



KOMPLEKSITAS FAKTOR RESERVOIR RESISTIVITAS RENDAH PADA FORMASI BALIKPAPAN

Fachmy Muhammad Irhamsyah¹, Ildrem Syafri¹, Abdurrokhim¹, Nanda Natasia¹, Ridha Santika Riadi²

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

²Vico Indonesia

*Korespondensi: fachmy.muhamad@gmail.com

ABSTRAK

Formasi Balikpapan adalah salah satu formasi penghasil hidrokarbon terbesar di Indonesia. Umumnya hidrokarbon didapat dari reservoir yang memiliki resistivitas tinggi, dimana reservoir tersebut telah berkurang sekarang. Sedangkan, reservoir resistivitas rendah tidak benar-benar dikembangkan sebagai target perforasi. Sehingga, pemahaman mengenai reservoir resistivitas rendah merupakan hal yang sangat penting untuk mengenali reservoir resistivitas rendah sebagai target perforasi untuk pengembangan lapangan selanjutnya. Penelitian ini difokuskan pada faktor-faktor yang dapat menyebabkan reservoir hidrokarbon memiliki resistivitas rendah yang dapat terjadi di Formasi Balikpapan. dengan cara melakukan analisis observasi data secara kualitatif. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa terdapat potensi reservoir beresistivitas rendah di Formasi Balikpapan. Penelitian ini menggunakan data batuan inti, data X-Ray Diffraction, dan data petrografi untuk mengenali reservoir resistivitas rendah di Formasi Balikpapan, dan data well log digunakan untuk menunjukkan reservoir dalam tampilan well log, serta data well log digunakan juga untuk memperlihatkan contoh reservoir yang telah memproduksi hidrokarbon. Data Batuan inti, data XRD, dan data petrografi menunjukkan bahwa reservoir mengandung jumlah shale, fenomena ini sering disebut sebagai *shaly sand* reservoir, dimana reservoir yang mengandung hidrokarbon memiliki resistivitas rendah yang diakibatkan oleh shale. XRD data memperlihatkan bahwa terdapat mineral konduktif seperti pyrit dan siderite yang dapat menghantarkan listrik, hal ini dapat mengurangi resistivitas. Data petrografi menunjukkan bahwa adanya kuarsa yang berukuran lanau, dimana hal ini dapat membuat reservoir yang mengandung hidrokarbon menjadi memiliki resistivitas rendah yang diakibatkan oleh tingginya tekanan kapilaritas, fenomena ini dapat disebut pasir berbutir halus (lanau-an).

Kata Kunci : Formasi Balikpapan, Resistivitas rendah, Faktor resistivitas rendah

ABSTRACT

Balikpapan Formation is one of the most prolific hydrocarbon producer in Indonesia. Most of hydrocarbon is obtained from high resistivity reservoir which has declined now days. In other side, low resistivity reservoirs are being not really developed as perforation target. Therefore, understanding low resistivity factors is one of the most important things for recognizing low resistivity reservoir as new opportunity development in the future. This study is focused on low resistivity reservoir factors which could be happened in Balikpapan Formation. This study just use qualitative data observation. The pupose of this study is to show that there are potency low resistivity reservoir in Balikpapan Formation. This study uses core data, XRD data, and petrographic data for recognizing low resistivity reservoir factors in Balikpapan Formation, and well log data is used too for showing the reservoir on well log display and reservoirs example that have produced hydrocarbon. Core data, XRD data, and petrographic data demonstrate that reservoirs is not really clean sand, nevertheless the reservoir contains some amount of shale, this phenomenon usually called as shaly sand reservoirs which the reservoirs bearing hydrocarbon can become low resistivity caused by shale. Furthermore XRD data illustrate that there are amount of conductive minerals such as pyrite and siderite which can conduct electricity, implicitly it can reduce resistivity. And Petrographic data depict that there are silt-sized quartz which can make reservoir

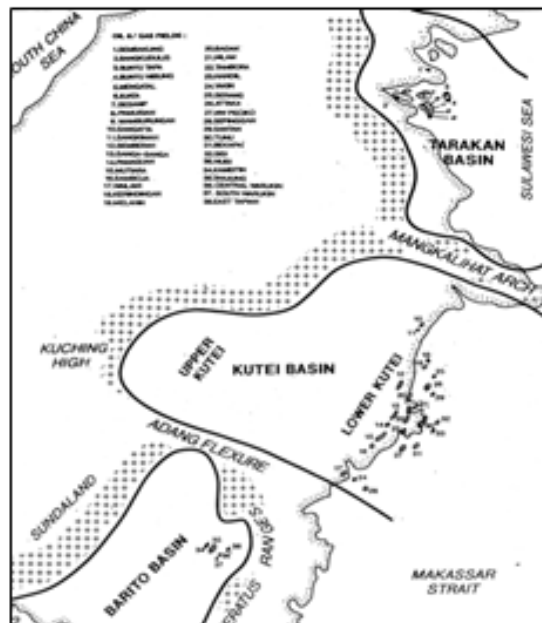
bearing hydrocarbon becoming low resistivity caused by high pressure capillarity. This phenomenon is called as fine grained (silty) sand.

Keywords : Balikpapan Formation, Low Resistivity Reservoir, Low Resistivity Factor.

1. PENDAHULUAN

Formasi Balikpapan berada pada Cekungan Kutai yang berlokasi di Kalimantan Timur Indonesia. Secara Fisiografi, Cekungan Kutai dibatasi oleh

Tinggian Kucin sebelah barat, Tinggian Mangkalihat sebelah utara, Sesar Adang sebelah selatan, dan Selat Makasar di sebelah timur (Gambar 1).



Gambar 1 Kutai Basin physiographic (Satyana et al, 1999).

Pada saat ini cekungan kutai didominasi oleh serangkaian structural yang terlipat, dan sebagian tersesarkan, dengan arah antiklin dan sinklin timur laut-tenggara pada anticlinorium samarinda (Satyana et al, 1999). Formasi Balikpapan terbentuk pada Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Formasi Balikpapan terdiri dari perselingan batupasir dan batulempung, serta sisipan batulanau, batuserpih, batugampung, dan batubara (Courtney et al, 1991). Formasi Balikpapan adalah salah satu penghasil hidrokarbon terbesar di Indonesia. Umumnya hidrokarbon didapat dari reservoir beresistivitas tinggi dimana reservoir tersebut telah berkurang sekarang. Sedangkan, reservoir resistivitas rendah

tidak benar-benar dikembangkan sebagai target perforasi karena umumnya penafsir menganggap reservoir tersebut sebagai reservoir mengandung air. Zona hidrokarbon pada resistivitas rendah adalah sebuah hal yang tidak pasti hal itu bergantung pada orang yang mendeskripsi atau menginterpretasikannya. Reservoir resistivitas rendah ada ketika kurang kontrasnya log resistivitas antara zona hidrokarbon dan zona air. Sehingga, pemahaman faktor yang menyebabkan resistivitas rendah merupakan hal yang penting untuk mengenali reservoir resistivitas rendah sebagai peluang untuk pengembangan lapangan selanjutnya. Fenomena resistivitas rendah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu

konduktif mineral, pasir berbutir halus (lanau-an), air formasi yang tawar, *laminated shale*, *internal microporosity*, dan *superficial microporosity* (Worthington, 1997). Namun, faktor-faktor seperti air formasi yang tawar, *internal microporosity*, *superficial microporosity*, dan *laminated shale* tidak digunakan pada area penelitian karena air formasi pada area bukan air tawar; *internal microporosity* umumnya terjadi pada litologi karbonat atau rijang, sedangkan reservoir pada daerah penelitian adalah silisiclastic; dan *laminated shale* terjadi pada perselingan lapisan tipis antara batupasir dan batulempung yang dimana lapisan tersebut dibawah resolusi alat logging.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Konduktif Mineral

Keterdapatn konduktif mineral pada reservoir dapat menurunkan nilai resistivitas sehingga membuat reservoir yang mengandung hidrokarbon menjadi memiliki resistivitas rendah. Akar permasalahan ini adalah terdapatnya mineral yang mengandung unsur besi pada gugusnya, dan jumlahnya melebihi nilai kritisnya (Clavier et al, 1976). Mineral yang dapat berkontribusi untuk meningkatkan konduktifitas reservoir seperti pyrite, glauconite, siderite, dan lain-lain.

Pasir Berukuran Halus (Lanau-an) / Fine-grained (silty) sands

Pada konteks pasir berukuran halus (lanau-an), *pay* resistivitas rendah memiliki 2 aspek. Pertama, lanau dapat berperan sebagai mineral yang berbeda, walaupun terdiri dari kuarsa. Aspek ini memberikan peningkatan konduktansi permukaan dari luasnya area pori permukaan, sehingga hal tersebut meningkatkan konduktifitas. Kedua, lanau berasosiasi dengan tingginya *water irreducible*. (Worthington, 1997)

Superficial Microporosity

Superficial microporosity disebabkan oleh mineral lempung yang mengelilingi matriks kuarsa. Sehingga mineral lempung dapat

mengisi sebagian porositas dan mengurangi permeabilitas. Serta keterdapatn lempung dapat merubah nilai eksponen saturasi akibat dari permukaan lempung yang kasar tidak merata. Disamping itu, mineral lempung memiliki kemampuan mengikat air yang mana dapat membuat tingginya *irreducible water*, sehingga hal itu dapat menurunkan nilai resistivitas.

Tekanan Kapiler

Kuarsa berukuran lanau dapat memiliki tingginya *irreducible water* yang disebabkan oleh tingginya tekanan kapiler. Tekanan kapiler merupakan hasil interaksi gaya didalam dan diantara fluida dan ikitannya terhadap benda padat. Hal ini termasuk akibat gaya kohesif dan gaya adhesive. Tekanan kapiler didefinisikan sebagai perbedaan tekanan pada meniscus dalam tabung kapiler. Serta tekanan kapiler dapat didefinisikan juga sebagai jumlah tambahan tekanan yang dibutuhkan untuk mendorong fasa nonwetting untuk memindahkan fasa wetting dalam kapiler (Vavra et al, 1993) tekanan kapilaritas dapat ditulis secara matematika seperti persamaan berikut:

$$P_c = (\rho_w - \rho_{nw})gh, \text{ or}$$

$$P_c = \frac{2\sigma \cos\theta}{r}$$

Where,

ρ_w = density dari fasa wetting fluida

ρ_{nw} = density dari fasa nonwetting fluida

g = konstanta gravitasi

h = ketinggian diatas free surface

σ = interfacial tension

θ = sudut antara fluida dan tabung kapiler

r = jari – jari kapiler

3. METODE

Penelitian ini difokuskan pada faktor-faktor yang dapat menyebabkan reservoir hidrokarbon memiliki resistivitas rendah yang dapat terjadi di Formasi Balikpapan. Data yang digunakan adalah

data batuan inti, data *X-Ray Diffraction*, dan data petrografi. Data tersebut digunakan untuk mengenali faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya reservoir resistivitas rendah di formasi Balikpapan, dan data well log digunakan untuk menunjukkan reservoir pada tampilan display, serta well log data digunakan untuk menunjukkan reservoir resistivitas rendah yang telah memproduksi hidrokarbon. Penelitian ini menggunakan kualitatif data observasi, dimana data diobservasi secara kualitatif untuk menentukan hal apa yang dapat menyebabkan zona hidrokarbon memiliki resistivitas rendah, yang selanjutnya untuk kebenarannya dibandingkan dengan teori yang telah ada.

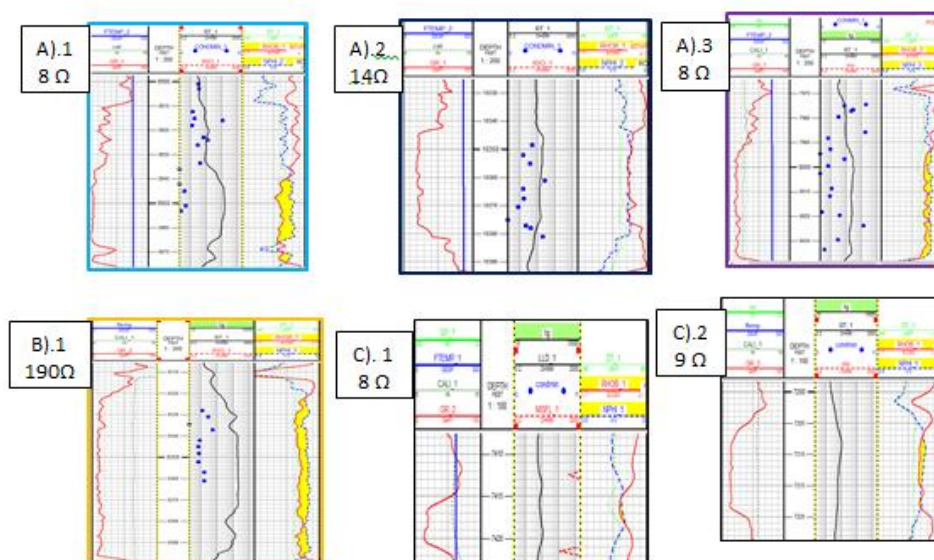
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan bahwa adanya potensi reservoir resistivitas rendah pada Formasi Balikpapan yang dapat dijadikan sebagai target perforasi untuk pengembangan lapangan selanjutnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Formasi Balikpapan didominasi oleh batuan silisiklastik yang mana diendapkan pada lingkungan pengendapan

transisi, yaitu pada lingkungan pengendapan delta dan estuarine. Delta dan estuarine memiliki kondisi lingkungan redukti yang dapat mendukung untuk pembentukan mineral konduktif secara in situ seperti Pyrit dan Siderit. Mineral tersebut dapat menurunkan nilai resistivitas pada reservoir yang mengandung hidrokarbon hal ini disebabkan oleh sifat konduktifitas mineral yang dapat menghantarkan listrik.

Data XRD menunjukkan bahwa terdapat sejumlah mineral Pyrit dan Siderit pada beberapa interval (Tabel 1). Gambar 2 A).1 menunjukkan bahwa tingginya jumlah konduktif mineral pada reservoir dapat menurunkan nilai resistivitas, namun ketika jumlah konduktif mineral pada reservoir rendah atau tidak melebihi nilai kritis, mineral konduktif tidak mempengaruhi pengukuran log resistivitas, sehingga reservoir yang mengandung hidrokarbon tetap memiliki nilai resistivitas yang tinggi seperti pada Gambar 2 B.



Gambar 2 Low resistivity caused conductivity minerals in wireline display. A). interval that have XRD data and there are several point conductive mineral which exceed critical level. B). interval that have XRD data and there are several point conductive mineral which is below critical level. C). low resistivity interval which has produced hydrocarbon but the interval do not have XRD data.

Tabel 1 Data XRD yang menunjukkan jumlah Siderit dan Pyrit dalam % volume

Gambar	Kedalaman	Siderite	Pyrite
1.2 A).1	8883.00	0.0	9.5
1.2 A).1	8887.00	9.0	2.6
1.2 A).1	8889.00		3
1.2 A).1	8891.00	0.0	3.1
1.2 A).1	8897.00	7.6	3.3
1.2 A).1	8900.40	1.8	0.3
1.2 A).1	8903.15	2.4	0.0
1.2 A).1	8904.00	6.9	0.0
1.2 A).1	8906.00	2.0	0.0
1.2 A).1	8911.00	3.3	0.5
1.2 A).1	8912.00	4.5	0.0
1.2 A).1	8914.10	2.9	0.0
1.2 A).1	8921.50	3.3	0.0
1.2 A).1	8924.00	0.0	0.0
1.2 A).1	8930.15	0.0	0.0
1.2 A).1	8933.00	0.8	0.0
1.2 A).1	8939.00	1.0	0.0
1.2 A).1	8941.20	0.2	0.0
1.2 A).2	10341.50	5.5	0.0
1.2 A).2	10345.05	2.2	0.0
1.2 A).2	10348.10	3.0	0.2
1.2 A).2	10354.05	5.3	0.0
1.2 A).2	10357.00	2.2	0.0
1.2 A).2	10360.50	2.3	0.0
1.2 A).2	10363.45	1.5	0.0
1.2 A).2	10368.05	0.0	0.0
1.2 A).2	10370.15	0.0	2.6
1.2 A).2	10371.00	0.0	3.3
1.2 A).2	10374.00	2.4	2.6
1.2 A).2	10377.00	3.2	6.9

Gambar	Kedalaman	Siderite	Pyrite
1.2 B).1	8313.10	1.9	0.1
1.2 B).1	8316.00	2.9	0.0
1.2 B).1	8319.50	0.0	0.0
1.2 B).1	8322.10	3.6	0.0
1.2 B).1	8327.05	1.4	0.2
1.2 B).1	8330.00	1.4	0.0
1.2 B).1	8333.15	1.5	0.0
1.2 B).1	8337.15	1.4	0.0
1.2 B).1	8342.00	2.3	0.0
1.2 B).1	8346.05	1.4	0.9
1.2 A).3	7970.00	7.5	0
1.2 A).3	7970.50	4	0
1.2 A).3	7972.17	5.4	0
1.2 A).3	7972.70	5.1	0.0
1.2 A).3	7975.10	3	0.0
1.2 A).3	7981.30	6.7	0.7
1.2 A).3	7983.70	1.3	0.0
1.2 A).3	7988.20	1.7	0.0
1.2 A).3	7990.10	0.0	0.0
1.2 A).3	7992.20	2.9	1.1
1.2 A).3	7995.10	1.3	0.0

Pada are penelitian, dapat diasumsikan bahwa nilai kritis untuk konduktif mineral adalah 5 %. Terdapat contoh reservoir resistivitas rendah lain yang telah memproduksi hidrokarbon tetapi tidak memiliki data batuan inti atau XRD seperti pada Gambar 2 C. Wireline log tidak menunjukkan indikasi adanya jumlah shale yang tinggi pada log gamma ray, sehingga fenomena resistivitas rendah kemungkinan disebabkan oleh keterdapatannya konduktif mineral pada reservoir seperti pyrite dan siderite.

Pada lingkungan pengendapan delta dan estuarine, reservoir *shaly sand* dapat terjadi pada beberapa fasies seperti *tributary mouth bar*, *creavese splay*, *pro delta*, *tidal flat*, *flood plain*, dan *point bar*. Keterdapatannya shale pada reservoir yang

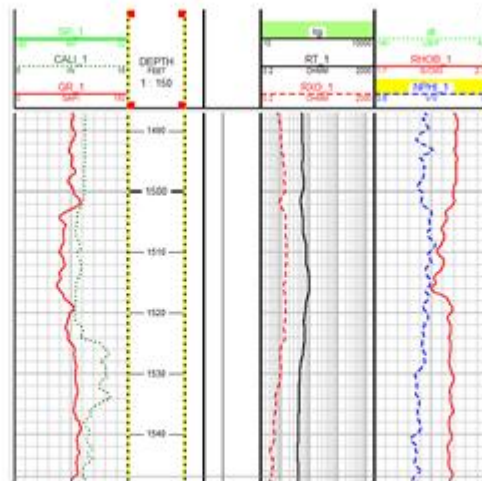
mengandung hidrokarbon akan mengalami efek shale yang mana dapat berkontribusi untuk menambahkan konduktivitas pada reservoir sehingga log resistivity akan berkurang, hal ini diakibatkan oleh air yang terikat pada shale atau *clay bound water* yang mana dapat menghantarkan listrik

Pada penelitian ini, istilah *superficial microporosity* tidak digunakan, karena daerah penelitian tidak memiliki data *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk memastikan fenomena tersebut. Sehingga istilah *shaly sand* digunakan agar lebih umum untuk menggantikan fenomena *superficial microporosity* dan *fine-grained sand*.

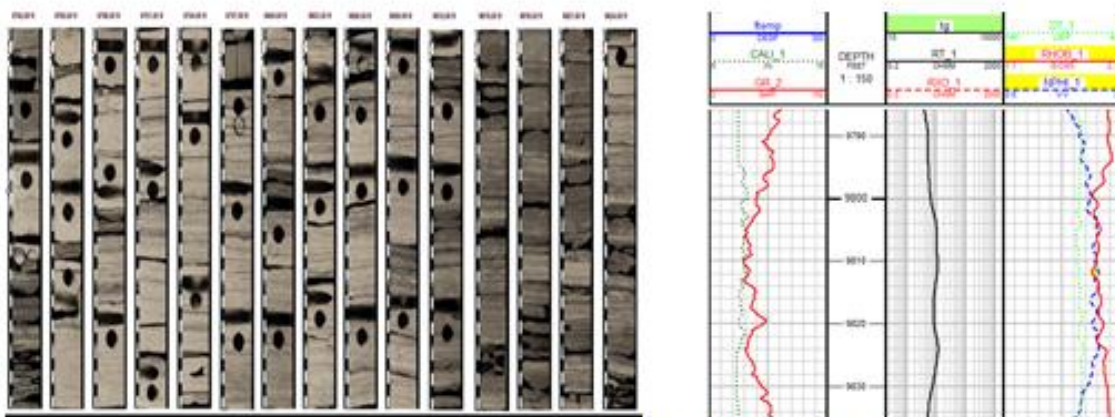
Pada daerah penelitian, terdapat reservoir yang memiliki nilai gamma ray tinggi, nilai resistivitas yang rendah, dan

tidak memiliki *cross over* antara log neutron dan log density (Gambar 3). Reservoir tersebut tidak dapat dilihat secara kualitatif untuk ditentukan sebagai reservoir hidrokarbon. Jastifikasi untuk reservoir

tersebut didapat dari tingginya nilai pembacaan gas pada gas kromatograf, dan reservoir tersebut tidak memiliki data batuan inti.



Gambar 3 Reservoir shaly sand yang telah memproduksi hidrokarbon, tetapi tidak memiliki data batuan inti



Gambar 4 Shaly sand reservoir yang memiliki data batuan inti

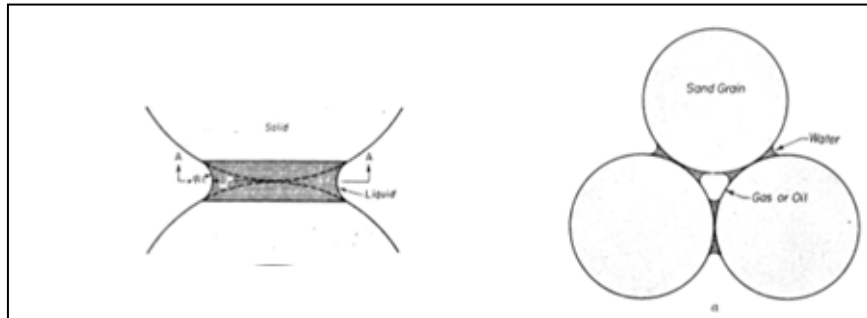
Namun pada interval lain terdapat data batuan inti yang memiliki trend dan bentuk gamma ray log yang relative sama dengan reservoir yang tidak memiliki data batuan inti sebelumnya (Gambar 4). Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa kedua reservoir tersebut memiliki fasies lingkungan pengendapan yang identic serta property reservoirnya. Pada foto batuan inti dapat terlihat bahwa reservoir tidak benar-benar pasir (*clean sand*), tetapi memiliki

sejumlah shale. Sehingga reservoir tersebut disebut sebagai *shaly sand* reservoir

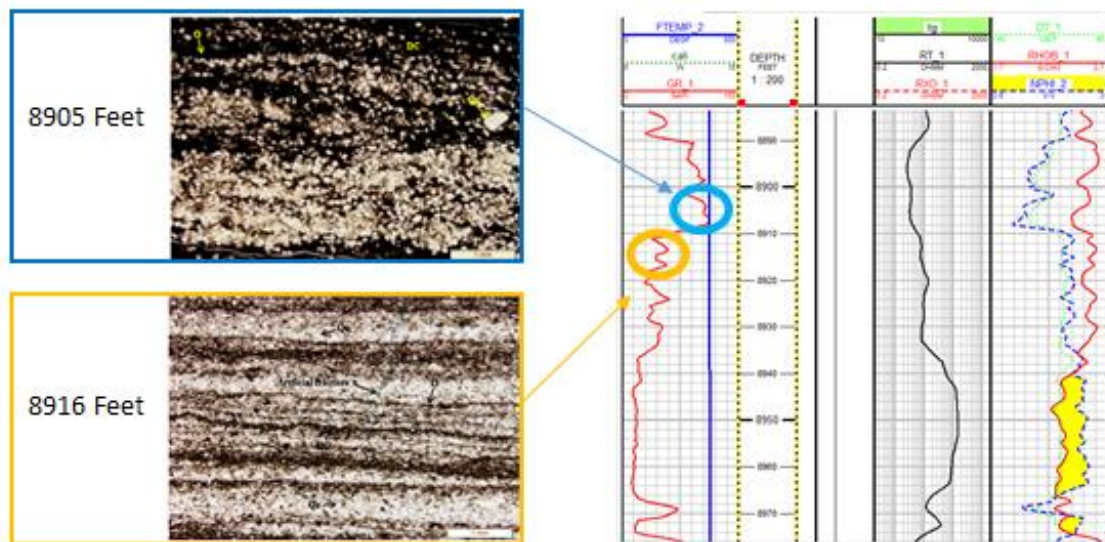
Tekanan kapilaritas adalah sebuah hal yang penting dalam penelitian reservoir bahwa banyak batuan reservoir yang memiliki kapiler, dimana air formasi sebahai fasa *wetting* dan hidrokarbon sebagai fasa *nonwetting*. Ketika hidrokarbon mulai bermigrasi ke dalam batuan reservoir, menggantikan air pori, pertama-tama hidrokarbon akan memasuki

pori-pori yang memiliki leher pori yang besar (kapiler), dan meninggalkan fasa

wetting (air) pada pori-pori yang memiliki leher pori lebih kecil (Gambar 5).



Gambar 5. Ilustrasi dari akumulasi liquid pada titik kontak antara butiran (Leverett, 1940)



Gambar 6. Data petrografi yang menunjukkan adanya kuarsa berukuran lanau

Pada daerah penelitian, terdapat dua data petrografi yang menunjukkan adanya kuarsa berukuran lanau (Gambar 6). Hal tersebut dapat diasumsikan bahwa reservoir yang mengandung kuarsa berukuran lanau memiliki nilai jari-jari leher pori (kapiler) yang kecil sehingga dapat menyebabkan tingginya tekanan kapiler. Oleh karena itu, reservoir akan memiliki nilai *irreducible water* yang tinggi. Hal ini dapat meningkatkan nilai konduktivitas reservoir yang disebabkan oleh air tersebut. Sehingga pengukuran resistivitas pada reservoir yang mengandung hidrokarbon akan berkurang.

5. KESIMPULAN

Sekarang ini hidrokarbon banyak diproduksi dari reservoir beresistivitas tinggi dimana mana nilai produksi dari reservoir tersebut telah menurun. Pada daerah penelitian, telah diidentifikasi bahwa terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai pengukuran log resistivitas pada reservoir yang mengandung hidrokarbon. Faktor-faktor tersebut adalah terdapatnya konduktif mineral Pyrit dan Siderit, shaly sand reservoir, dan kuarsa yang berukuran lanau. Sehingga, terdapat peluang untuk

reservoir resistivitas rendah sebagai pengembangan lapangan selanjutnya pada Formasi Balikpapan yang bertujuan untuk meningkatkan laju produksi pada Formasi Balikpapan di masa depan..

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada VICO Indonesia yang telah mengijinkan untuk menggunakan data ini kedalam paper ini dan untuk mempublikasikan paper ini. Dan juga saya berterimakasih kepada VICO Indonesia, terutama Upside Departement, yang telah memberikan saya kesempatan untuk melakukan penelitian di Sanga Sanga PSC. Ucapan special terimakasih kepada Ridha Santika Riadi, Yunita Meilany, Robhy Cahya Permana, Amalia Dyah Kencana Setoputri, Ari Wibowo, dan Kamal Fakhri.

DAFTAR PUSTAKA

Courteney, S., Cockcroft, P. Lorentz, R. A. Miller, R. Ott, H. L. Prijosesilo, P. Suhendan, A. R. & Wight, A. W. R. 1991. *Indonesia-Oil and Gas Field*

- Atlas*. Volume 2 Central Sumatra. Indonesian Petroleum Association
- Clavier, C. Helm, A. and Scala, C. 1978. *Effect of Pyrite on Resistivity and Other Logging Measurement*. Trans. 17th SPWLA ann. Logging Symp.
- Leverett, M C. 1940. *Capillary Behaviour in Porous Solid*. A.L.M.E
- Satyana, AH. Nugroho, D. and Surantoko, I. 1999. *Tectonic Controls on The Hydrocarbon Habitats of The Barito, Kutai, and Tarakan Basins. Eastern Kalimantan Indonesia*. Journal of Asian Earth Sciences 17. 99 - 122
- Vavra, CL., Kaldi, J G., and Sneider, R M. 1993. *Geological Applications of Capillary Pressure*. AAPG Bull. 76 (6): 840–850
- Worthington, P. F. 1997. *Recognition and Development of Low-Resistivity Pay*. Society of Petroleum Engineers 38035.