

## Analisa Komposisi Mineral Clay Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan

Aisyah Indah Irmaya<sup>1</sup>, Basuki Rahmad<sup>2</sup>, Dedi Kristanto<sup>3</sup>, Aris Buntoro<sup>4</sup>, Anggi Deliana Siregar<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Proklamasi 45

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

<sup>3,4</sup> Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

<sup>5</sup> Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

Corresponding author email: aisyahirmaya@up45.ac.id

### Abstrak

*Produksi kumulatif fluida selama tahun 2009 - 2021 di Lapangan Betung yang menjadi lokasi penelitian dan terletak di sub cekungan Jambi-Cekungan Sumatera Selatan (Barber et al., 2005), sebesar 277.923,52 MBbl. Secara umum porositas dan permeabilitas mempunyai hubungan yaitu bila porositas semakin besar maka permeabilitasnya akan semakin besar pula, tetapi pada lapisan yang mengandung clay atau shale, akan ditemui porositas yang besar tetapi permeabilitasnya kecil. Kehadiran kuarsa dan feldspar meningkatkan permeabilitas, sedangkan mineral clay dan kalsit cenderung memiliki efek sebaliknya (Jose M. Carcione et al., 2019). Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisa XRD untuk mengetahui komposisi mineral pada batupasir reservoir formasi airbenakat, analisa kualitas batuan (porositas dan permeabilitas), analisa well log yang keseluruhan hasil analisa dihubungkan dengan data produksi. Berdasarkan analisa XRD, analisa petrofisik sumur-sumur 209 dan 217 di lapangan Betung, formasi Airbenakat, sub cekungan Jambi, cekungan Sumatera Selatan, diperoleh hasil yang menunjukkan adanya kandungan clay yang terdiri dari Kaolinite, Illite, Smectite dan Chlorite mempunyai pengaruh terhadap kualitas reservoir khususnya permeabilitas dimana Semakin besar kandungan claynya, aliran fluida semakin terhambat.*

Kata kunci : komposisi mineral clay, porositas, permeabilitas, XRD, petrofisik

### Abstrack

*Cumulative fluid production during 2009 - 2021 in the Betung Field, which is the research location and is located in the Jambi sub-basin-South Sumatra Basin (Barber et al., 2005), amounted to 277,923.52 MBbl. In general, porosity and permeability have a relationship, namely that the greater the porosity, the greater the permeability, but in layers containing clay or shale, you will find large porosity but small permeability. The presence of quartz and feldspar increases permeability, while clay minerals and calcite tend to have the opposite effect (Jose M. Carcione et al., 2019). The analysis carried out in this research includes XRD analysis to determine the mineral composition of the reservoir sandstone of the Airbenakat formation, rock quality analysis (porosity and permeability), well log analysis where the entire analysis results are linked to production data. Based on XRD analysis, petrophysical analysis of wells 209 and 217 in the Betung field, Airbenakat formation, Jambi sub-basin, South Sumatra basin, results were obtained which showed that the clay content consisting of Kaolinite, Illite, Smectite and Chlorite had an influence on reservoir quality in particular permeability where the greater the clay content, the more obstructed fluid flow is.*

*Key words: clay mineral composition, porosity, permeability, XRD, petrophysics*

### I. Pendahuluan

Kualitas reservoir salah satunya ditentukan oleh porositas dan permeabilitas. Perbandingan antara volume ruang pori-pori terhadap volume batuan total (*bulk volume*) merupakan definisi dari porositas ( $\emptyset$ ). Penyimpanan fluida reservoir (kapasitasnya) ditentukan oleh besar-kecilnya porositas. Kemampuan batuan mengalirkan fluida yang ditunjukkan oleh suatu bilangan merupakan definisi dari Permeabilitas. Porositas dan permeabilitas secara umum mempunyai hubungan dimana bila porositas besar, maka

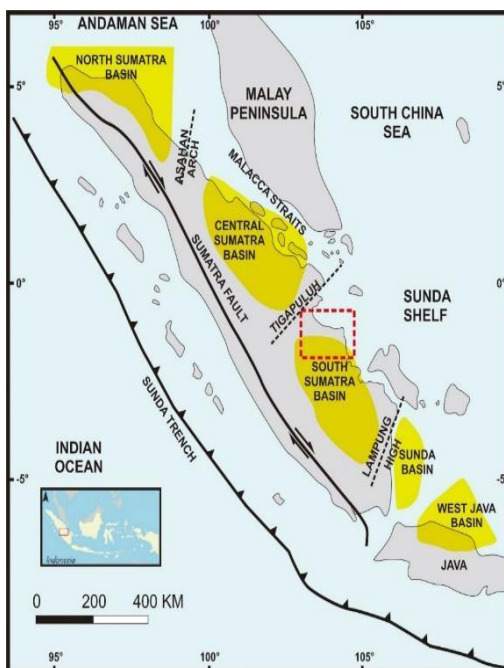
permeabilitasnya juga besar. Hal ini berbeda dengan kondisi lapisan yang mengandung *clay* atau *shale*, dimana porositas yang besar pada lapisan ini tetapi permeabilitasnya kecil. Hal ini pula yang terjadi di Lapangan Betung. Penelitian ini bertujuan mengetahui salah satu penyebab turunnya produksi minyak di Lapangan Betung karena permeabilitas yang kecil akibat adanya kandungan mineral reservoir batupasir yang mempengaruhi kecilnya permeabilitas.

Kualitas reservoir berkaitan dengan produksi. Porositas dan permeabilitas mem-pengaruhi produksi fluida yang dihasilkan. Produksi kumulatif fluida selama tahun 2009 - 2021 di Lapangan Betung yang menjadi lokasi penelitian dan terletak di sub cekungan

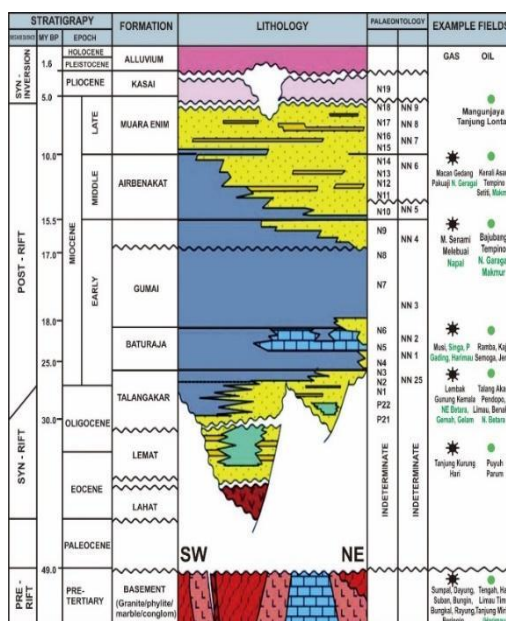
## Analisa Komposisi Mineral Clay Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan

Jambi-Cekungan Sumatera Selatan (Barber et al., 2005) (Gambar 1), sebesar 277.923,52 MBbl. Produksi dari lapangan ini terdapat di Formasi Airbenakat yang berumur Miosen Tengah dan diendapkan di lingkungan laut dangkal (De Coster, 1974). Batupasir *glaukonitan*, *batuclay*, *batulanau*, dan batupasir yang mengandung unsur karbonatan, merupakan komposisi formasi Airbenakat. Ketebalan formasi ini bervariasi dari 3300 – 5000 ft (sekitar 1000 – 1500 m). Formasi ini memiliki kualitas reservoir sangat baik - istimewa (porositas >20% dan permeabilitas

berkisar 10 – 3000 mD) (Ginger & Fielding, 2005) (Gambar 2). Menurut Ariani et al. (2010), lingkungan reservoir batupasir Formasi Airbenakat di Sub-Cekungan Jambi diinterpretasikan sebagai lingkungan *Estuaria* yang didominasi oleh pasang surut (*tide-dominated estuary*) dengan tiga sub-lingkungan: *channel*, *tidal sand bar*, *sand flat* serta tiga pola elektrofasi: *blocky shape*, *funnel shape* dan *bell shape*, dimana litologinya terdiri dari batupasir berbutir sedang–sangat halus, berwarna abu-abu-putih, keras–lunak, *glaukonit*, semen *calcareous*, sisipan *limestone* dan porositas 18% - 30% (sangat baik).



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian Sub-Cekungan Jambi-Cekungan Sumatera Selatan (Barber et al., 2005)



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan (Ginger dan Fielding, 2005)

Porositas secara matematis porositas dapat dinyatakan sebagai :

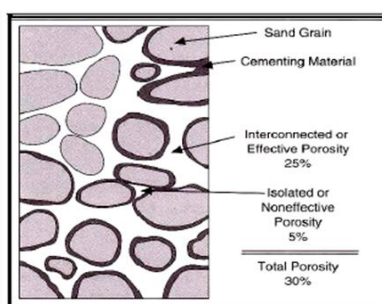
$$\emptyset = \frac{V_b - V_s}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \dots\dots\dots (2-1)$$

dimana :

- V<sub>b</sub> : volume batuan total (*bulk volume*)
- V<sub>s</sub> : volume padatan batuan total (*volume grain*)
- V<sub>p</sub> : volume ruang pori-pori total batuan.

Porositas absolut dan efektif merupakan klasifikasi dari porositas. Perbandingan antara volume pori total terhadap volume batuan total yang dinyatakan dalam persen merupakan

porositas absolut, sedangkan perbandingan antara volume pori-pori yang saling berhubungan terhadap volume batuan total (*bulk volume*) yang juga dinyatakan dalam persen merupakan definisi dari porositas efektif. Gambar 3 menunjukkan suatu batuan yang mempunyai perbandingan diantara porositas total, non efektif, porositas efektif. Didalam perhitungan, porositas yang digunakan adalah porositas efektif karena merupakan fraksi volume yang produktif. Ukuran butir (semakin baik distribusinya, semakin baik porositasnya), susunan butir (menunjukkan bahwa susunan butir berbentuk kubus mempunyai porositas lebih baik dibandingkan bentuk rhombohedral), kompaksi, sementasi dan lingkungan pengendapan sangat mempengaruhi besar-kecilnya porositas



Gambar 3. Skema Perbandingan Porositas Efektif, Non-Efektif dan Porositas Absolut Batuan

Henry Darcy (1856) mengembangkan definisi kuantitatif permeabilitas dalam hubungan empiris dalam bentuk differensial yaitu sebagai berikut:

$$v = -\frac{k}{\mu} \alpha \frac{dP}{dL} \dots\dots\dots (2-2)$$

2)

Keterrangan :

- v : kecepatan aliran, cm/detik
- / : viskositas fluida yang mengalir, cp
- dP/dL : gradien tekanan dalam arah aliran, atm/cm
- k : permeabilitas media berpori, Darcy

Kemampuan batuan mengalirkan fluida yang ditunjukkan oleh suatu bilangan merupakan definisi dari Permeabilitas. Klasifikasi permeabilitas menurut jumlah fasa yang mengalir dalam batuan reservoir, yaitu: permeabilitas absolut, permeabilitas efektif dan permeabilitas relative.

Porositas merupakan faktor utama dalam mengontrol permeabilitas, dikarenakan ukuran porositas yang besar berarti mempunyai banyak *broder pathways* untuk aliran fluida. Hasil *cross plot* permeabilitas terhadap porositas di formasi memberikan trend hasil yang bagus terhadap hasil plot *scatter* datanya, hal ini mempengaruhi nilai permeabilitasnya. Bila *cross plot* tidak

menghasilkan trend data yang kurang bagus, maka *cross plot* porositas versus permeabilitas yang harus dibedakan berdasarkan litologi dan zona reservoirnya.

Permeabilitas secara langsung di-pengaruhi atau dikontrol oleh porositas. Ukuran butir yang kecil akan mempunyai permeabilitas yang kecil dibandingkan dengan ukuran butir yang besar, hal ini dikarenakan ukuran butir yang kecil menghasilkan ukuran pori kecil, yang paling penting menghasilkan *smaller pore throats* dan menjadi batasan di dalam aliran fluida bahwa ukuran butir yang besar akan menghasilkan ukuran *pore throats* yang besar (Gambar 3). Penentuan harga permeabilitas untuk sumur yang tidak dilakukan analisa *core* dapat menggunakan kurva korelasi antara permeabilitas versus porositas.

Porositas dan permeabilitas secara umum mempunyai hubungan dimana bila porositas besar, maka permeabilitasnya juga besar. Hal ini berbeda dengan kondisi lapisan yang mengandung *clay* atau *shale*, dimana porositas yang besar pada lapisan ini tetapi permeabilitasnya kecil. Komposisi mineralogi memainkan peran penting, terutama yang berkaitan dengan *clay*, yang melibatkan beberapa komposisi termasuk *illit*, *smektit*, *kaolinit* dan *klorit*. Kehadiran kuarsa dan feldspar mening-katkan permeabilitas, sedangkan mineral *clay* dan kalsit cenderung memiliki efek sebaliknya (Jose M. Carcione et al., 2019)

Dalam sumur pemboran, diukur parameter secara berkesinambungan yaitu grafik kedalaman/waktu dari suatu rangkaian data, merupakan definisi *well log* menurut Harsono,1997. Pengukuran terhadap sifat-sifat

## Analisa Komposisi Mineral Clay Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan

fisik di suatu formasi untuk setiap kedalaman sumur pemboran secara berkesinambungan, merupakan prinsip dari *wireline log*. Jenis litologi dan jenis fluida pada formasi yang ditembus sumur dapat diketahui melalui analisa *well log* secara kualitatif. Sedangkan untuk mengetahui data-data seperti ketebalan, porositas, permeabilitas, saturasi fluida, dan densitas hidrokarbon dapat dilakukan secara kuantitatif.

### Gamma Ray (GR) Log

Kurva Gamma Ray Log menunjukkan besaran intensitas radioaktif yang ada dalam formasi, dengan merekam radiasi sinar gamma alami batuan dan mendeteksi unsur radioaktif seperti Potassium (K), Thorium (Th), atau Uranium (U).

Menentukan kandungan *clay* (Vsh), menentukan lapisan permeable, evaluasi lapisan dengan kandungan mineral radioaktif dan non-radioaktif, serta korelasi antar sumur merupakan tujuan dari dilakukannya GR Log.

Penentuan kandungan *clay* diperoleh dengan menghitung volume *clay* dari Gamma Ray:

$$V_{Clay} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}} \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan:

- $V_{clay}$  : Volume/kandungan kandungan *clay*
- GRlog : Gamma Ray log
- GRmin : Gamma Ray log minimum
- GRmax : Gamma Ray log maksimum

### Neutron Log

Mendeteksi kandungan atom hidrogen yang terdapat dalam formasi batuan, dengan menembakkan neutron ke formasi dengan energi yang tinggi, merupakan tujuan dari dilakukannya

Neutron Log dimana neutron yang terpancar menembus formasi akan bertumbukan dengan material formasi, mengakibatkan kehilangan energi.

### Density Log

Kurva yang memperlihatkan angka *density bulk* dari batuan yang ditembus lubang bor merupakan hasil dari Density Log. Ditembakannya sinar gamma ke dalam formasi dimana banyaknya energi sinar gamma yang hilang, memperlihatkan densitas elektron yang menunjukkan angka densitas formasi. Hal ini merupakan prinsip dasar Density Log. Persamaan untuk perhitungan porositas:

$$\phi_d = \frac{(\rho_m - \rho_b)}{(\rho_m - \rho_f)} \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan:

- $\phi_d$  : Porositas density log
- $\rho_m$  : Densitas matriks, gr/cc
- $\rho_b$  : Densitas batuan, gr/cc
- $\rho_f$  : Densitas formasi, gr/cc

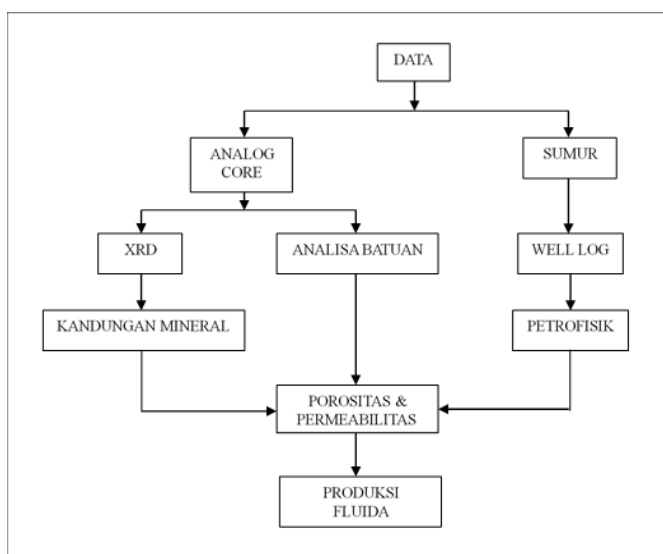
### Resistivity Log

Tahanan jenis adalah suatu kemampuan batuan untuk menghambat jalannya arus listrik yang mengalir melalui batuan tersebut. Hal ini merupakan definisi dari Resistivity Log.

Mendeterminasi zona hidrokarbon dan zona air dengan menggunakan prinsip resistivitas merupakan tujuan dilakukannya Resistivity Log.

## II. Metodologi

Data yang digunakan yaitu analog *core (cutting)*, porositas, permeabilitas, *well log* dan data produksi. Analisa yang dilakukan meliputi analisa XRD untuk mengetahui komposisi mineral pada batupasir reservoir formasi airbenakat, analisa kualitas batuan (porositas dan permeabilitas), analisa *well log* yang kemudian keseluruhan hasil analisa dihubungkan dengan data produksi. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

### III. Hasil dan Pembahasan

Sumur-sumur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumur 209 (kedalaman sampel: 240-242; kedalaman sampel perforasi: 262-264) dan sumur 217 (kedalaman sampel perforasi: 288; 286). Sumur 209 dibor dan diproduksi tahun 2009 dan sampai sekarang masih produksi. Sumur 217 di bor dan diproduksi tahun 2017.

### Analisa XRD (laboratorium XRD)

Analisa XRD dilakukan terhadap kedua sumur tersebut (sumur 209 dan 217).

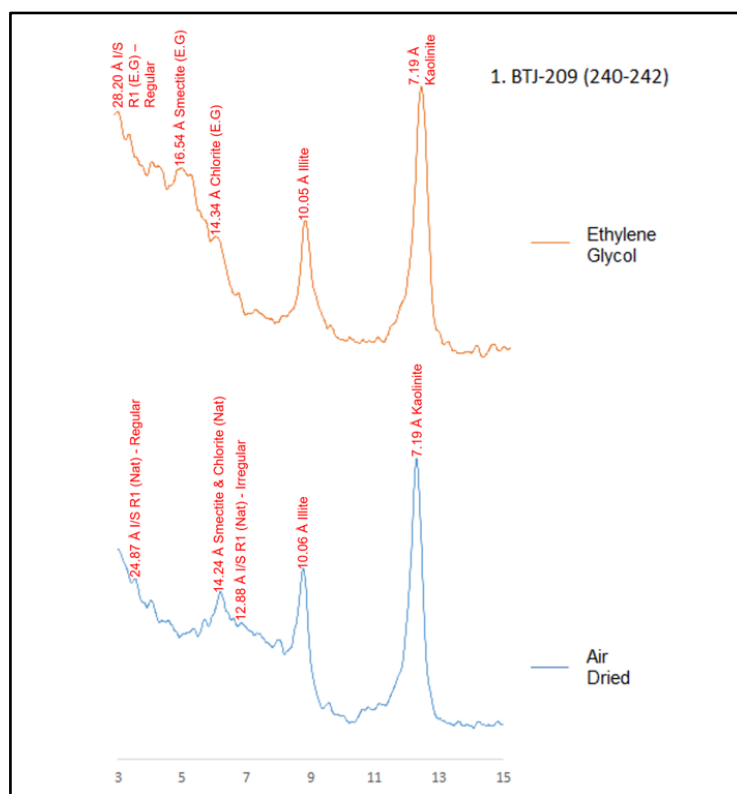
Berdasarkan hasil analisa XRD (Gambar 5 – Gambar 8), diketahui bahwa reservoir batupasir di sumur 209 dan 217 mempunyai kandungan mineral *clay* yang terdiri dari *Kaolinite*, *Illite*, *Smectite*, *Chlorite* (Tabel 1.).

Tabel 1. Kandungan Mineral Sumur Lapangan Betung

Sumur	Kedalaman Sand (meter)	Kaolinit (%)	Illite (%)	Smectite (%)	Chlorite (%)
209	240 - 242	50,95	23,5	7,28	4,87
209	262 - 264 (perforasi)	85,75	8,16	1,60	1,05
217	286 (perforasi)	38,46	33,4	5,28	9,18
217	288 (perforasi)	67,28	17,52	3,97	1,90

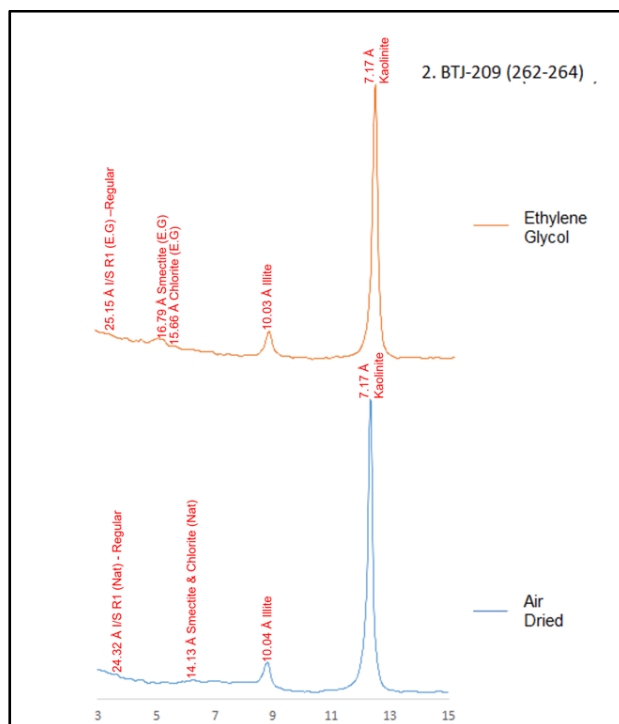
Dari Tabel 1, terlihat mineral *clay* khususnya *Illite*, *Smectite* dan *Chlorite* di sumur 217 (kedalaman perforasi: 286 m) mempunyai

prosentase paling besar dibandingkan dengan sumur 209 dan sumur 217 (kedalaman perforasi: 288 m).

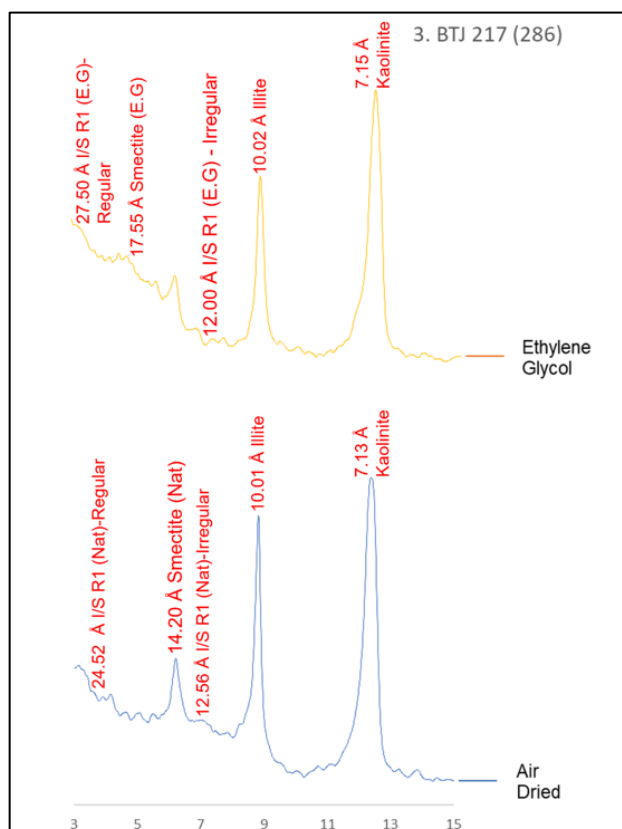


Gambar 5. Kandungan Mineral Sumur 209 (kedalaman 240-242 meter)

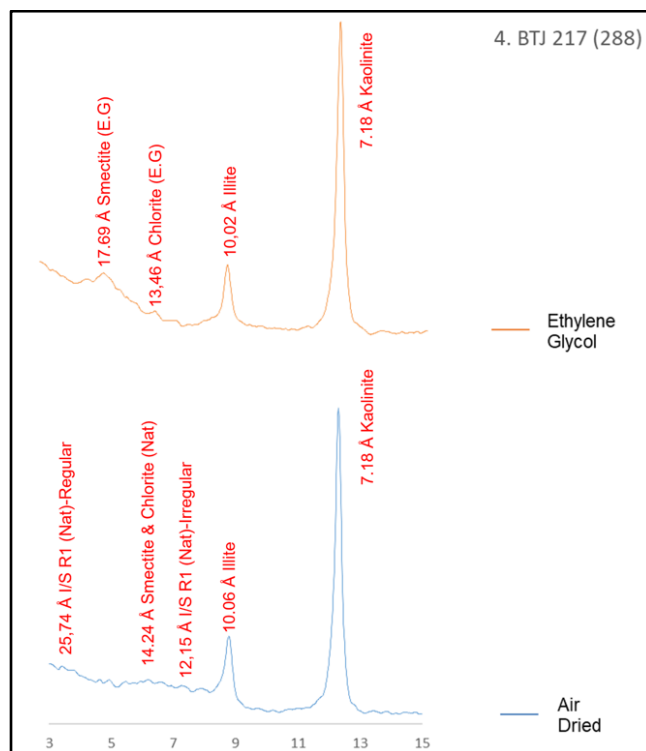
**Analisa Komposisi Mineral Clay Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan**



Gambar 6. Kandungan Mineral Sumur 209 (kedalaman 262-264 meter)



Gambar 7. Kandungan Mineral Sumur 217 (kedalaman 288 meter)



Gambar 8. Kandungan Mineral Sumur 217 (kedalaman 288 meter)

**Analisa Petrofisik**

Berdasarkan *mud log* sumur 209 di kedalaman yang sama diperoleh deskripsi lithologynya untuk SST: *Shaly Sandstone (Pasir yang mengandung shale) - Predominantly lithology to gray, cream to milky white to clear to translucent, off-white, very fine to fine to medium grain, dominant fine to medium grain, sub-angular to sub-rounded, poorly to moderately sorted, moderately cemented, uncompacted to moderately compacted, soft to medium hard to hard, quartz grains to loose quartz, silt cement, translucent glauconite, translucent fossils, translucent argillaceous (argillaceous yang tembus cahaya), silt carbonate, poor to medium visible porosity, 5-40% polyella, yellow fluorescence, very slow to slow to fast bluish-white strong cutting, crushed cutting, weak to medium odor, no oil stain, trace, poor to fair oil show.*

Sedangkan untuk sumur 217 deskripsi litologynya sebagai berikut:

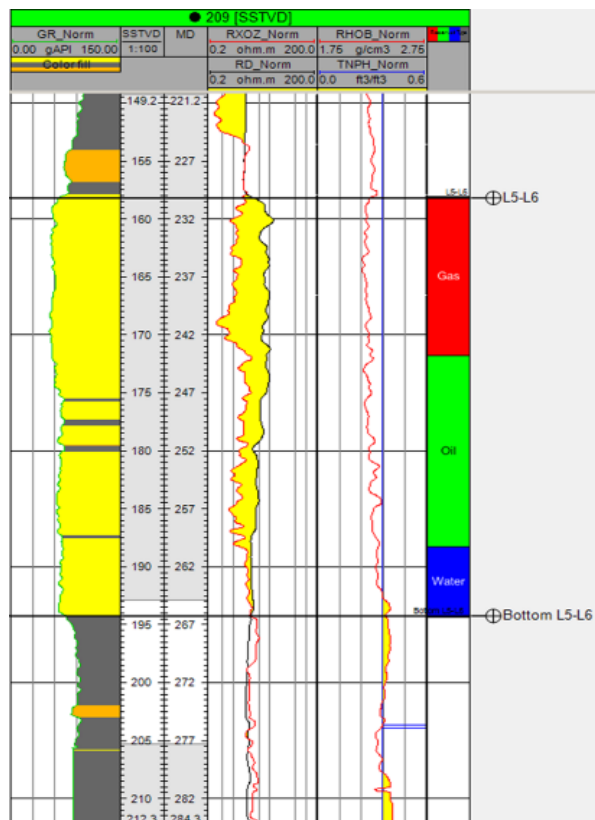
*SST: Shaly Sandstone (Pasir yang mengandung shale) - Predominantly greenish-gray to medium gray, occasionally medium light gray, clear off-white, translucent to translucency, predominantly friable to loose, occasionally moderately hard, very fine to fine grains, occasionally medium grains, medium to well-sorted, subangular to subrounded, common silt matrix, no to slight cementation, translucent carbonate specks, translucent glauconite, translucent pyrite, poor to medium visible porosity, (286-289 meters) 5-10% weak odor, moderately blue-white to light yellow directional fluorescence, very slow white-yellowish strong cutting fluorescence, no visible cutting and staining.*

Perhitungan petrofisik (software IP) dilakukan dengan menggunakan data log untuk sumur 209 dan 217 (Gambar 9 – Gambar 10), dimana untuk porositas dan permeabilitas diperoleh hasil sebagai berikut (Tabel 2.)

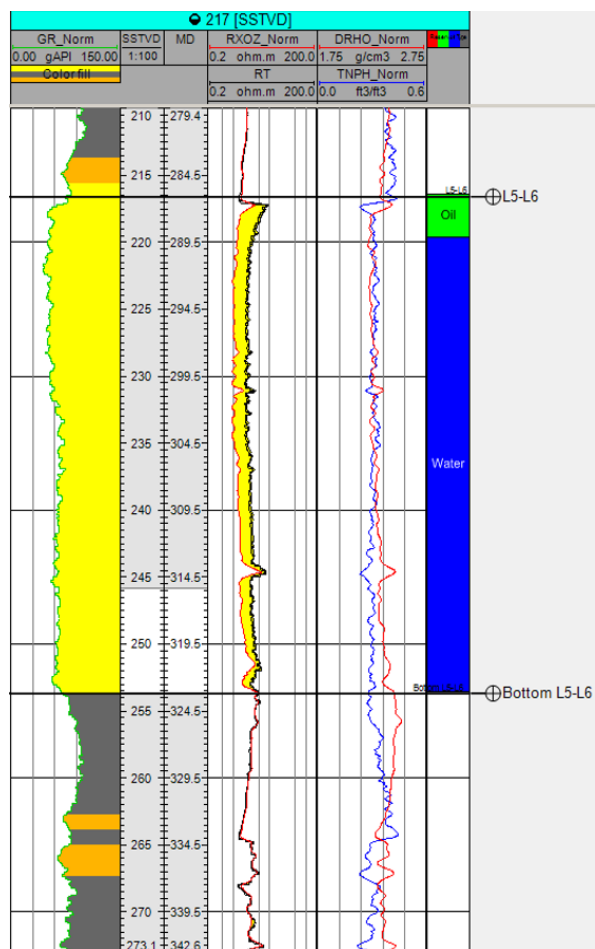
Tabel 2. Nilai Vclay, Porositas & permeabilitas berdasarkan petrofisik

Well	Kedalaman (m)	Avg. Vclay (%)	Avg. Porosity (%)	Avg. Permeability (%)
209	240 – 242	20,5	26	44
209	262 – 264	20,5	17	17
217	286	24,9	21	5,43
217	288	25,9	25	40

**Analisa Komposisi Mineral Clay Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan**



Gambar 9. Petrofisik sumur 209

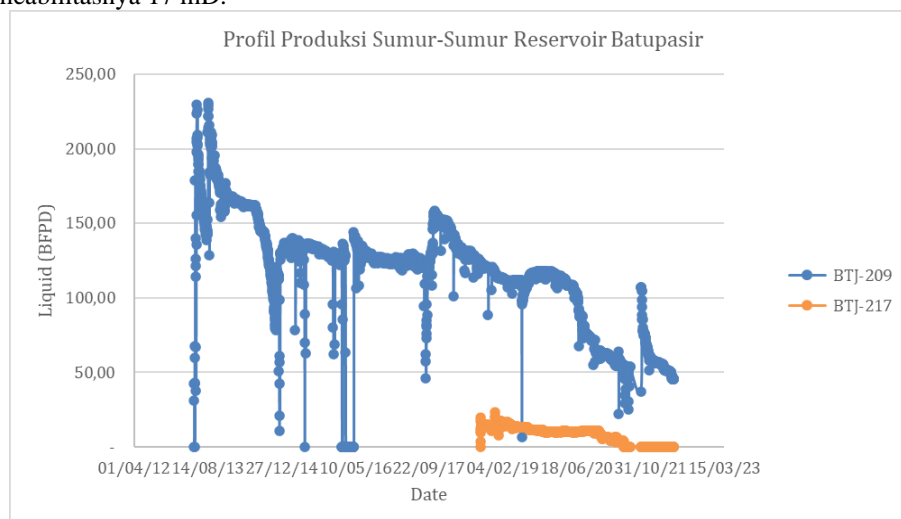


Gambar 10. Petrofisik sumur 217



Berdasarkan hasil analisa XRD dan petrofisik, terlihat bahwa sumur 217 pada kedalaman perforasi 286 meter, mempunyai kandungan *clay* (*smectite*, *illite* dan *chlorite*) yang tinggi dibandingkan dengan sumur 209. Hasil perhitungan petrofisik, diperoleh untuk sumur 217 (kedalaman perforasi 286 m) mempunyai porositas sebesar 21% dan permeabilitas sebesar 5,4 mD, sedangkan sumur 209 (kedalaman perforasi: 262-264) porositasnya 17% dan permeabilitasnya 17 mD.

Hasil produksi sumur 209 dan 217 dapat dilihat pada Gambar 11. Dari hasil produksi terlihat produksi sumur 217 lebih kecil daripada sumur 209 dengan porositas sumur 209 lebih kecil dari sumur 217. Sedangkan permeabilitas sumur 209 lebih kecil dari sumur 217 yang mempunyai kandungan *clay* lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan kandungan *clay* khususnya *smectite*, *illite* dan *chlorite* mempengaruhi kecilnya permeabilitas yang dapat menyebabkan kecilnya produksi.



Gambar 11. Hasil Produksi Sumur 209 dan 217

#### IV. Kesimpulan

Berdasarkan analisa XRD, analisa petrofisik sumur-sumur 209 dan 217 di lapangan Betung, formasi Airbenakat, sub cekungan Jambi, cekungan Sumatera Selatan, dapat disimpulkan: hasil analisa XRD dan petrofisik menunjukkan adanya kandungan *clay* yang terdiri dari *Kaolinite*, *Illite*, *Smectite* dan *Chlorite*, mempunyai pengaruh terhadap kualitas reservoir khususnya permeabilitas. Semakin besar kandungan *clay*nya, aliran fluida semakin terhambat.

#### V. Daftar Pustaka

Asquith, G 1982. Basic Well Log Analysis for Geologists. AAPG, Tulsa Oklahoma

Barber, A.J., dan Crow, M.J., 2005, Structure and Structural History, Dalam: Barber, A.J., Crow, M.J., dan de Smet, M.J.S., (eds), Sumatra: Geology, Resources, and tectonic Evolution, Geological Society, London, Memoirs, 31, hal. 175-233

De Coster, G. L., 1974, Central and South Sumatra Basins. The Geology of The Proceedings Indonesian Petroleum Association, Third Annual Convention, June 1974, 77- 110.

Gao, Zhizhang Wang, Yuanqi She, Shiguo Lin, Mingpeng Lin & Chunlin Zhang. (2019).

Mineral characteristic of rocks and its impact on the reservoir quality of He 8 tight Sandstone of Tianhuan area, Ordos Basin, China. Journal of Natural Gas Geoscience 4 (205 – 214)

Ginger, D dan Fielding, K. 2005, The Petroleum and Future Potential of The South Sumatra Basin. Indonesia Petroleum Association

Hassouta, Buatier, Luc Potdevin & Liewig. (1999). Clay Diagenesis in The Sandstone Reservoir of The Eillon Field (Alwyn, North Sea). Clays and Clay Minerals, Vol. 47, No. 3, 269-285, 1999, DOI: 10.1346/CCMN.1999.0470303

Jose M. Carcione, Davide Gei, Ting Yu, Jing Ba. 2019, Effect of Clay and Mineralogy on Permeability

Irmaya A, Rahmad B, Kristanto D & Buntoro A. (2022). Perhitungan dan Analisa Petrofisik Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi-Cekungan Sumatera Selatan. SEMITAN Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan, J. SEMITAN, 1 (1), 68 – 80

Risha, Douraghi. (2021). Impact of Clay mineral type on sandstone permeability based on field investigations: case study on Labuan Island, Malaysia. J. Phys.: Conf. Ser. 1818 01

**Analisa Komposisi Mineral Clay Terhadap Kualitas Reservoir Batupasir Lapangan Betung, Formasi Airbenakat, Sub-Cekungan Jambi, Cekungan Sumatera Selatan**