

Analisis Pemodelan Sejarah Pemedaman Dan *Maturity Model* Serta Korelasinya dengan Hidrokarbon Pada Blok VIS

Vismaia Isanjarini^{1*}, Ildrem Syafri¹, Reza Moh. Ganjar¹, Kukuh Suprayogi².

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

²Pertamina *Upstream Technology Center*

*Korespondensi: visanjarini@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan pencarian minyak dan gas bumi pada saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat. Berbagai metode dan teknik eksplorasi dikembangkan untuk mencari hidrokarbon yang baru maupun mengoptimalkan penemuan yang sudah ada. Penelitian menggunakan analisis karakteristik, pemodelan batu induk, *maturity model*, analisis biomarker serta perkiraan jalur migrasi. Berdasarkan analisis batuan induk Formasi Talang Akar dan Formasi Lahat memiliki kemampuan yang baik dalam menggenerasikan hidrokarbon, dan berdasarkan analisis pemodelan diketahui bahwa pada kedalaman 1300 m masa pliosen sumur telah dalam keadaan matang apabila terletak pada daerah rendah. *Maturity model* yang dihasilkan yaitu semakin ke arah barat maka sumur semakin matang (mendekati cekungan). Berdasarkan analisis biomarker, diketahui bahwa sumur batuan induk grup III (VIN-1, AHA, ARA, dan VIT) memiliki karakteristik yang sama dengan sumur hidrokarbon grup I, sementara sumur batuan induk grup IV (VIA-1 dan VIA-2) memiliki karakteristik yang sama dengan sumur hidrokarbon grup II. Perkiraan migrasi graben Adiantum berarah Timur menuju sumur PSW-1 dan AMA. Sedangkan pada graben Nephrolepis berarah Barat menuju sumur ASA.

Kata kunci: *Geokimia, Batuan Induk, Hidrokarbon*

ABSTRACT

The expansion for searching oil and gas at this time has experienced rapid progress. Various exploration methods and techniques were developed to search new hydrocarbons and optimize existing discoveries. This study uses analysis of characteristics, modeling of source rock, maturity models, biomarker analysis and migration estimates. Based on the analysis of the source rock Talang Akar and Lahat Formation have a good ability in generating hydrocarbons, and based on modeling analysis it is known that at a depth of 1300 m in pliocene period of the well has been in a mature state when it is located in the lowlands. The maturity model is the more towards to the west is more mature (near the basin). Based on biomarker analysis, group III of source rock well (VIN-1, AHA, ARA, and VIT) have the same characteristics as group I hydrocarbon wells, while group IV of source rock well (VIA-1 and VIA-2) have the same characteristics as group II hydrocarbon wells. The Adiantum graben directed to east toward PSW-1 and AMA wells. While on the Nephrolepis graben directed to the west towards the ASA well.

Keywords: *Geochemistry, Source Rock, Hydrocarbons*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam pencarian minyak dan gas bumi pada saat ini telah mengalami kemajuan yang pesat. Berbagai metode dan teknik eksplorasi dikembangkan untuk mencari hidrokarbon yang baru maupun mengoptimalkan penemuan yang sudah ada. Sejalan dengan upaya tersebut, optimalisasi studi tentang proses pembentukan hidrokarbon tidak hanya dilakukan pada daerah *frontier* saja, melainkan juga pada daerah yang sudah tergolong matang untuk mencari alternatif-alternatif prospek eksplorasi lainnya.

Salah satu metode yang digunakan untuk studi batuan induk adalah analisis geokimia. Analisis geokimia digunakan untuk mengevaluasi karakteristik batuan induk penghasil hidrokarbon serta mengetahui waktu pembentukan, tingkat kematangan, dan jalur migrasi hidrokarbon hingga akhirnya terakumulasi pada reservoir dan terperangkap pada cebakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Batuan Induk dan Biomarker

Batuan induk adalah batuan yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan dan mengeluarkan hidrokarbon dalam jumlah yang cukup untuk membentuk suatu akumulasi minyak dan gas bumi (Hunt, 1996). Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam interpretasi analisis karakteristik batuan induk berdasarkan data geokimia, seperti penentuan kuantitas, kualitas dan kematangan.

Selain dengan menggunakan parameter di atas, digunakan juga parameter *biomarker*. Biomarker merupakan senyawa yang berasal dari molekul biogenik yang umumnya berupa molekul fosil (Waples, 1985). Parameter yang digunakan dalam penelitian adalah asal material organik, lingkungan pengendapan, dan kematangan minyak dengan menggunakan biomarker GC-MS berupa sterana dan triterpana.

Migrasi

Migrasi adalah proses perpindahan hidrokarbon dari satu tempat ke tempat lainnya yang disebabkan oleh penguburan, pemadatan, dan peningkatan volume hidrokarbon. Migrasi terbagi atas dua yaitu migrasi primer dan migrasi sekunder. Migrasi primer yaitu ekspulsi hidrokarbon dari *source rock* ke *carrier bed* yang memiliki permeabilitas tinggi. Sementara migrasi sekunder adalah perpindahan hidrokarbon dari *carrier bed* menuju *trap*.

3. METODE

Pada penelitian ini dilakukan analisis geokimia berupa karakteristik batuan induk (berdasarkan 3 parameter yaitu kuantitas, kualitas, dan kematangan), pemodelan batuan induk (berdasarkan pada data laporan akhir, data geokimia, data biostratigrafi, data *paleo water depth*, data *SWI temperature*, dan data *Heat Flow* yang sudah dikalibrasi), *maturity model* berupa peta persebaran kematangan. Serta analisis biomarker yang dilakukan pada sumur batuan induk dan sumur hidrokarbon. Analisis ini berupa penentuan karakteristik fisik,

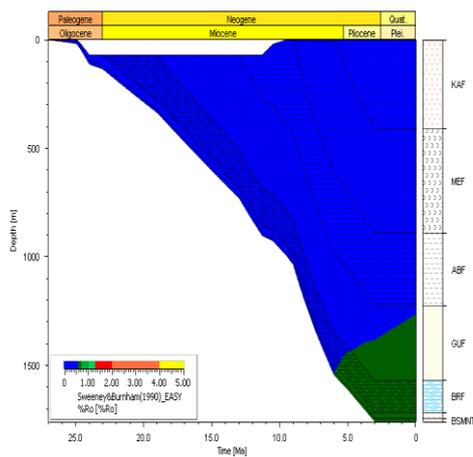
lingkungan pengendapan, dan kematangan. Hasil dari tiap-tiap sumur batuan induk dan sumur hidrokarbon dikorelasikan sehingga diketahui hubungan antara keduanya. Kemudian dilakukan pembuatan jalur migrasi menggunakan data seismik dan peta ortokontur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dan Pemodelan

1. Sumur AGA

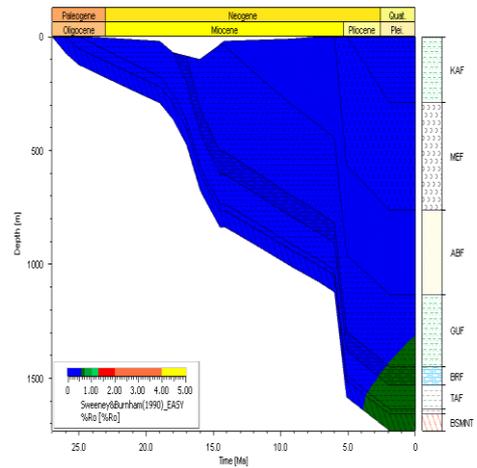
- TAF efektif
- Pemodelan yang dihasilkan *oil window* pada kedalaman 1300 m (Gambar 1).



Gambar 1 Pemodelan Sumur AGA

2. Sumur AKA

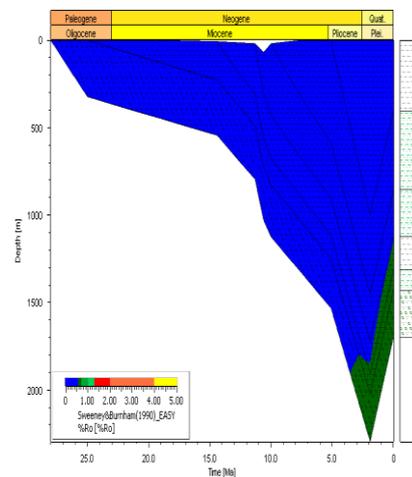
- TAF efektif
- Pemodelan yang dihasilkan *oil window* pada kedalaman 1300 m (Gambar 2).



Gambar 2 Pemodelan Sumur AKA

3. Sumur AMA

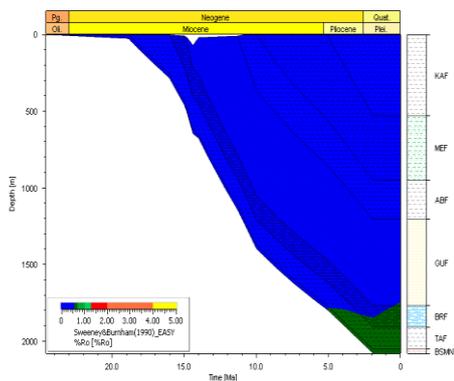
- TAF efektif
- Pemodelan yang dihasilkan *oil window* pada kedalaman 1300 m (Gambar 3).



Gambar 3 Pemodelan Sumur AMA

4. Sumur ARA

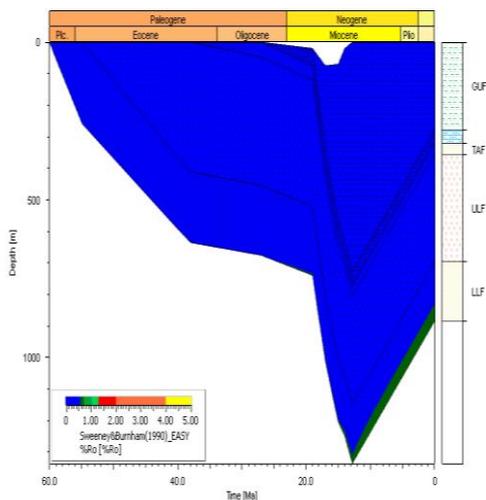
- TAF efektif
- Pemodelan yang dihasilkan *oil window* pada kedalaman 1800 m (Gambar 4).



Gambar 4 Pemodelan Sumur ARA

5. Sumur ASA

- LLF efektif
- Pemodelan yang dihasilkan *oil window* pada kedalaman 840 (Gambar 5)



Gambar 5 Pemodelan Sumur ASA

Maturity Model

Penyebaran kematangan menuju ke arah barat. Dikarenakan semakin ke arah barat, sumur semakin mendekati cekungan (berada pada daerah rendahan). Sedangkan di bagian timur, sumur semakin menjauhi cekungan (berada pada daerah

tinggian). Posisi stratigrafi pun mempengaruhi kematangannya, hal inilah yang menyebabkan pada formasi lahat bawah batuan induk sudah dalam keadaan matang, sedangkan pada formasi talang akar masih banyak batuan induk yang belum matang (Gambar 6-7).

Biomarker pada Sumur Batuan Induk dan Sumur Hidrokarbon

a. Sumur Batuan Induk

Berdasarkan hasil plot diagram sterana, sampel ekstrak batuan yang diambil pada Grup I sumur ABA dan AMA, menunjukkan *terrestrial*. Grup II sumur ASA dan ACA-1 menunjukkan *higher plant*, sedangkan pada Grup III formasi talang akar sumur ARA, AHA, VIN, VIT merupakan *estuarine/bay*. Dan ekstrak batuan grup IV sumur VIA-1 dan VIA-2 menunjukkan *open marine* (Gambar 8).

b. Sumur Hidrokarbon

Berdasarkan hasil plot diagram sterana, sampel minyak bumi dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu Grup I terdiri atas yaitu AKA, VIS-2, VIS-3, VIR-2, VIP-1, menunjukkan lingkungan *estuarine/bay*. Sampel VIS-1, VIR-1, AGA-17 mengindikasikan lingkungan *estuarine/bay- shallow marine*. Sampel VIR-3 menunjukkan lingkungan *estuarine/bay*. Meskipun demikian, ketiganya berada pada lingkungan *fluvio-deltaic*. Grup II terdiri atas sampel VIA-05 dan VIA-3 mengindikasikan berada pada lingkungan *marine* (Gambar 9).

Korelasi Sumur Batuan Induk dan Sumur Hidrokarbon

Berdasarkan hasil analisa diagram segitiga sterana menggunakan C_{27} , C_{28} , dan C_{29} , sampel minyak grup I (AKA, VIS-2, VIS-3, VIR-2, VIP-1, VIS-1, VIR-1, AGA-17 dan VIR-3) memiliki korelasi dengan ekstrak batuan pada sumur grup III (ARA, VIT, VIN, dan AHA) yaitu berada pada *estuarine bay* atau transisi. Dan sampel minyak grup II (VIA-05 dan VIA-3) memiliki korelasi dengan ekstrak batuan pada sumur grup IV (VIA-1 dan VIA-2) yaitu *marine*.

Sementara sumur grup I (ABA dan AMA), dan grup II (ACA, dan ASA) tidak memiliki korelasi dengan sampel minyak. Hal ini dapat digunakan sebagai saran adanya *hidrogen play* baru, dimana pada daerah penelitian terdapat calon sumur batuan induk yang berasosiasi dengan lingkungan *terrestrial* dan *higher plant*.

Perkiraan Jalur Migrasi

Perkiraan jalur migrasi ini dilakukan pada graben Adiantum dan graben Nephrolepis.

Pada graben Adiantum, interpretasi arah jalur migrasi hidrokarbon terlihat pada penampang seismik struktural AMA-PSW-1. Pada penampang seismik AMA-PSW-1 migrasi berarah timur-laut dan utara menuju sumur AMA dan berarah timur-laut menuju sumur PSW-1. Migrasi secara lateral atau horizontal pada *top of carier bed* yaitu pada *top* Formasi Talang Akar dan

top Formasi Lahat, migrasi secara vertikal melalui sesar-sesar yang sebagian besar terbentuk pada pliosen-pliestosen. Sesar hadir sebagai jebakan struktural yang menyebabkan adanya akumulasi hidrokarbon pada Formasi Baturaja dan Formasi Gumai (Gambar 10).

Pada graben Nephrolepis, interpretasi arah jalur migrasi hidrokarbon terlihat pada penampang seismik struktural ASA-PSW-3. Pada penampang seismik struktural ASA-PSW-3 migrasi berarah barat-laut menuju sumur ASA dan berarah barat menuju sumur PSW-3. Migrasi secara lateral atau horizontal pada *top of carier bed* yaitu pada *top* Formasi Talang Akar dan *top* Formasi Lahat. Jebakan stratigrafi hadir yang menyebabkan adanya akumulasi hidrokarbon pada Formasi Baturaja (Gambar 11).

Interpretasi arah fokus migrasi menggunakan peta *orthocontour* menunjukkan bahwa pada graben Adiantum berarah Timur menuju sumur PSW-1 dan AMA. Sedangkan pada graben Nephrolepis berarah Barat menuju sumur ASA.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis karakteristik batuan induk, pemodelan, biomarker terhadap batuan induk dan hidrokarbon, serta perkiraan jalur migrasi maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Karakteristik batuan induk pada daerah penelitian menunjukkan bahwa pada sumur AGA batuan induk efektif terdapat pada

Formasi Talang Akar, pada sumur AKA batuan induk efektif terdapat pada Formasi Formasi Talang Akar dan Formasi Lahat (*Upper* dan *Lower*), pada sumur AMA batuan induk efektif terdapat pada Formasi Talang Akar, pada sumur ARA batuan induk efektif terdapat pada Formasi Talang Akar, dan pada sumur ASA batuan induk efektif terdapat pada Formasi Lower Lahat.

2. Pemodelan batuan induk pada sumur AGA formasi talang akar sudah memasuki *early oil* pada miosen akhir di kedalaman 1300 m. Pada sumur AKA formasi talang akar memasuki fase *early oil* pada pliosen di kedalaman 1300 m, dan formasi lahat di kedalaman 1600 m. Pada sumur AMA formasi talang akar memasuki fase *early oil* pada pliosen di kedalaman 1300 m, sementara formasi lahat di kedalaman 1499 m. Pada sumur ARA formasi talang akar mengalami fase *early oil* pada miosen akhir di kedalaman 1800 m. Pada sumur ASA formasi *lower* lahat mengalami fase *early oil* pada miosen akhir di kedalaman 840 m.
3. Berdasarkan *maturity model* yang dibuat, penyebaran kematangan menuju ke arah barat. Dikarenakan semakin ke arah barat, sumur semakin mendekati cekungan (berada pada daerah rendahan).
4. Berdasarkan analisis biomarker yang dilakukan pada sumur grup I)berasal dari *terrestrial*, grup II berasal dari *higher plant*, grup II berasal dari *fluvial deltaic*, grup

IV berasal dari *marine*. Sementara pada sampel minyak grup I berasal dari *fluvio-deltaic*, dan sampel minyak pada grup II berasal dari *marine*.

5. Korelasi batuan induk dan hidrokarbon menunjukkan bahwa sampel minyak pada grup I memiliki kesamaan dengan batuan induk pada sumur batuan induk grup III yaitu berasal dari *fluvio-deltaic*, sementara sampel minyak pada grup II memiliki kesamaan dengan batuan induk pada sumur batuan induk grup IV yaitu berasal dari *marine*. Dan diinterpretasikan terdapat calon hidrokarbon baru yang berasal dari *terrestrial* dan *higher plant*.
6. Arah fokus migrasi graben Adiantum berarah timur menuju sumur AMA dan sumur PSW-1. Sedangkan pada graben Nephrolepis migrasi berrah barat menuju sumur ASA.

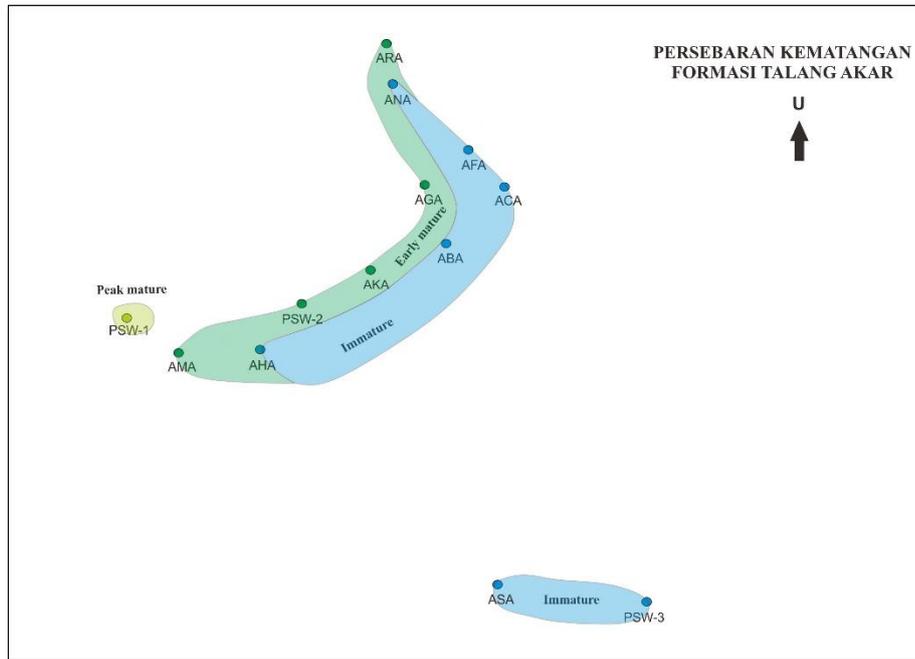
UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Pertamina *Upstream Technology Center* yang telah memfasilitasi ketersediaan data dan mengarahkan penulis pada pengerjaan penelitian ini. Terimakasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

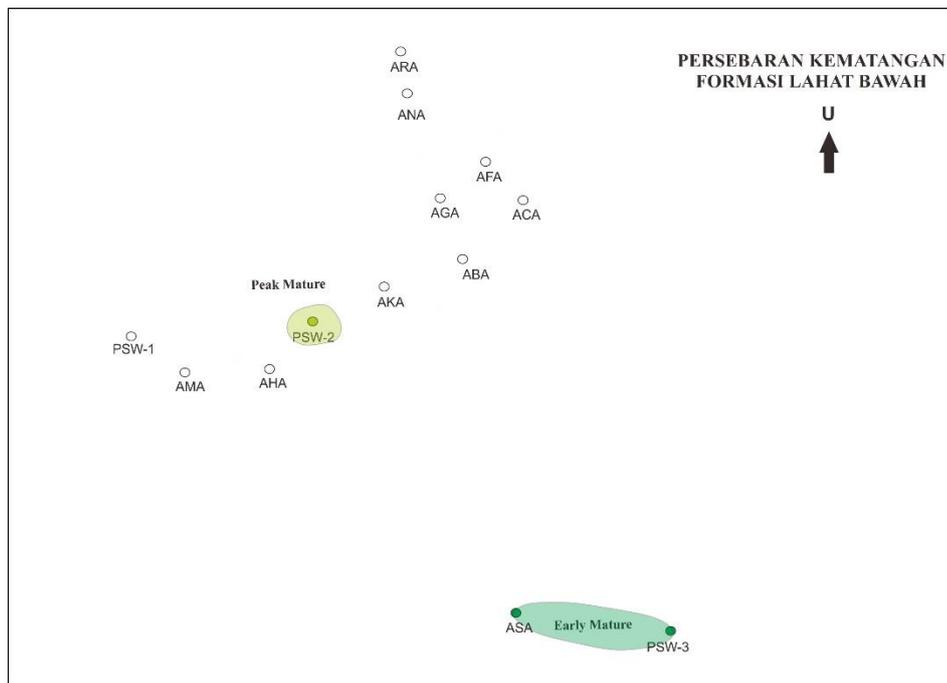
DAFTAR PUSTAKA

- Das Troyee, Mukhrjee Soumyajit. 2020. *Investigation of Erosion Using Compaction Trend Analysis on Sonic Data*. Springer
- Huang, W.Y. and Meinschein, W.G. 1979. *Sterols as Ecological*

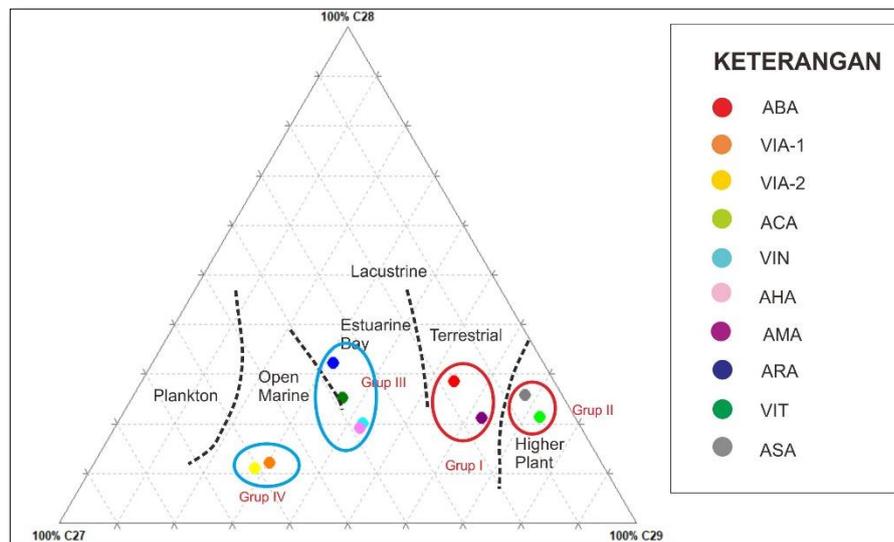
- Indicators. Dalam: Petroleum Geochemistry.* 2004. A.H Satyana, Pre – Convention short course IAGI, Bandung.
- Hunt, J.M. (1996) *Petroleum Geochemistry and Geology. 2nd Edition*, W.H. Freeman, New York.
- Killops, S. and Killops, V., 2005, *Introduction to Organik Geochemistry, 2edition*, Blackwell Publishing, Victoria, p. 393.
- Magara K (1976) *Thickness of removed sedimentary rocks, paleopore pressure, and paleotemperature, southwestern part of Western Canada basin.* Am Assoc Pet Geol Bull 60:554–565
- Peters, K. E., 1986, *Guidelines for Evaluating Petroleum Source Rock Using Programmed Pyrolysis*, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, No. 3, Vol. 70, p. 318-329.
- Peters, K. E., and Cassa, M. R., 1994. *Applied Source Rock Geochemistry. In L.B. Magoon and W. G. Dow (eds.), The Petroleum System-From Source to Trap.* AAPG Memoir 60. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, p. 93-120.
- Sweeney, J. J., and A. K. Burnham, 1990, *Evaluation of a Simple Model of Vitrinite Reflectance Based on Chemical Kinetics:* AAPG Bulletin, v. 74, no. 10, p. 1559 – 1570
- T. Dasgupta and S. Mukherjee, *Sediment Compaction and Applications in Petroleum Geoscience*, Springer
- Waples, Douglas W; Cunningham, Robert .1985. *Organik geochemistry at DSDP Site 80-548.* PANGAEA.
- Waples, D. 1985. *Geochemistry in Petroleum Exploration*, International Human Resources Development Corporation, Boston
- Waples, D.W dan Machihara, T, 1991. *Biomarkers for Geologist – A Practical Guide to the Application of Steranes and Triterpanes in Petroleum Geology.* Dalam AAPG Methods in Exploration series No. 9, American Association Petroleum Geologist, Tulsa Oklohoma USA



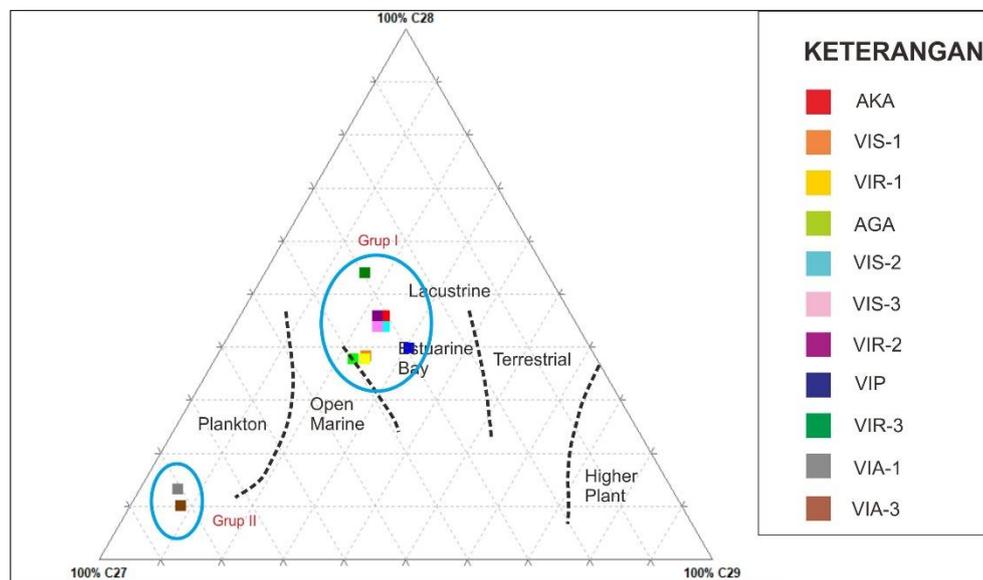
Gambar 6 Peta Persebaran Kematangan pada TAF



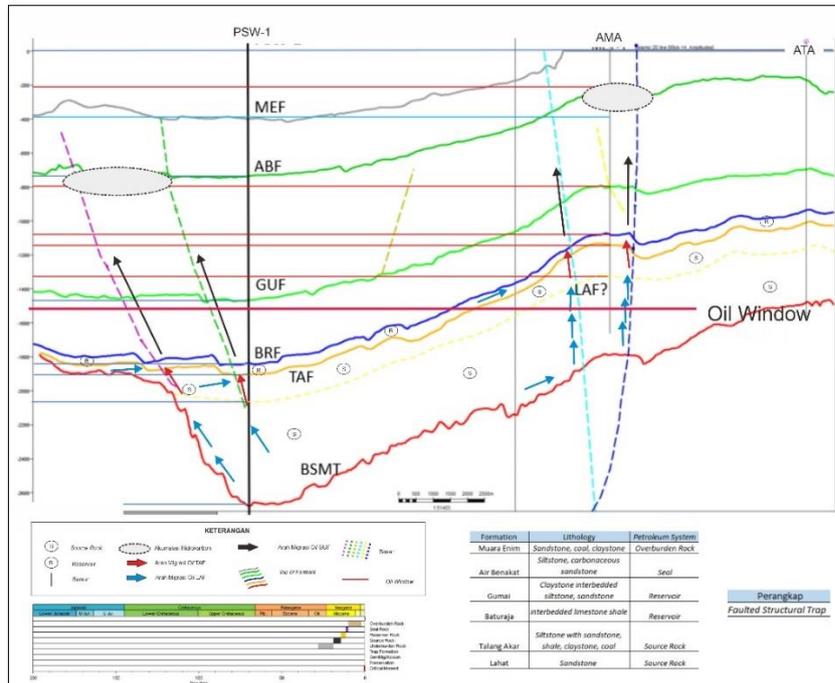
Gambar 7 Peta Persebaran Kematangan pada LLF



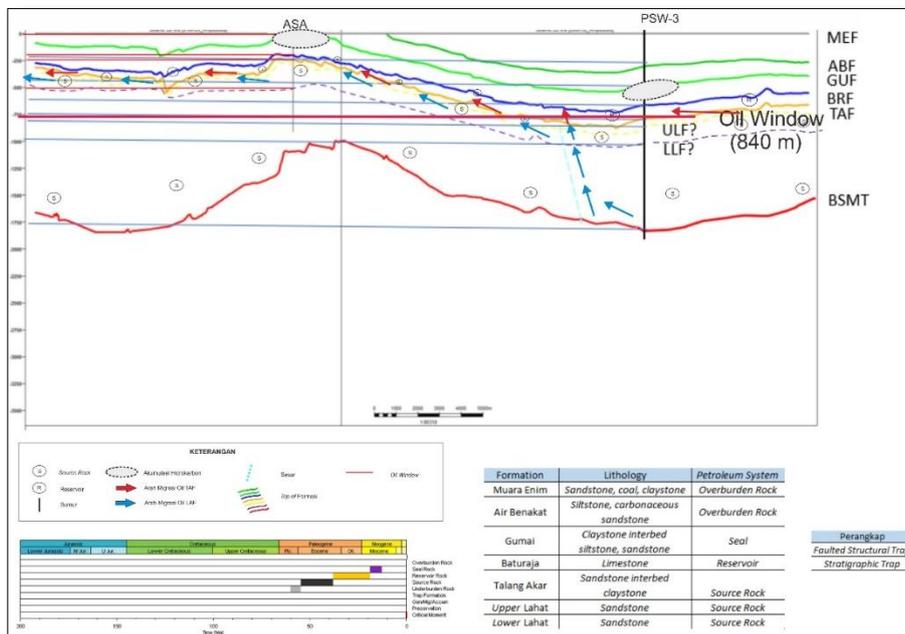
Gambar 8 Diagram segitiga untuk menentukan fasies organik menggunakan distribusi sterana C₂₇, C₂₈, C₂₉ pada ekstrak batuan (Hwang dan Meinschein, 1979)



Gambar 9 Diagram segitiga untuk menentukan fasies organik menggunakan distribusi sterana C₂₇, C₂₈, C₂₉ pada sampel minyak (Hwang dan Meinschein, 1979)



Gambar 10 Perkiraan Migrasi Sub-basin Adiantum (AMA-PSW-1)



Gambar 11 Perkiraan Migrasi Sub-basin Nephrolepis (ASA-PSW-3)