

Pengaruh Resistivitas Listrik Terhadap Evaluasi Parameter Fisika secara fraktal untuk analisa Data *Well Logging*

Egi Yuliora^{1,a)}, Aurista.M.Ilmah^{1,b)}, Lilik Hendrajaya^{1,c)}

¹Laboratorium Fisika Bumi,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

a) egiyuliora@gmail.com

b) aurista.ilmah@gmail.com

c) lilik.hendrajaya2@gmail.com

Abstrak

Industri minyak dan gas bumi sangat penting bagi kehidupan terkait dengan perannya sebesar 60% dalam supply energi primer Indonesia. Ilmu fisika memiliki peranan yang sangat luas dalam eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi, baik itu sebagai pengevaluasi formasi untuk mengetahui karakteristik formasi batuan yang akan dibor. Proses evaluasi formasi terdiri dari berbagai metode salah satunya adalah analisis well logging. Log resistivitas merupakan salah satu metode pengukuran data logging yang dapat memberikan informasi esensial berupa parameter fisika diantaranya porositas dan resistivitas. Dengan log resistivitas, resistivitas dapat diukur dengan defenisi hukum ohm. Melalui persamaan Archie dapat digunakan untuk menghitung besaran porositas dan resistivitas. Dengan analisa secara fraktal dapat ditentukan besaran porositas yang lebih akurat sehingga selanjutnya porositas tersebut dapat digunakan untuk menghitung cadangan hidrokarbon yang berguna dalam upaya peningkatan laju produksi minyak dan gas bumi.

Kata-kata kunci: Resistivitas listrik, parameter fisika, Well Logging

PENDAHULUAN

Dalam upaya meningkatkan produksi minyak dan gas bumi, salah satu caranya adalah melakukan eksplorasi tahap lanjutan. Eksplorasi lanjutan ini dilakukan agar sumur produksi yang ada akan semakin banyak dan dapat meningkatkan produktivitas minyak dan gas. Dalam kegiatan eksplorasi ini didapatkan data hasil log sumur yang merupakan hasil pengukuran sifat fisik batuan yang ada di bawah permukaan. Data log tersebut diproses dan dianalisa untuk mendapatkan berapa besar prospek dari lapisan batuan untuk menjadi reservoir dan potensi hidrokarbon yang berada pada sumur tersebut beserta posisinya. Dengan adanya analisa sifat fisik dari batuan tersebut kita dapat mengetahui apakah ada prospek dan potensi yang baik untuk sumur tersebut menjadi sumur produksi.

Batuan reservoir adalah batuan sebagai wadah yang diisi dan dijenuhi oleh minyak dan/ gas bumi. Syarat utama sebuah batuan dapat menjadi reservoir adalah adanya pori-pori dalam batuan tersebut yang dapat menjadi tempat untuk menyimpan dari minyak bumi atau yang lebih dikenal dengan sifat porositas. Syarat lain adalah sifat dan kemampuan batuan untuk mengalirkan dan meloloskan fluida dari batuan tersebut [1].

Dalam menentukan nilai porositas dan permeabilitas suatu lapisan batuan perlu dilakukan studi mengenai sifat petrofisika suatu batuan. Sifat petrofisika ini dapat di analisa menggunakan data hasil proses logging. Logging sumur (well logging) merupakan proses perekaman data hasil pengukuran batuan berdasarkan sifat fisiknya [2]. Ada 4 buah jenis log yaitu log radioaktif, log listrik, log suara dan log caliper. Jenis log radioaktif adalah log gamma ray, log densitas dan log neutron. Untuk jenis log listrik adalah log resistivitas dan log SP (spontaneous potential). Log caliper adalah log untuk mengukur diameter lubang bor sedangkan yang termasuk log suara adalah log sonik [3]. Dari data log ini dapat diketahui dan dianalisa nilai-nilai dari sifat petrofisika suatu batuan sehingga didapat zona-zona mana saja yang terdapat akumulasi hidrokarbon.

LOG RESISTIVITAS

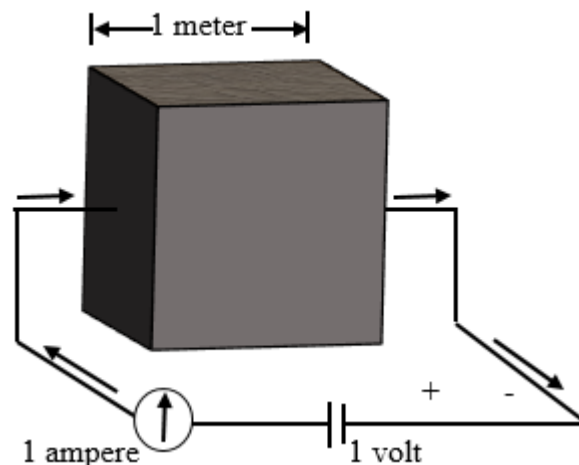
Log adalah suatu grafik kedalaman (bisa juga waktu), dari satu set data yang menunjukkan parameter yang diukur secara berkesinambungan di dalam sebuah sumur [4]. Kegiatan untuk mendapatkan data log disebut 'logging', Logging memberikan data yang diperlukan untuk mengevaluasi secara kuantitatif banyaknya hidrokarbon di lapisan pada situasi dan kondisi sesungguhnya. Kurva log memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mengetahui sifat – sifat batuan dan cairan.

Log resistivitas atau yang disebut juga log listrik merupakan suatu plot antara sifat-sifat listrik lapisan yang ditembus lubang bor dengan kedalaman. Sifat-sifat ini diukur dengan berbagai variasi konfigurasi elektrode yang diturunkan ke dalam lubang bor. Untuk batuan yang pori-porinya terisi mineral-mineral air asin atau clay maka akan menghantarkan listrik dan mempunyai resistivity yang rendah dibandingkan dengan pori-pori yang terisi minyak, gas maupun air tawar. Oleh karena itu lumpur pemboran yang banyak mengandung garam akan bersifat konduktif dan sebaliknya.

Log resistivitas dibagi menjadi dua yaitu Log Lateral untuk mengukur resistivitas batuan yang dibor dengan lumpur yang sangat konduktif dan Log Induksi untuk menentukan resistivitas dengan cara mengukur konduktivitas batuan

Pengukuran Resistivitas

Pada umumnya setiap batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda. Pengukuran nilai resistivitas memberikan informasi jenis batuan dan kemudian dapat ditentukan porositas batuan tersebut. Defenisi resistivitas berdasarkan Ohm-meter adalah tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan 1 A untuk melewati area permukaan seluas 1 m². Defenisi ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema defenisi resistivitas dari Ohm-meter

Berdasarkan Gambar 1 dapat dituliskan bahwa:

$$R = \frac{1}{\sigma} \tag{1}$$

Faktor yang mempengaruhi resistivitas formasi adalah:

- Resistivitas air (R_w)
- Porositas formasi (ϕ)
- Geometri pori – faktor turtuositas (a)
- Litologi formasi
- Faktor sementasi (m)
- Jenis dan jumlah lempung pada batuan

Pengukuran resistivitas suatu formasi dapat dilakukan dengan analisa inti batuan yaitu dengan menginjeksikan arus (I) DC melalui 2 elektroda ke sampel core dan membaca tegangan (V) pada 2 elektroda lainnya yang dihasilkan oleh sampel core tersebut. Dari tegangan (V) yang kita peroleh dapat dihitung nilai resistansi (R) dari batuan tersebut, dimana dengan persamaan

$$R = \frac{\rho L}{A} \tag{2}$$

Dengan

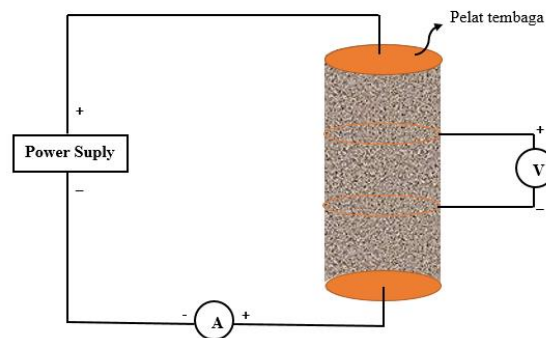
R = resistansi (ohm)

ρ = resistivitas (ohm-meter)

L = jarak elektroda (m)

A = luas permukaan (m^2)

Skema pengukuran resistansi sampel core dapat dilihat pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Skema pengukuran resistansi sampel core

PERSAMAAN ARCHIE

Pada tahun 1942, Archie melakukan eksperimen dengan menggunakan core yang dijenuhi air formasi, Archie menemukan hubungan antara air formasi (R_w) dengan resistivitas batuan yang mengandung air formasi (R_o), melalui persamaan berikut,

$$F = \frac{R_o}{R_w} \tag{3}$$

Dari persamaan model pipa kapilaritas hukum Archie dikembangkan menjadi

$$\frac{R_o}{R_w} = a \phi^{-m} \tag{4}$$

dengan

$$F = a \phi^{-m} \tag{5}$$

Dengan

m = eksponen sementasi (0,6-2,5)

a = kontanta (1,3-2,6)

F = faktor formasi batuan

ϕ = porositas (%)

KONSEP FRAKTAL

Model fraktal merupakan model matematika yang sesuai untuk mengestimasi beberapa parameter petrofisik seperti resistivitas, porositas efektif, porositas total dan permeabilitas. Teori fraktal digunakan untuk mempelajari kekompleksan sistem batuan yang bersifat heterogen dengan menunjukkan *self similarity* pada skala tertentu. Teori fraktal dapat mempresentasikan geometri pori yang heterogen dan menunjukkan hubungan antara porositas dengan parameter fisika lain seperti permeabilitas pada medium berpori. Secara umum, hubungan antara porositas dan permeabilitas diperlihatkan melalui persamaan berikut [5],

$$k = B\phi^q \quad (6)$$

Dengan, B adalah konstanta parameter; q merupakan faktor yang mempengaruhi harga permeabilitas. Peninjauan hubungan permeabilitas dan porositas pada Persamaan (6) juga dapat didasarkan dari hubungan empiris dari pendefinisian faktor formasi dalam Persamaan Archie (5). dan pendefinisian faktor formasi dalam Persamaan Kozeny-Charman,

$$F = \frac{A}{k^B} \quad (7)$$

Hubungan permeabilitas dan porositas dari faktor formasi yang didefinisikan pada Persamaan Archie dan Persamaan Kozeny-Charman adalah sebagai berikut,

$$k^B = \frac{A}{a} \phi^m \quad (8)$$

$$k = \left[\frac{A}{a} \phi^m \right]^{1/B} \quad (9)$$

Dengan m dan B adalah faktor sementasi, F adalah faktor formasi dan a , A adalah konstanta

KESIMPULAN

- Resistivitas merupakan prinsip fisika yang sangat penting untuk diketahui untuk memberikan informasi mengenai kondisi sumur bor dan dapat diaplikasikan sebagai parameter perkiraan cadangan migas.
- Dengan menggunakan log resistivitas, maka kita dapat mengetahui porositas yang nantinya digunakan untuk menghitung besaran fisika lainnya.
- Untuk memastikan kevalidan data porositas hasil log resistiviti perlu dilakukan pengambilan sampel core batuan formasi yang kemudian dilakukan analisa inti batuan (coring).
- Analisa inti batuan dapat dilakukan dengan menghitung secara langsung resistivitas sampel core, sehingga dengan menggunakan persamaan Archie kita dapat menghubungkan resistivitas dan faktor formasi batuan sebagai fungsi porositas.
- Dari nilai permeabilitas sampel core kita juga dapat menghubungkannya dengan pengukuran porositas secara langsung yaitu dengan menggunakan konsep fraktal.
- Setelah analisa inti batuan dilakukan maka dilanjutkan dengan membandingkan hasil data well logging.
- Dengan problem solving nyata yang dilakukan terhadap analisis resistivitas sumur bor, maka dapat membantu menghilangkan kekhakikian "Fisika Itu Sulit"

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

REFERENSI

1. Koesoemadinata. *Geologi Minyak Bumi dan Gas Bumi*. Edisi Kedua Jilid I, ITB (1980).
2. Batemen, R. *Open-Hole Analysis and Formation Evaluation*. Boston, IHRDC (1985).
3. Asquith, G dan Krygowski, D. *Basic Well Log Analysis*. Oklahoma, AAPG (2004).
4. Harsono, A. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Schlumberger Oilfield Services, Jakarta (1997).
5. Pape, H., Clauser, C., Iffland, J. "Permeability Prediction Based on Fractal Pore-Space Geometry," *Geophysics*, Vol. 64, 1447– 1460.(1999).