

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA DAN ANALISIS BIOMARKER BATUAN INDUK
PADA SUB-CEKUNGAN JAMBI, CEKUNGAN SUMATRA SELATAN****Nazadesvy Erya Andrikasari¹, Inara Shabrina Setya¹, Nisa Nurul Ilmi¹, Edy Sunardi¹**¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas PadjadjaranKorespondensi: nazadesvyeryaa@gmail.com**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik geokimia batuan induk dari Sub-Cekungan Jambi, yang mencakup kuantitas, kualitas, kematangan termal, sumber material organik, serta lingkungan pengendapannya. Analisis dilakukan pada sampel singkapan dari Formasi Air Benakat dan Formasi Lahat Bawah dengan metode geokimia, termasuk *Total Organic Carbon* (TOC), *Rock-Eval Pyrolysis* (REP), *Gas Chromatography* (GC), dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Hasil analisis menunjukkan bahwa Formasi Air Benakat memiliki kuantitas material organik yang sangat rendah, dengan tipe kerogen III yang cenderung hanya menghasilkan gas. Sebaliknya, Formasi Lahat Bawah memiliki kuantitas material organik yang bervariasi dari *fair-excellent*, dengan tipe kerogen II/III yang berpotensi menghasilkan minyak dan gas. Sumber material organik pada kedua formasi ini didominasi oleh material organik dari tumbuhan darat, dengan Formasi Lahat Bawah menunjukkan input material organik tumbuhan darat lebih dominan. Lingkungan pengendapan Formasi Air Benakat diperkirakan berada dalam lingkungan transisi, sedangkan Formasi Lahat Bawah diendapkan dalam lingkungan rawa gambut (*peat-swamp*). Dari segi kematangan termal, Formasi Air Benakat berada pada tahap *immature*, sedangkan Formasi Lahat Bawah berada pada tahap *immature-early mature*. Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai potensi batuan induk di Sub-Cekungan Jambi dalam eksplorasi hidrokarbon lebih lanjut.

Kata kunci: Batuan induk, Biomarker, Geokimia, Hidrokarbon, Sub-Cekungan Jambi.**ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the geochemical characteristics of source rocks from the Jambi Sub-Basin, including their quantity, quality, thermal maturity, organic material sources, and depositional environment. The analysis was conducted on outcrop samples from the Air Benakat Formation and the Lower Lahat Formation using geochemical methods, including Total Organic Carbon (TOC), Rock-Eval Pyrolysis (REP), Gas Chromatography (GC), and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). The results indicate that the Air Benakat Formation has a very low quantity of organic material, with Type III kerogen that tends to generate only gas. In contrast, the Lower Lahat Formation exhibits organic material quantities ranging from fair to excellent, with Type II/III kerogen, which has the potential to generate both oil and gas. The organic material sources in both formations are predominantly derived from terrestrial plants, with the Lower Lahat Formation showing a higher contribution of terrestrial organic input. The depositional environment of the Air Benakat Formation is interpreted as a transitional environment, while the Lower Lahat Formation was deposited in a peat-swamp setting. In terms of thermal maturity, the Air Benakat Formation is at the immature stage, whereas the Lower Lahat Formation ranges from immature to early mature. These findings provide insights into the source rock potential in the Jambi Sub-Basin for further hydrocarbon exploration.

Keywords: Source rock, Biomarkers, Geochemistry, Hydrocarbon, Jambi Sub-Basin.

1. PENDAHULUAN

Sub-Cekungan Jambi merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan ini telah lama dikenal sebagai salah satu wilayah produktif dalam eksplorasi minyak dan gas bumi di Indonesia. Eksplorasi minyak dan gas bumi pertama kali dilakukan pada tahun 1866 oleh Granberg, di daerah dekat Muara Enim. Sejak saat itu, lebih dari 100 lapangan minyak dan gas telah ditemukan, dengan sekitar 60 lapangan masih aktif berproduksi (Courteny et al., 1990). Menurut Ginger & Fielding (2005), Cekungan Sumatra Selatan telah menghasilkan minyak secara kumulatif lebih dari 2 miliar barel, dari total perkiraan cadangan asli sekitar 3 miliar barel. Sementara itu, cadangan gas asli di cekungan ini diperkirakan mencapai 22 TCF, dengan produksi yang hingga saat ini masih di bawah 6 TCF.

Sub-Cekungan Jambi menjadi salah satu area yang menarik untuk eksplorasi lebih lanjut. Karakteristik geokimia batuan induk menjadi faktor penting dalam menentukan potensi hidrokarbon. Oleh karena itu, analisis geokimia terhadap batuan induk telah dilakukan pada enam sampel singkapan yang diambil dari Sub-Cekungan Jambi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik geokimia dari sampel singkapan, yang mencakup kuantitas, kualitas, kematangan termal, serta mengetahui sumber material organik dan lingkungan pengendapan batuan induk.

2. GEOLOGI REGIONAL

Sub-Cekungan Jambi merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Selatan, yang merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) berumur Tersier yang terbentuk akibat pergerakan antara Lempeng Hindia-Australia dan Lempeng Mikro-Sunda. Cekungan Sumatera Selatan dibatasi oleh Bukit Barisan di sebelah utara dan Paparan Sunda di sebelah timur laut (De Coster, 1974). Di sebelah utara, Cekungan Sumatera Selatan dibatasi oleh Pegunungan

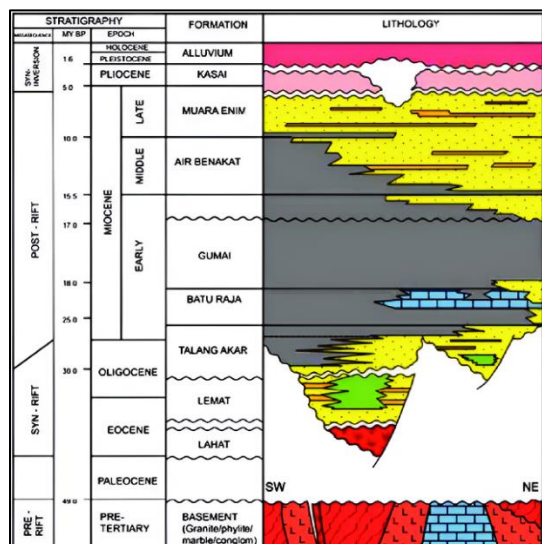
Tigapuluh dan Lampung High di sebelah barat daya (Setiadi et al., 2017).

Pembentukan dan perkembangan Cekungan Sumatera Selatan dipengaruhi oleh tiga periode tektonik, terdiri atas fase *syn-rift megasequence* (40-29 Ma), fase *post-rift megasequence* (29-5 Ma), fase *syn-orogenic/inversion megasequence* (5 Ma-sekarang) (Ginger & Fielding, 2005) (Gambar 2.1). Sedimentasi di Cekungan Sumatera Selatan terjadi dalam dua fase utama, yaitu fase transgresi dan fase regresi (Jackson, 1961).

Pada fase transgresi, terjadi pengendapan Kelompok Telisa, yaitu Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai. Formasi-formasi ini terendapkan secara tidak selaras di atas basement berumur Pra-Tersier. Formasi Lahat terendapkan pada lingkungan darat, lakustrin, dan lakustrin air payau saat fase *syn-rift*, terdiri atas batuan sedimen klastik yang berasal dari material vulkanik yang terkadang berasosiasi dengan batubara (Bishop, 2001). Formasi Talang Akar terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Lahat pada fase *syn-rift* akhir hingga awal fase *post-rift*, tersusun atas batupasir berselingan dengan batuserpih dan batubara yang terendapkan pada lingkungan fluvial dekat pantai hingga delta (Bishop, 2001). Formasi Baturaja terendapkan pada lingkungan laut dangkat dengan litologi batugamping. Formasi Gumai terdiri atas serpih laut, batulanau, dan batupasir.

Memasuki fase regresi, terendapkan Kelompok Palembang, yang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, dan Formasi Kasai. Formasi Air Benakat terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Gumai, tersusun atas batulempung dan batupasir. Formasi Muara Enim tersusun atas batupasir, lumpur, dan batubara yang terendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga darat. Formasi Kasai tersusun atas batupasir tufaan, batulempung, dan batupasir

vulkaniklastik yang terendapkan di fluvial dan darat.



Gambar 2.1 Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan (Ginger & Fielding, 2005)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan analisis geokimia. Karakterisasi batuan induk dilakukan dengan mengevaluasi kuantitas, kualitas, dan kematangan dari material organik dengan menggunakan parameter Peter and Cassa (1994) dan diagram modifikasi Van Krevelen dalam Hunt (1996). Terdapat enam sampel singkapan yang berasal dari berbagai lokasi pada Sub-Cekungan Jambi, yaitu: FH10 (Formasi Air Benakat), FH11 (Formasi Lahat Bawah), FH14 (Formasi Lahat Bawah), FH17 (Formasi Talang Akar), FH18 (Formasi Talang Akar), dan FH19 (Formasi Lahat Bawah). Data yang digunakan merupakan data geokimia batuan yang terdiri atas analisis kandungan *Total Organic Carbon* (TOC), *Rock-Eval Pyrolysis* (REP), *Gas Chromatography* (GC) dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

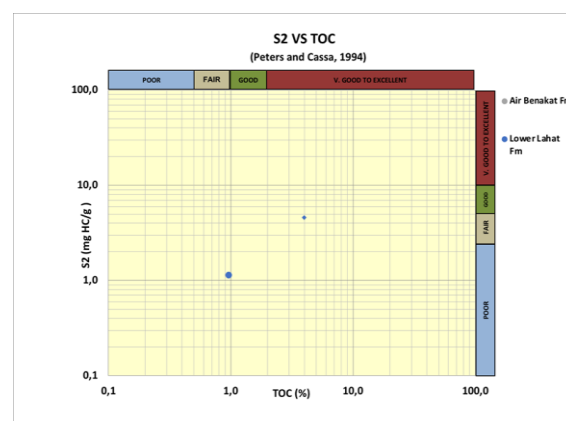
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis TOC dari keenam sampel yang diuji, hanya tiga yang menunjukkan nilai TOC yang baik (>0,5%), yaitu FH-10, FH-11, dan FH-14. Ketiga sampel ini kemudian dianalisis lebih lanjut dengan REP, GC dan GC-MS.

4.1 Kuantitas Material Organik

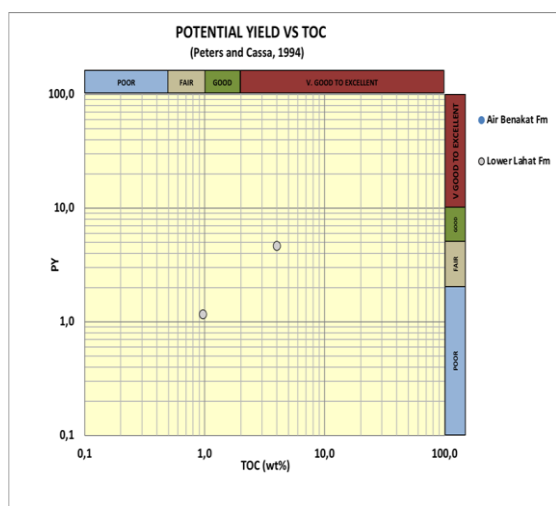
Berdasarkan analisis TOC dan REP yang dilakukan pada ketiga sampel, diketahui sampel FH-10 (Formasi Air Benakat) menunjukkan nilai TOC sebesar 0,58% (*fair*). Namun, parameter S1 dan S2 menunjukkan nilai yang sangat rendah, yaitu 0,05 mg/g batuan dan 0,00 mg/g batuan. Nilai S1 dan S2 yang rendah menunjukkan potensi batuan induk untuk menghasilkan hidrokarbon juga rendah (Peters & Cassa, 1994). Sementara Formasi Lahat Bawah (FH-11 dan FH-14) memiliki nilai TOC masing-masing sebesar 0,97% dan 3,98% (*good-very good*). Nilai S1 dan S2 pada formasi ini berkisar antara 0,03 hingga 0,07 mg/g batuan dan 1,13 hingga 4,60 mg/g batuan. Nilai ini menunjukkan bahwa kedua sampel dari Formasi Lahat Bawah memiliki potensi *fair-good* dalam menghasilkan hidrokarbon.

Nilai S1 yang relatif rendah pada setiap sampel dapat disebabkan oleh jumlah hidrokarbon bebas yang sedikit yang mengindikasikan hidrokarbon dalam sampel belum mengalami migrasi. *Crossplot* data TOC dan S2 dianggap baik dalam merepresentasikan potensi kuantitas sumber batuan induk. Formasi Air Benakat tidak memiliki potensi signifikan untuk menghasilkan hidrokarbon karena nilai S1 dan S2 yang hampir nol. Sebaliknya, Formasi Lahat Bawah menunjukkan potensi *fair* dan *very good to excellent* untuk menghasilkan hidrokarbon (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Kuantitas batuan induk yang ditunjukkan oleh data TOC dan S2

Cara lain untuk melihat kuantitas batuan induk dapat dengan melakukan *crossplot* nilai TOC terhadap PY (S1+S2). Nilai PY digunakan untuk menunjukkan jumlah total hidrokarbon, baik yang bebas maupun yang masih berpotensi dihasilkan oleh batuan induk (kuantitas total). Nilai PY Formasi Air Benakat yaitu 0,05 mg/g batuan, mengindikasikan bahwa formasi ini kemungkinan tidak menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah yang signifikan. Sementara itu, Formasi Lahat Bawah menunjukkan nilai PY untuk sampel FH-11 adalah 1,16 mg/g (*fair*), sedangkan sampel FH-14 memiliki nilai PY sebesar 4,67 mg/g (*excellent*) (Gambar 4.2).



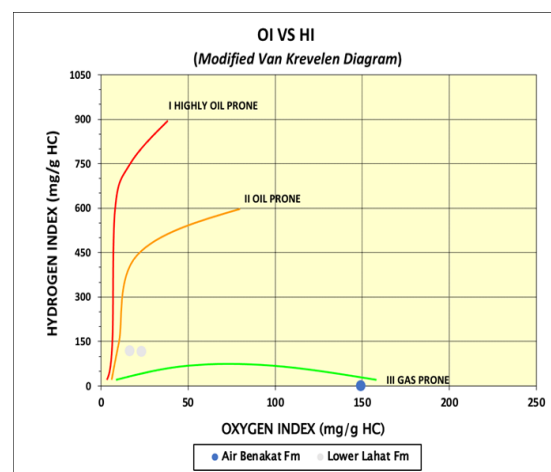
Gambar 4.2 Kuantitas batuan induk yang ditunjukkan oleh data TOC vs. PY

4.2 Kualitas Material Organik

Kualitas batuan induk mencerminkan jenis hidrokarbon yang dapat dikeluarkan dari batuan tersebut. Kualitas batuan induk dari data REP dapat diinterpretasikan dengan menganalisis nilai *Hydrogen Index* (HI) dan *Oxygen Index* (OI). Nilai HI untuk sampel FH-10 (Formasi Air Benakat) adalah 0, sedangkan nilai OI adalah 149. Nilai HI yang sangat rendah dan OI yang tinggi ini kemungkinan disebabkan oleh pengaruh material terestrial pada sampel, yang menyebabkan sifat inert pada batuan tersebut. Berdasarkan data ini, sampel FH-10 kemungkinan hanya menghasilkan gas atau bahkan tidak menghasilkan hidrokarbon sama sekali. Sementara

sampel FH-11 dan FH-14 (Formasi Lahat Bawah) memiliki nilai HI masing-masing sebesar 117 dan 115, serta nilai OI sebesar 17 dan 23. Nilai HI menunjukkan kemungkinan bahwa batuan induk dapat menghasilkan gas.

Diagram van Krevelen yang telah dimodifikasi digunakan untuk menentukan kemungkinan tipe kerogen pada batuan induk. Berdasarkan diagram ini, Formasi Lahat Bawah memiliki tipe kerogen II/III, yang menunjukkan potensi untuk menghasilkan minyak dan gas, sedangkan Formasi Air Benakat memiliki tipe kerogen III, yang lebih cenderung menghasilkan gas (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Kualitas batuan induk yang ditunjukkan oleh data OI vs HI

4.3 Kematangan Material Organik

Kematangan termal batuan induk dapat dianalisis menggunakan data *Tmax* dari hasil REP. Formasi Air Benakat (sampel FH-10), tidak memiliki data *Tmax*, sehingga tingkat kematangannya tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan data ini. Namun, terdapat data *Tmax* untuk sampel FH-11 dan FH-14 (Formasi Lahat Bawah). Formasi ini memiliki nilai *Tmax* dalam rentang 427-428°C, yang dapat diinterpretasikan sebagai tahap *immature* (belum matang). Selain *Tmax*, parameter kematangan lainnya yang dapat digunakan yaitu analisis biomarker.

4.4 Analisis Biomarker

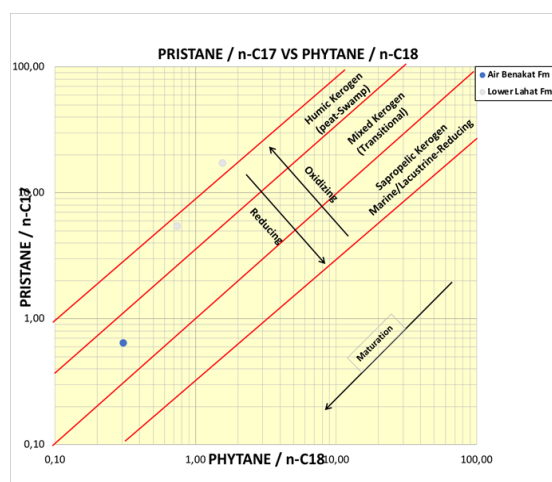
Biomarker yang digunakan untuk mengevaluasi sampel batuan induk

meliputi n-alkana, isoprenoid, terpana, dan sterana. Biomarker ini digunakan untuk mengetahui sumber material organik, lingkungan pengendapan dan tingkat kematangan batuan induk.

4.4.1 Analisis Sumber Material Organik

1. Rasio Pristana/Phytana (Pr/Ph)

Rasio Pristana terhadap Phytana (Pr/Ph) digunakan untuk mengidentifikasi jenis bahan organik serta kondisi oksidasi atau reduksi saat pengendapan. Pada sampel FH-10, nilai rasio Pr/Ph sebesar 2,09 menunjukkan bahwa batuan induk ini berasal dari lingkungan laut dengan input material organik dari tanaman darat yang terendapkan dalam kondisi oksidatif. Sementara itu, sampel FH-11 dan FH-14 memiliki rasio Pr/Ph yang jauh lebih tinggi, yaitu masing-masing 8,10 dan 9,81. Nilai ini menunjukkan bahwa kedua sampel tersebut memiliki dominasi material organik dari darat, yang umumnya dikaitkan dengan batuan induk batu bara. Selain itu, untuk memahami lebih lanjut lingkungan pengendapan, rasio Pr/nC-18 dan Ph/nC-17 digunakan dalam plot diagram. Berdasarkan distribusi data, Formasi Air Benakat cenderung terendapkan dalam lingkungan transisi antara kondisi oksidatif dan reduktif, sedangkan Formasi Lahat Bawah menunjukkan kondisi yang lebih teroksidasi dengan input bahan organik terestrial yang lebih dominan (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Plot Ph/nC-18 dan Pr/nC-17 untuk menunjukkan lingkungan pengendapan dan input material organik batuan induk

2. CPI, OEP, dan TAR (n-Alkana)

Indeks Preferensi Karbon (CPI), *Odd-to-Even Predominance* (OEP), dan *Terrigenous to Aquatic Ratio* (TAR) merupakan parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi sumber bahan organik berdasarkan distribusi n-alkana. Pada sampel dari Formasi Air Benakat (FH-10), nilai CPI, OEP, dan TAR masing-masing adalah 1,91, 1,78, dan 1,84. Nilai ini menunjukkan bahwa batuan induk ini memiliki kontribusi bahan organik yang signifikan dari tanaman darat. Sementara itu, Formasi Lahat Bawah memiliki nilai TAR yang lebih tinggi dibandingkan dengan Formasi Air Benakat, yang mengindikasikan bahwa batuan induk ini menerima lebih banyak input bahan organik dari lingkungan daratan.

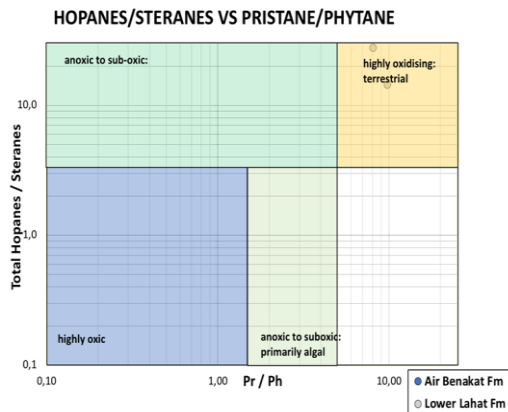
3. Terpana Biomarker (Hopana dan Trisiklik Terpana)

Biomarker terpana, khususnya hopana, digunakan untuk menentukan sumber bahan organik serta lingkungan pengendapan. Distribusi hopana dalam fragmentogram m/z 191 menunjukkan perbedaan signifikan antara Formasi Air Benakat dan Formasi Lahat Bawah. Sampel dari Formasi Air Benakat memiliki kandungan trisiklik terpane C-19 dan C-20 yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel dari Formasi Lahat Bawah. Kandungan yang lebih tinggi pada Formasi Lahat Bawah menunjukkan adanya dominasi input bahan organik dari lingkungan terestrial.

4. Rasio Hopana/Sterana

Rasio antara hopana dan sterana digunakan untuk mengidentifikasi sumber bahan organik dengan membandingkan kontribusi organisme prokariotik (bakteri) dan eukariotik (alga serta tanaman darat) (Peters et al., 2005). Hopana mewakili bakteri, sedangkan sterana berasal dari alga dan tanaman darat. Rasio hopana/sterana diplot terhadap rasio Pr/Ph untuk menilai lingkungan pengendapan dan jenis bahan organik yang terakumulasi dalam batuan induk. Hasil analisis menunjukkan bahwa

Formasi Lahat Bawah terendapkan dalam lingkungan yang sangat teroksidasi dengan input besar dari bahan organik terestrial. Sementara itu, Formasi Air Benakat menunjukkan hasil yang kurang jelas karena nilai rasio berada di atas ambang batas interpretasi (Gambar 4.5).

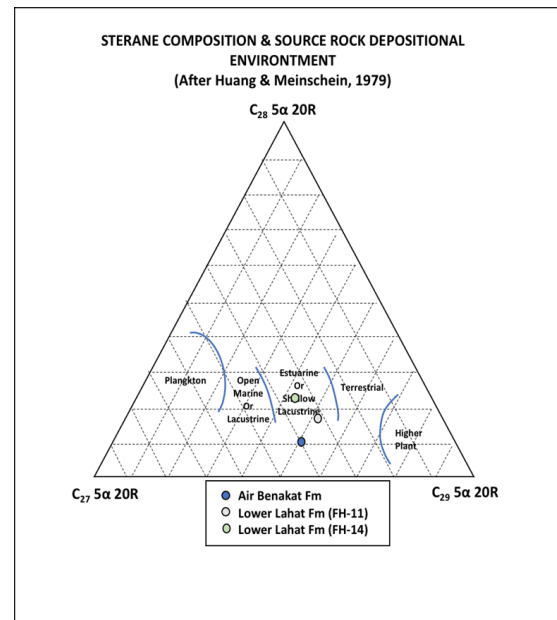


Gambar 4.5 Plot Pr/Ph vs Hopana/Sterana untuk menunjukkan lingkungan pengendapan dan input material organik batuan induk

5. Sterana Biomarker (C-27, C-28, C-29)

Sterana merupakan biomarker yang berasal dari sterol (kolesterol) dan dapat digunakan untuk menilai sumber bahan organik serta lingkungan pengendapan. Rasio antara cholest-5-en-3 β -ol dan 24-ethylcholest-5-en-3 β -ol sering digunakan untuk membedakan lingkungan pengendapan suatu batuan induk (Peters et al., 2005). Selain itu, distribusi senyawa sterana C-27, C-28, dan C-29 juga dapat memberikan gambaran mengenai jenis bahan organik yang mendominasi dalam sampel (Peters et al., 2005). Pada semua sampel menunjukkan kandungan C-29 sterana yang tinggi, yang mengindikasikan dominasi input bahan organik dari tanaman darat. Analisis lebih lanjut dengan memplot data dalam diagram ternary menunjukkan bahwa Formasi Air Benakat dan Formasi Lahat Bawah kemungkinan besar terendapkan dalam lingkungan transisi, seperti estuari. Hal ini sejalan dengan hasil analisis distribusi hopana yang menunjukkan bahwa kedua formasi ini mengalami proses pengendapan dalam kondisi sangat teroksidasi dengan

kontribusi besar dari tanaman darat (Gambar 4.6).

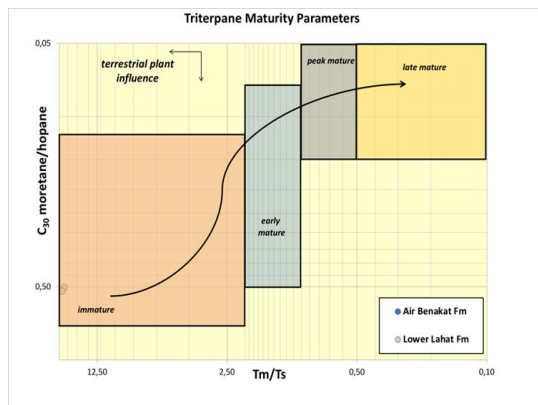


Gambar 4.6 Plot C-27, C-28, dan C-29 Sterana untuk menunjukkan lingkungan pengendapan dan input material organik batuan induk

4.4.2 Analisis Kematangan

1. Terpana Biomarker

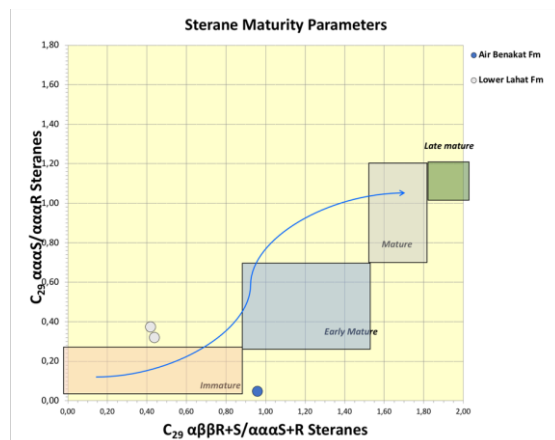
Kematangan batuan induk dapat dianalisis menggunakan parameter biomarker, salah satunya adalah terpana. Parameter ini mengukur stabilitas senyawa triterpana selama proses pematangan termal akibat paparan panas dalam jangka waktu lama. Analisis dilakukan dengan memplot rasio C-30 moretana terhadap Tm/Ts. Hasil plot menunjukkan bahwa sampel dari Formasi Lahat Bawah masih berada dalam tahap immature atau belum matang. Sementara itu, sampel dari Formasi Air Benakat tidak dapat diplot karena posisinya berada jauh di atas nilai ambang batas diagram. Namun, rasio Ts/Tm dari sampel Air Benakat menunjukkan bahwa formasi ini juga masih berada dalam tahap immature. Selain itu, data yang diplot dalam diagram menunjukkan dominasi input material organik dari daratan. Hal ini mengonfirmasi bahwa lingkungan pengendapan batuan induk ini memiliki kontribusi besar dari sumber terestrial (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Plot Tm/Ts vs C-30 moretane/hopane untuk menunjukkan kematangan termal batuan induk

2. Sterana Biomarker
- 3.

Sterana merupakan kelompok biomarker yang juga dapat digunakan untuk menilai tingkat kematangan termal batuan induk. Dalam studi ini, maturitas sterana dianalisis dengan memplot rasio C-29 $\alpha\alpha\alpha S/\alpha\alpha\alpha R$ terhadap C-29 $\alpha\beta\beta R+S/\alpha\alpha\alpha S+R$. Hasil plot menunjukkan bahwa baik Formasi Air Benakat berada dalam tahap immature. Sementara itu, Formasi Lahat Bawah menunjukkan variasi tingkat maturitas, secara keseluruhan formasi ini berada dalam tahap *immature-early mature* (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Plot C-29 $\alpha\alpha\alpha S/\alpha\alpha\alpha R$ vs C-29 $\alpha\beta\beta R+S/\alpha\alpha\alpha S+R$ untuk menunjukkan kematangan termal batuan induk

5. KESIMPULAN

Karakteristik geokimia dari sampel singkapan yang diambil dari Cekungan Jambi, yang mewakili Formasi Air Benakat dan Formasi Lahat Bawah, adalah sebagai berikut:

1. Kuantitas material organik pada Formasi Air Benakat (FH-10) sangat rendah dan hampir *inert*, sedangkan pada Formasi Lahat Bawah (FH-11 dan FH-14) memiliki kuantitas *fair-excellent*.
2. Kualitas material organik pada Formasi Air Benakat memiliki tipe kerogen III, yang hanya mampu menghasilkan gas, sedangkan pada Formasi Lahat Bawah memiliki tipe kerogen II/III, yang berpotensi menghasilkan minyak dan gas.
3. Sumber material organik pada kedua formasi ini merupakan material organik yang berasal dari tumbuhan darat (terrestrial), dengan Formasi Lahat Bawah memiliki input material organik terrestrial yang lebih dominan dibandingkan Formasi Air Benakat. Hal ini didukung oleh berbagai parameter dalam penelitian yang menunjukkan kelimpahan material organik dari tumbuhan darat.
4. Lingkungan pengendapan Formasi Air Benakat diperkirakan diendapkan dalam lingkungan transisi, sedangkan Formasi Lahat Bawah diendapkan dalam lingkungan rawa gambut (*peat-swamp*) yang berhubungan dengan kerogen humik.
5. Kematangan termal Formasi Air Benakat berada pada kondisi *immature*, sedangkan Formasi Lahat Bawah berada pada kondisi *immature-early mature*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, M. G. (2001). *South sumatra basin province, indonesia: the lahat/talang akar-cenozoic total petroleum system*. US Geological Survey Denver, Colorado, USA.
- Courteny, S., Cockroft, P., Lorentz, R., Miller, R., Ott, H. L., Prijosesilo, P., Suhendan, A. R., & Wright, A. W. R. (1990). *Indonesia-Oil and Gas Fields Atlas Volume III: South Sumatra*. Indonesian Petroleum Association

- Professional Division, p., One Map.*
- De Coster, G. L. (1974). *The geology of the central and south Sumatra basins.*
- Ginger, D., & Fielding, K. (2005). The Petroleum System and Future Potential of the South Sumatera Basins. *IPA 05-G-039. Proceeding Indonesian Petroleum Association., August*, 67–89.
- Huang, W., and W. G. Meinschein. 1979. “Sterols as Ecological Indicators.” *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43: 739–45.
- Jackson, A. (1961). *Oil Exploration-a Brief Review with Illustrations from South Sumatra.*
- Mackenzie, A S, S C Brassell, G Eglinton, and J R Maxwell. 1982. “Chemical Fossils: The Geological Fate of Steroids.” *Science* (New York, N.Y.) 217(4559): 491–504. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17820518>.
- Moldowan, J. M., W. K. Seifert, and E. J. Gallegos. 1985. “Relationship between Petroleum Composition and Depositional Environment of Petroleum Source Rocks.” *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 69(8): 1255–86.
- Peters, K. E., & Cassa, M. R. (1994). *Applied Source Rock Geochemistry.* In *The Petroleum System--From Source to Trap* (pp. 93–120). <https://doi.org/10.1306/M60585C5>
- Peters, K. E., Walters, C. C., & Moldowan, J. M. (2005). *The Biomarker Guide: Volume 2, Biomarkers and isotopes in petroleum system and earth history.* Cambridge University Press.
- Setiadi, D. J., Hendarmawan, ., Sunardi, E., Sentani, E. A., & Hutabarat, J. (2017). Miocene Planktonic Foraminiferal Biozonation for South Sumatra Basin, Indonesia. *Journal of Geological Sciences and Applied Geology*, 2(3), 89–99. <https://doi.org/10.24198/g sag.v2i3.15615>