat dengan batas tektonik antara periode paskatabrakan (*post-collision*) dan sebelum tabrakan (*pre-collision*). Sampel minyak dari Blok Bula mengalami biodegradasi karena bereaksi dengan udara terbuka, selama proses pengangkatan ketika tabrakan berlangsung. Pengontrol utama sifat fluida pada sistem minyak yang mengalami biodegradasi ditentukan oleh kombinasi antara geokimia *petroleum*, pemodelan numerik dan analisis sifat minyak dari berbagai lingkungan geologi (Larter, *et al.*, 2006). Aktifitas dari semua turunan mikroorganisme pengoksidasi hidrokarbon menunjukkan kemampuan mendegradasi naftan. Bahkan aktifitas yang tinggi dari beberapa turunan itu bisa merusak hidrokarbon isoparafin (Leonov, *et al.*, 2014). Biodegradasi dapat disebabkan oleh bakteri anaerob pendegradasi yang terdapat pada batuan sarang dan masuknya air meteorik (Mode, *et al.*, 2017)

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa minyak yang terdapat pada Blok Bula ternyata berasal dari sumber yang sama dengan minyak dari Blok Oseil. Namun demikian, yang membedakan antara keduanya adalah bahwa minyak dari Blok Bula sudah mengalami biodegradasi. Biodegradasi pada Blok Bula bisa disebabkan oleh bakteri anaerob pendegradasi hidrokarbon yang terdapat pada batuan sarang dan/atau masuknya air meteorik. Melimpahnya bakteri anaerob pendegradasi hidrokarbon berkaitan dengan proses pengangkatan pada saat tabrakan (*collision*) yang menyebabkan naiknya batuan hingga tersingkap dan kemudian tenggelam lagi serta tertimbun sedimen yang lebih muda. Berlanjutnya proses biodegradasi menyebabkan penurunan unsur hidrokarbon ringan, sedangkan sisa unsur berat seperti sulfur dan aspal terkumpul secara bertahap. Kejadian ini akan merubah sifat fluida secara signifikan sehingga mempengaruhi nilai dan produktivitas cekungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada manajemen Pusat Survei Geologi dan para Kepala Tim Cekungan Seram yang telah membantu terselesaikannya makalah ini.



---

**ACUAN**

- Fowles, I. A., 1998. *Gas Chromatography Analytical Chemistry by Open Learning*. John Wiley & Sons Ltd: Chichester
- Huang, W.Y. and Meinschein, W.G., 1979. Sterols as Ecological Indicators. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, V43. 739-745. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(79\)90257-6](https://doi.org/10.1016/0016-7037(79)90257-6).
- Hunt, J.M., 1979. *Petroleum geochemistry and geology*: San Francisco, Freeman and Company, 617pp.
- Larter, S. R., Huang, H., Adams, J., Bennet, B., Jekanola, O., Oldenburg, T., Jones, M., Head, M., Riediger, C., and Fowler, M., 2006. The controls on the composition of biodegraded oils in the deep surface: *Part II- Geological on subsurface biodegradation fluxes and constraints on reservoir-fluid property prediction*. <https://www.researchgate.net/publication/249897609>.
- Leonov, K., Astashkina, A., and Bakibayev, A., 2014. Gas chromatographic investigation of oil biodegradation degree. *Procedia Chemistry*. 10. *15<sup>th</sup> International Scientific Conference "Chemistry and Chemical Engineering in 21st century" dedicated to Professor L.P. Kulyov*. 504-507.
- Lopulisa, A.K., Andrianto, R., dan Dradjat, A.S., 2012. Seismic to geological Modelling Workflow, an Integrated Approach to Determine the Reservoir Quality of a Fractured Limestone: Oseil Field Example. *Berita Sedimentologi*. no 23: 47-51.
- Moldowan, J.M., Seifert, W.K., dan Gallegos, E.J., 1985. Relationship between petroleum composition and depositional environment of petroleum source rocks. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. V69. 1255-1268.
- Mode, A.W., Anyiam, O.A., Amobi, J.O. and Nweke, S.U., 2017. Gas chromatographic analysis of whole oil samples: implications for biodegradation in Niger Delta. *Petrol. Explor. Prod. Technol.* No. 7:389-398.
- Peters, K. and Moldowan, J., 1993. *The biomarker guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Price, P.L., O'Sullivan, T., and Alexander, R., 1987. The nature and occurrence of oil in Seram, Indonesia. *Proc. 16<sup>th</sup> Convention, Indonesian Petroleum Association*.
- Volkman, J.K., 1986. A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter. *Organic Geochemistry*, 9, 83-99.
- Xiaoli, Z., Jinxian, H., Yande, Z., Hongchen, W., dan Zeqiang, R., 2017. Geochemical Characteristics and Origins of the Crude Oil of Triassic Yanchang Formation in Southwestern Yisan Slope, Ordos Basin. *International Journal of Analytical Chemistry*. v2017. ID 6953864, 12p. <https://doi.org/10.1155/2017/6953864>.
- Zeng, W., Liu, H., dan Zhang, M., 2014. Geochemical characteristic and genetic types of crude oil from Qinjiatun and Qikeshu oilfields in the Lishu Fault Depression, Songliao Basin, northern China. *Chinese Journal of Geochemistry*. v33. 103-108. DOI: 10.1007/s11631-014-0664-4.
- Zhang, M., Huang, G., dan Hu, G., 2006. Reservoir geochemistry of the Tazhong Oilfield in the Tarim Basin, China, Part I. Geochemical characteristics and genetic classification of crude oils. *Chinese Journal of Geochemistry*. v25. 328-331.
-