

## **Analisa Potensi *Shallow Hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo Berdasarkan Pendekatan Anisotropi Resistivitas dan Parameter *Dar Zarrouk* Daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur**

**Eko Wibowo**

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55283 Indonesia  
email: [ekowibowo.geofisika@yahoo.com](mailto:ekowibowo.geofisika@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

Daerah Dangdangilo berada pada sekitar area lapangan minyak Kawengan, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur dengan banyak patahan dan antiklin yang memanjang dan asimetris terbentang dari arah Barat – Laut menuju Timur Tenggara. Tinjauan geologi menggambarkan terdapat potensi minyak dangkal (*shallow hydrocarbon*) pada Formasi Wonocolo dengan kedalaman sekitar 200 – 300 mdpl serta didukung dengan banyaknya sumur tradisional yang memproduksi minyak pada kedalaman tersebut. Namun distribusi secara lateral potensi minyak perlu diperkirakan salah satunya dengan metode geolistrik dengan memanfaatkan anisotropi resistivitas dan parameter *Dar Zarrouk*. Indikasi keberadaan fluida hidrokarbon pada ini berada pada kedalaman 170 – 180 meter, 360 – 365 meter dan kedalaman 375 – 380 meter. Indikasi keberadaan hidrokarbon ini teramat dengan gejala perubahan nilai resistivitas.

**katakunci** : *Shallow hydrocarbon*, anisotropi resistivitas, *Dar Zarrouk*, Formasi Wonocolo

### **ABSTRACT**

*The Dangdangilo area is located around the Kawengan oil field, Bojonegoro Regency, East Java with many elongated and asymmetrical faults and anticlines extending from the West-Sea direction to the Southeast East. Geological reviews represent the potential of shallow oil (shallow hydrocarbons) in the Wonocolo Formation with a depth of about 200 - 300 meters above sea level and supported by traditional wells that produce oil on the plain. However, the lateral potential distribution of oil is needed one of them by the geoelectric method using resistivity anisotropy and Dar Zarrouk parameters. Successful indications of hydrocarbon fluids at a depth of 170-180 meters, 360-370 meters and a depth of 375-380 meters. Indications for consideration of hydrocarbons are related to variations in resistivity values.*

**Keyword** : *Shallow hydrocarbon*, anisotropi resistivitas, *Dar Zarrouk*, Formasi Wonocolo

### **I. PENDAHULUAN**

Daerah Dangdangilo berada pada sekitar area Lapangan Minyak Kawengan. Awalnya Lapangan Kawengan ditemukan pada tahun 1898 oleh *Royal Dutch Shell*, dan dikembangkan pada tahun 1926 oleh BPM sebagai struktur penghasil minyak Ngrayong. Setelah Lapangan Kawengan dikembangkan oleh BPM. Lapangan Kawengan ladang minyak yang telah cukup lama ada, dan telah menghasilkan lebih dari 100 MSTB, serta diperkirakan lebih dari 18 MSTB sisa minyak masih ada. Ini menyiratkan bahwa status lapangan masih menjanjikan untuk dikembangkan. Studi lanjut mengenai keberadaan potensi *shallow hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo perlu dilakukan dalam rangka untuk memahami potensi realitas yang tersisa dari lapangan. Studi ini penting untuk digunakan sebagai pedoman dan

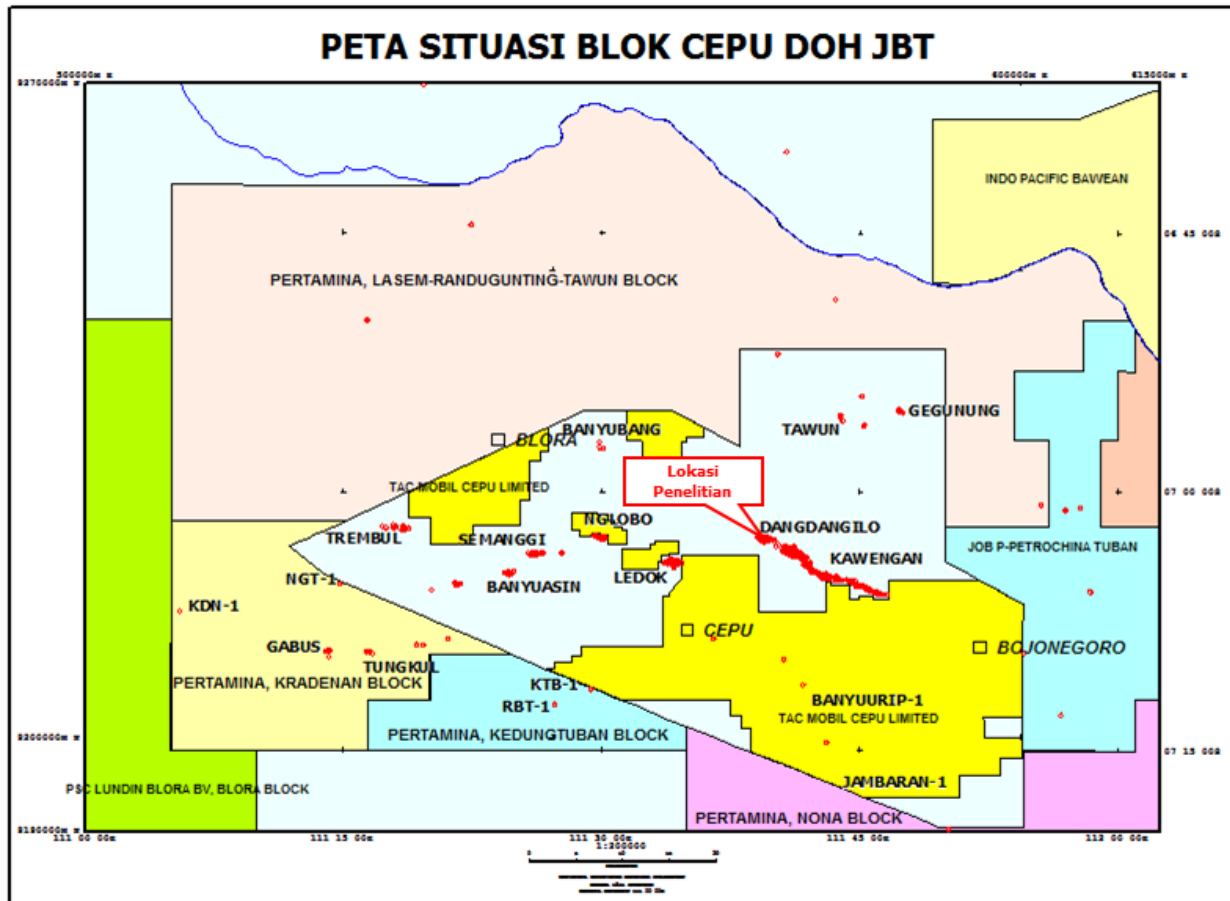
mengetahui potensi dangkal untuk menentukan skenario pengembangan terbaik dalam mengembangkan lapangan.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui potensi keberadaan *shallow hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo adalah menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan menganalisa anisotropi resistivitas dan perkiraan parameter *Dar Zarrouk*. Metode ini cukup efektif dan efisien dengan pertimbangan harga yang relatif murah dan waktu yang singkat. Resolusi vertikal pengukuran geolistrik VES sangat terbatas pada kedalaman yang besar dikarenakan jarak *datum point*. Menurut Singh dkk. (2004) dan Okonkwo dkk. (2015) Teknik yang dilakukan untuk mengurangi tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) dengan mendetilkan kurva sounding resistivitas

## Analisa Potensi *Shallow Hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo Berdasarkan Pendekatan Anisotropi Resistivitas dan Parameter *Dar Zarrouk* Daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur

menggunakan pendekatan anisotropi resistivitas dan mencari parameter *Dar Zarrouk* ( $S$  untuk *conductance parallel* dan  $T$  untuk *resistance normal*). Tujuan dari penelitian ini ingin memetakan dan mengetahui karakter *shallow*

*hydrocarbon* yang berkaitan dengan ketebalan dan kedalaman serta sebarannya di bawah permukaan pada zona dangkal Formasi Wonocolo di daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur



Gambar 1. Peta lokasi Dangdangilo terhadap Lapangan Minyak sekitarnya

## II. DASAR TEORI

### 1. Metode Resistivitas

Resistivitas dapat didefinisikan sebagai kuantitas yang dapat mengkarakterisasi sifat kelistrikan, karena hanya bergantung pada jenis atau material. Resistivitas juga sering disebut sebagai tahanan jenis yaitu kemampuan suatu medium untuk menghambat arus listrik. Faktor yang dapat mempengaruhi resistivitas batuan antara lain:

1. Kandungan mineral logam dan non logam
2. Kandungan fluida dan air garam
3. Perbedaan tekstur batuan
4. Perbedaan porositas batuan
5. Perbedaan permeabilitas batuan
6. Perbedaan temperatur,

Dalam kasus eksplorasi geolistrik, untuk menghitung resistivitas batuan diturunkan dari arus listrik pada medium homogen setengah ruang tak berhingga, analogi ini sebagai medium setengah ruang tak berhingga karena jarak elektroda jauh lebih kecil dari jari-jari bumi. Akan tetapi karena sifat bumi yang ada pada umumnya berlapis (terutama di dekat permukaan), maka asumsi medium bumi homogen tidak terpenuhi. Oleh karena itu resistivitas yang terukur bukan merupakan resistivitas yang sebenarnya (*true resistivity*), akan tetapi yang terukur adalah resistivitas semu (*apparent resistivity*) yang disimbolkan dengan  $\rho_a$ .

Harga resistivitas semu tergantung pada resistivitas lapisan-lapisan pembentuk formasi dan sebaran medium sebagai akibat keadaan geologi bawah permukaan, spasi dan susunan elektroda. Sehingga berlaku persamaan:

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{I} \frac{1}{G} \quad (1)$$

Faktor  $\frac{2\pi}{G}$  diberi lambang K yang menunjukkan faktor geometri dari konfigurasi elektroda yang digunakan dalam pengukuran. Hal tersebut menunjukkan fungsi kedudukan dari elektroda arus dan potensial, sehingga persamaan (1) dapat dituliskan sebagai:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Untuk mendapatkan nilai resistivitas terkoreksi masih perlu dilakukan pendekatan koreksi geometris yang lebih kompleks (*topographic effect*) dengan melakukan pendekatan teknik pemodelan (*forward dan inversion*). Hal ini dilakukan untuk melakukan pendekatan terhadap nilai resistivitas sebenarnya (*true resistivity*). Fokus pada penelitian ini meninjau kontras nilai resistivitas yang dihasilkan dari formasi batuan yang mengandung fluida (minyak) dengan memberikan respon resistivitas

yang cenderung lebih rendah terhadap batuan disekitarnya.

## 2. Konfigurasi Vertical Electrical Sounding (VES)

Konfigurasi Schlumberger/*Vertical Electrical Sounding* (VES), elektroda potensial (P1 dan P2) diletakkan pada jarak tetap (b), yaitu tidak lebih dari seperlima dari setengah jarak elektroda arus (a). Saat jarak elektroda arus semakin besar, maka tegangan yang diukur antara P1 dan P2 akan bernilai sangat rendah dikarenakan gradien potensial semakin menurun dengan meningkatnya pemisahan elektroda arus. Oleh karena itu, jarak antara elektroda potensial satu dengan yang lain harus diperbesar. Setelah itu, pengukuran dapat dilanjutkan hingga selesai dengan jarak elektroda potensial yang sudah diatur sesuai dengan kebutuhan (Telford, dkk., 1990).

Penelitian ini dilakukan VES dengan panjang lintasan AB/2 1000 meter dengan spasi antar elektroda 10 meter (Tabel 1). Hasil pengukuran berupa nilai resistivitas semu batuan yang kemudian dilakukan pemodelan inversi 1D yang menghasilkan penampang iso-resistivitas. Berdasarkan penampang 1D, kemudian dilakukan interpretasi untuk mendeteksi keberadaan minyak dangkal melalui variasi nilai resistivitas batuan. Hasil interpretasi kemudian dikorelasikan pada setiap lintasan pengukuran untuk memperoleh sebaran formasi batuan yang memiliki kandungan minyak.

Tabel 1. Parameter akuisisi resistivitas

Parameter	Panjang
Panjang Lintasan AB/2	1000
Spasi antar elektroda	10 meter

## 3. Pendekatan Anisotropi

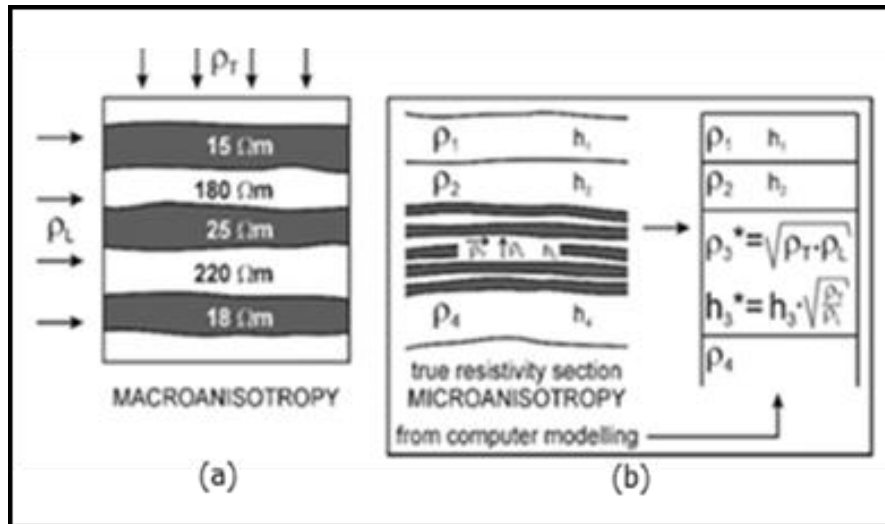
Berbagai macam disiplin ilmu dipakai dalam lingkungan minyak, tetapi fenomena yang sangat terkenal pada saat ini adalah anisotropi. Suatu material dikatakan anisotropi apabila nilai vektor pengukuran dari batuan sangat bervariasi terhadap arah pengukuran (Anderson, dkk. 1994).

Konsep anisotropi digunakan untuk mendeskripsikan sifat fisik batuan, yang dalam ilmu kebumiharian (*geoscience*) digunakan sebagai parameter intrinsik dalam tubuh batuan. Namun terdapat pengecualian bahwa anisotropi sering

digunakan untuk mendeskripsikan keadaan tegangan (*stress*), dimana *stress* bukan merupakan sifat-sifat batuan melainkan kondisi anisotropi yang dihasilkan dari sifat fisik intrinsik

Gambar 2a. menunjukkan gambaran bawah permukaan bumi dengan geolistrik anisotropi untuk *macroanisotropic resistivity* dengan rata-rata *transverse* ( $\rho_T$ ) dan *longitudinal resistivities* ( $\rho_L$ ). Sedangkan Gambar 2b. merupakan *macroanisotropic* lapisan tunggal dengan *transverse* ( $\rho_T$ ) dan *longitudinal resistivities* ( $\rho_L$ ).

**Analisa Potensi *Shallow Hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo Berdasarkan Pendekatan Anisotropi Resistivitas dan Parameter *Dar Zarrouk* Daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur**



**Gambar 2.** Geolistrik anisotropi (Anderson, dkk. 1994)

**4. Parameter *Dar Zarrouk***

Maillet dan Doll (1932) dalam Maillet, 1947 beranggapan bumi adalah medium homogen anisotropi, dengan mencoba melakukan perhitungan besaran tahanan jenis batuan menggunakan suatu fungsi yang dikenal dengan sebutan *Dar Zarrouk Function*. Fungsi ini mempunyai 2(dua) parameter utama yaitu parameter resistivitas transversal ( $T$ , *Transverse Unit Resistence*) dan parameter konduktivitas longitudinal ( $S$ , *Longitudinal Unit Conductance*).

Total resistivitas transversal dari lapisan ke- $i$  dapat diperoleh dari persamaan 3 berikut ini,

$$T = \sum_{i=1}^n \rho_i h_i \quad (3)$$

Sedangkan untuk resistivitas transversal adalah

$$\rho T = \frac{T}{H} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i h_i}{\sum h_i} \quad (4)$$

Komponen arus listrik yang mengalir sejajar dengan bidang lapisan (horizontal), tahanan jenis pengganti dihitung seperti pada tahanan listrik paralel yang merupakan penjumlahan konduktan ( $S$ ) atau penjumlahan daya hantar listrik. Maka diperoleh nilai konduktansi longitudinal tiap lapisan ke- $n$  (Persamaan 5).

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\rho_i} \quad (5)$$

Resistivitas longitudinal dapat dihitung dengan,

$$\rho L = \frac{S}{H} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum \frac{h_i}{\rho_i}} \quad (6)$$

Persamaan tahanan jenis pengganti ( $\rho_m$ ) dan ketebalan penggantinya untuk lapisan dengan jumlah lapisan  $I$  dan ketebalan  $h$  adalah

$$\rho m = \sqrt{\rho T \cdot \rho L} \quad (7)$$

$$hm = h_i \cdot \sqrt{\frac{\rho T}{\rho L}} \quad (8)$$

Pada tahanan jenis sounding harga  $\rho_m$  umumnya lebih besar dari  $\rho_L$  tetapi lebih kecil dari  $\rho_T$  dan nilai  $h_m$  akan lebih besar dari  $h_i$ . Ketergantungan harga tahanan jenis terhadap arah arus listrik inilah yang disebut Koefisien Anisotropi ( $\lambda$ ) yang dinyatakan sebagai perbandingan harga  $\rho_T$  dan  $\rho_L$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\rho T}{\rho L}} = \sqrt{\frac{ST}{H^2}} = \sqrt{\frac{\sum h_i \rho_i \sum \frac{h_i}{\rho_i}}{(\sum h_i)^2}} \quad (9)$$

**III. METODOLOGI**

Tahapan pertama adalah proses pengambilan data resistivitas konfigurasi Schlumberger/VES menggunakan Resisitivimeter Oyo McOhm, tahapan kedua adalah pengolahan data yang terdiri dari inversi 1D dan inversi 2D, tahapan terakhir adalah proses analisa berdasarkan informasi geologi di daerah Dangdangilo dan sekitarnya (Gambar 3).



Gambar 3. Pengambilan data Lapangan pada daerah Dangdangilo

Tahapan pengolahan data dengan membuat *matching curve (forward modelling 1D)* menggunakan perangkat lunak IP2WIN yang mana berguna untuk menentukan lapisan litologi di bawah permukaan. Konsep *forward modelling* yang diterapkan adalah *trial and error* dengan tujuan mendapatkan kenampakan model 1D yang paling sesuai dengan keadaan lapangan. Pada proses ini digunakan batasan error yakni tidak melebihi dari 20%. Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter *Dar Zarrouk* untuk nilai resistivitas transversal ( $\rho_T$ ) dan resistivitas longitudinal ( $\rho_L$ ) dengan memanfaatkan data gradien log resistivitas dari sumur di sekitar daerah penelitian.

Tahapan akhir membuat korelasi profil kedalaman minyak dangkal menggunakan berdasarkan lapisan litologi yang diperoleh dari pemodelan 1D. Proses ini dilakukan untuk menghasilkan sebuah penampang yang memberikan informasi tentang kemenerusan formasi batuan di bawah permukaan.

#### IV. PEMBAHASAN DAN DISKUSI

##### 1. Tinjauan Geologi Daerah Dangdangilo

Daerah Dangdangilo berada di sekitar lapangan minyak Kawengan yang merupakan daerah dengan banyak patahan dan antiklin yang memanjang dan asimetris terbentang dari arah Barat – Laut menuju Timur Tenggara, sumbu

utama sepanjang 11 km dengan lebar maksimum 1 km. Kemiringan berkisar antara 10 sampai 15 derajat pada sayap sebelah barat daya. Struktur ini dibatasi pada bagian barat daya oleh patahan yang besar. Struktur ini dipotong oleh patahan dari arah timur ke barat dengan pergeseran ke atas mencapai 80 meter.

Berdasarkan tinjauan stratigrafi, batuan tertua yang tersingkap di Kawengan adalah anggota Wonocolo Atas terdapat di puncak antiklin. Litologi terdiri atas napal pasiran dengan sisipan batu gamping pasiran. Sayap antiklin terdapat anggota Ledok, yang terdiri atas batu pasir gampingan dengan sisipan napal pasiran. Struktur silang siur umumnya mencirikan anggota Ledok yang di beberapa tempat ditemukan dalam skala besar. Pada daerah penelitian Formasi Wonocolo ini memiliki potensi menyimpan minyak dengan kedalaman dangkal (200 - 300 m di bawah permukaan). Pada lokasi penelitian banyak terdapat sumur tradisional yang dikelola oleh masyarakat untuk memproduksi minyak pada kedalaman sekitar 200 – 300 m (Gambar 4). Diperkirakan minyak tersebut berasal dari Formasi Wonocolo yang memiliki porositas yang baik sebagai reservoir. Namun untuk persebaran secara lateral dari potensi minyak ini perlu digambarkan dengan memanfaatkan metode geolistrik resistivitas.



**Analisa Potensi *Shallow Hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo Berdasarkan Pendekatan Anisotropi Resistivitas dan Parameter *Dar Zarrouk* Daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur**

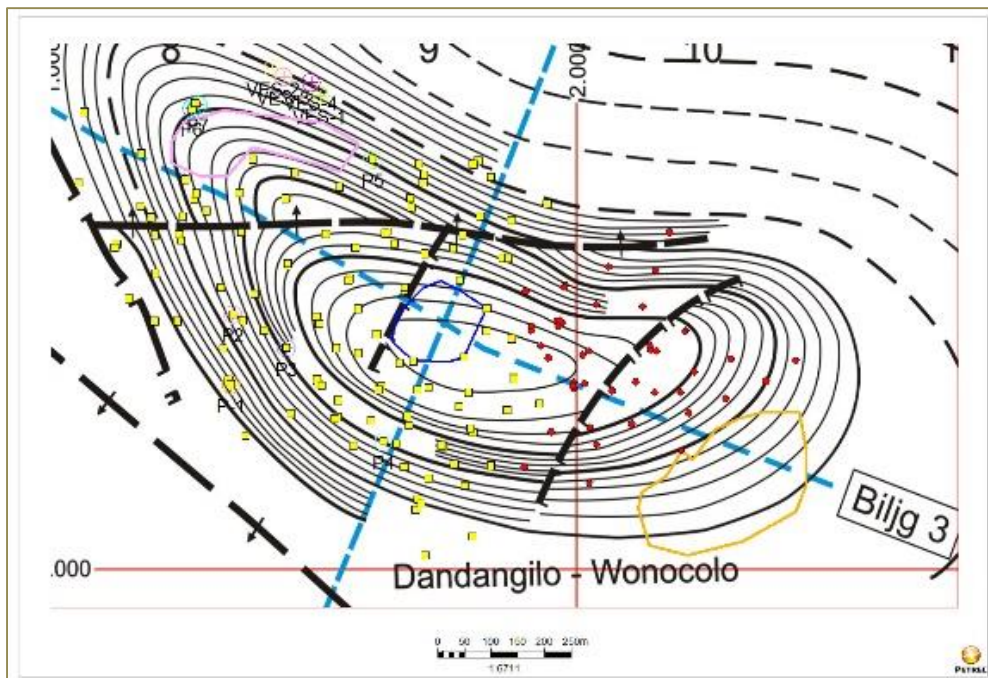


**Gambar 4.** Kondisi lapangan daerah Dangdangilo

**2. Top Stuktur dan Log Resistivitas**

Lokasi penelitian berada di bagian sisi sayap antiklin pada formasi Wonocolo dengan sesar minor berkembang dengan arah relatif NW-SE dan NE- SW. Sesar ini diperkirakan sesar leaking dimana minyak masih memungkinkan bermigrasi ke kompartemen lain disekitarnya. Pada Gambar 5.

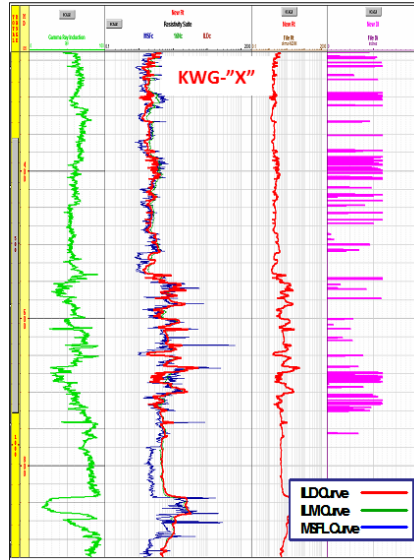
Terdapat sebaran sumur tradisional untuk memproduksi minyak yang dikelola oleh masyarakat di daerah Dangdangilo dan Wonocolo. Kedalaman sumur rata-rata 200 – 300 meter di bawah permukaan sebagai referensi/validasi dari interpretasi nilai resistivitas.



**Gambar 5.** Peta top struktur Formasi Wonocolo

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian awal, untuk menganalisa resistivitas anisotropi dan penentuan parameter *Dar Zarrouk* diperlukan referensi data log resistivitas dari sumur di sekitar

lokasi penelitian. Data log resistivitas sumur KWG “X” sebagai referensi dalam pengolahan dan interpretasi data geolistrik (Gambar 6).

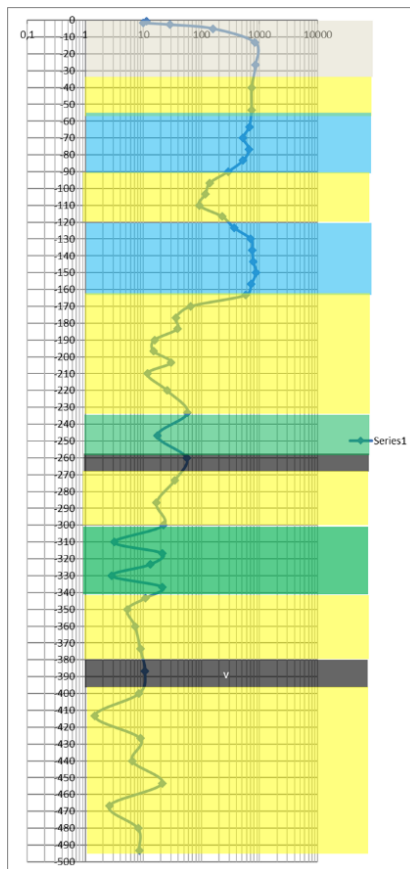


Gambar 6. log resistivitas Sumur KWG “X”

### 3. Interpretasi Resistivitas 1D

Gambar 7. merupakan grafik antara nilai resistivitas vs kedalaman hasil pengukuran geolistrik konfigurasi Schlumberger dengan panjang bentangan 1500 meter, sehingga didapatkan maksimum penetrasi dari pengukuran

ini adalah 1/3 dari total panjang bentangan, yakni  $\pm 500$  meter. Dengan kerapatan data pada bagian akhir pengukuran sangat jarang. Dengan menggunakan bantuan hasil pengukuran di dekat lubang bor sebagai kalibrasi.

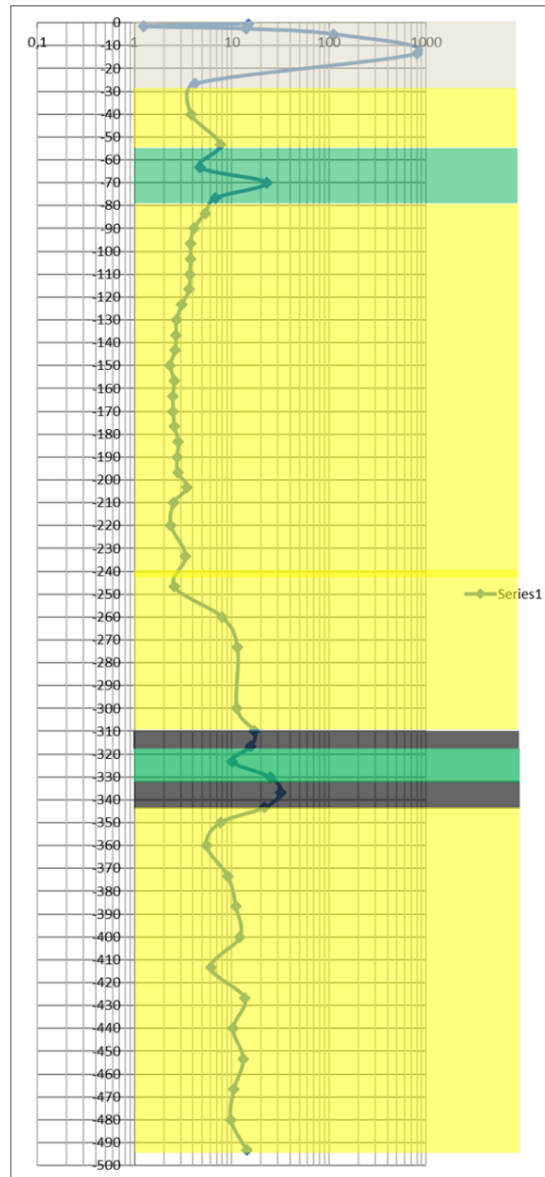


Gambar 7. Profil Inversi 1D titik pengukuran 1 dan interpretasi *shallow Hydrocarbon* pada formasi Wonocolo

## Analisa Potensi *Shallow Hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo Berdasarkan Pendekatan Anisotropi Resistivitas dan Parameter *Dar Zarrouk* Daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur

Pada titik pengukuran 2 variasi litologi yang didapatkan sama dengan titik ukur pertama, indikasi keberadaan fluida hidrokarbon pada ini berada pada kedalaman 170 – 180 meter, 360 – 365 meter dan kedalaman 375 – 380 meter. Indikasi keberadaan hidrokarbon ini termati dengan gejala

perubahan nilai resistivitas, dikarenakan adanya perbedaan kandungan fluida dan rigiditas dari batuan penyusun. Pada titik ukur ketiga yang berjarak  $\pm 90$  meter dari titik pertama terdapat

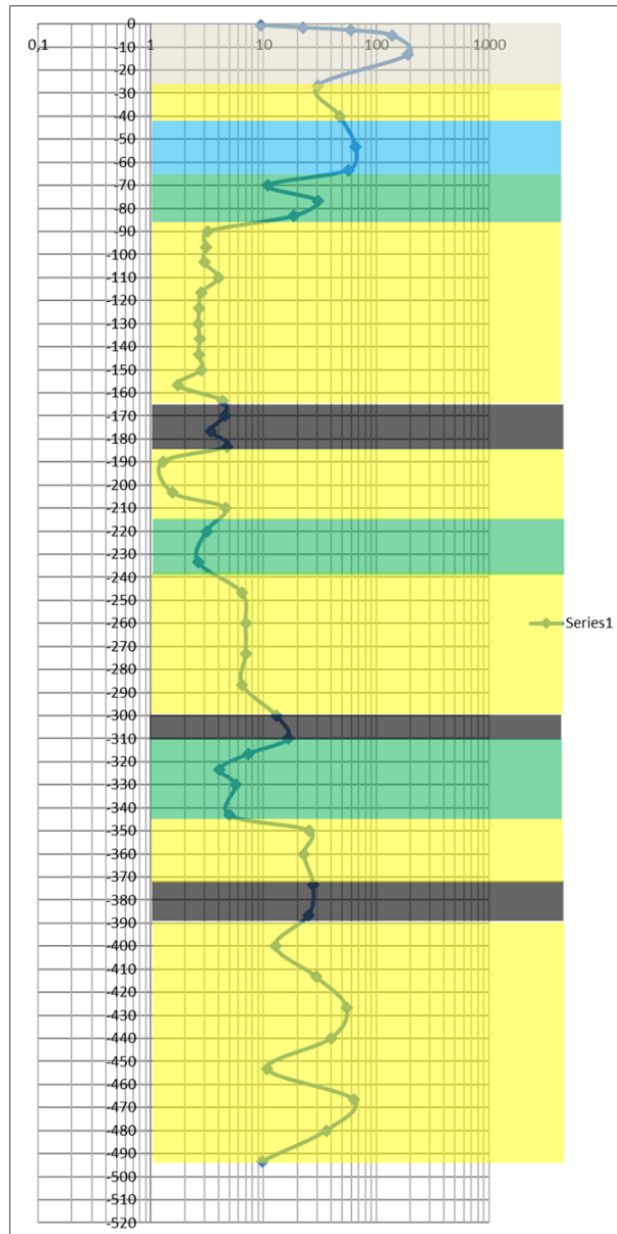


**Gambar 8.** Profil Inversi 1D titik pengukuran 3 dan interpretasi *shallow Hydrocarbon* pada formasi Wonocolo

Pada ketiga titik ukur ini dapat diinterpretasi keterdapatannya variasi litologi pada daerah telitian, titik pengukuran 1 diinterpretasikan terdapat 4 litologi dengan nilai resistivitas yang beragam. Pada kedalaman 0 – 30 meter diinterpretasikan sebagai soil yang menutupi daerah penelitian yang terdiri dari lapukan batupasir silica. Pada kedalaman 30 – 160 meter diinterpretasikan sebagai

perselingan antara batu pasir dan batugamping yang keberadaannya dilokasi penelitian bersifat tidak melampar. Indikasi keberadaan fluida hidrokarbon pada titik ukur satu berada pada kedalaman 260 – 270 meter dan 380 - 385 meter. Variasi nilai resistivitas di daerah telitian ini juga dipengaruhi oleh kandungan fluida lainnya berupa air tanah. Batuan yang mengandung air tanah akan memiliki nilai resistivitas yang rendah.





**Gambar 9.** Profil Inversi 1D titik pengukuran 2 dan interpretasi *shallow Hydrocarbon* pada formasi Wonocolo

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa inversi 1D dan pendekatan parameter anisotropi resistivitas dan parameter Dar Zarrouk untuk analisa *shallow hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Indikasi keberadaan fluida hidrokarbon pada ini berada pada kedalaman 170 – 180 meter, 360 – 365 meter dan kedalaman 375 – 380 meter. Indikasi keberadaan hidrokarbon ini termati dengan gejala perubahan nilai resistivitas

2. Variasi nilai resistivitas di daerah telitian ini juga dipengaruhi oleh kandungan fluida lainnya berupa air tanah. Batuan yang mengandung air tanah akan memiliki nilai resistivitas yang rendah.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bransden, P.J.E. dan Matthews, S.J., 1992, *Structural and Stratigraphic Evolution of The East Java Sea, Indonesia*. Indonesian Petroleum Association, Loke M.H. 2000.

**Analisa Potensi *Shallow Hydrocarbon* pada Formasi Wonocolo Berdasarkan Pendekatan Anisotropi Resistivitas dan Parameter *Dar Zarrouk* Daerah Dangdangilo, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur**

Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies

- Okonkwo, A. C. and Gabriel Z. Ugwu. 2015. Determination of Dar-zarrouk parameters for prediction of Aquifer protective capacity: A case of Agbani Sandstone Aquifer, Enugu State, Southeastern Nigeria. *International Research Journal of Geology and Mining (IRJGM)* (2276-6618) Vol. 5(2) pp. 12-19
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of The Indonesian Region*, USGS Professional Paper 1078, US Govt. Print. Off., Washington DC, 345 ps.
- Manur, H. dan Barraclough, R., 1994, *Structural Control on Hydrocarbon Habitat in The Bawean Area, East Java Sea*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, 23<sup>rd</sup> annu. conv., p. 129-144.
- Singh U.K., R.K. Das, G.K. Hodlu. 2004. Significance of Dar-Zarrouk parameters in the exploration of quality affected coastal aquifer systems. *Environmental Geology* 45 (5):696-702
- Satyana, A.H., Erwanto, E. dan Prasetyadi, C., 2004, *Rembang-Madura-Kangean-Sakala (RMKS) Fault Zone, East Java Basin : The Origin and Nature of A Geologic Border*. The 33rd Annual Convention & Exhibition 2004 Indonesian Association of Geologists (IAGI), Bandung
- Telford, V.M., Geldart L.P., Sheriff, R.E., Keys D.A. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- Van Bemmelen, R.W., 1970, *The Geology of Indonesia*, Govt. Printing Office, The Hague, v. 1A, 732 ps.
- <http://www.bojonegorokab.go.id/geografi> : Waktu akses situs pada 10 September 2019 pukul 17.05 WIB