

GEOLOGI DAN ANALISIS CADANGAN HIDROKARBON PADA INTERVAL *MID MAIN CARBONATE* FORMASI CIBULAKAN ATAS, LAPANGAN WEH, CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA, BERDASARKAN DATA PETROFISIKA

Adhika Catra Pradhana, Bambang Triwibowo, Sutanto
Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
Fax/Phone: 0274-487816; 0274-486403

SARI - Lapangan WEH adalah lapangan migas milik PT. Pertamina EP Asset 3, termasuk dalam wilayah Cekungan Jawa Barat Utara. Formasi Cibulakan Atas terendapkan di lingkungan paralik sampai laut dangkal. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *basemap*, *mudlog*, *wireline log*, *well header*, *core* dan *SCAL*. Analisis petrofisika digunakan untuk mengetahui nilai volume *shale*, porositas, saturasi dan permeabilitas. Hasil analisis ini digunakan dalam parameter perhitungan cadangan hidrokarbon. Berdasarkan hasil analisis petrofisika yang berada pada interval MMC didapatkan nilai *cut off volume shale* ≤ 0.30 v/v, porositas efektif ≥ 0.10 dan saturasi air efektif ≤ 0.71 . Sedangkan dari hasil analisis tiap sumur didapatkan kisaran nilai porositas 0.10-0.30 v/v, saturasi 0.08-1 v/v, dan permeabilitas 3.12-492.95 mD. Perhitungan cadangan hidrokarbon yang dilakukan pada Lapangan WEH menggunakan metode volumetrik. Total cadangan pada interval MMC Lapangan WEH *stock tank oil in place* 10.65 MMbbl, dan yang dapat diambil adalah 3.30 MMSTB.

Kata-kata kunci : Formasi Cibulakan Atas, petrofisika, cadangan MMC

PENDAHULUAN

Cekungan Jawa Barat Utara merupakan salah satu dari cekungan di Indonesia yang memiliki kandungan hidrokarbon yang sangat besar. Dari kondisi yang ada pada Cekungan Jawa Barat Utara, banyak perusahaan mulai dari dalam negeri hingga perusahaan asing melakukan kegiatan eksplorasi yang merupakan kegiatan mencari sumber daya yang ada dengan data seismik, pemboran dan *well logging*. Lapangan WEH adalah lapangan migas milik PT. Pertamina EP Asset 3, termasuk dalam wilayah Cekungan Jawa Barat Utara. Formasi Cibulakan Atas terendapkan di lingkungan paralik sampai laut dangkal. Pada Lapangan WEH terdapat anggota Main dari Formasi Cibulakan Atas yang berupa batugamping, atau disebut *Mid Main Carbonate* (MMC) penyusunnya merupakan batugamping terumbu dengan arah penyebaran Timur Laut- Barat Daya. Formasi Cibulakan Atas terbentuk di bagian tinggian dari basement, zona depresi dan zona tinggian. Persebaran formasi ini kurang lebih 1400 km², panjang sekitar 280 km (Barat-Timur) dan lebar sekitar 50 km. Pada bagian selatan dibatasi oleh Palung Bogor. Sumber daya energi semakin dicari akhir-akhir ini, dalam rangka pengembangan dan peningkatan perolehan minyak dan gas bumi maka dilakukan pencarian lebih lanjut dengan perluasan area eksplorasi dan eksploitasi. Salah satunya dengan mengkaji ulang sumur-sumur yang berada di Lapangan WEH dan mengembangkannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode interpretasi deskriptif kualitatif, yaitu dengan mengolah data log sumur, seismik, *mud log*, *well header*, *core*, *SCAL* dan referensi studi terdahulu baik yang telah dipublikasikan ataupun tidak dipublikasikan. Semua data yang tersedia tersebut kemudian diintegrasikan untuk mendapatkan suatu gambaran kondisi geologi dan cadangan hidrokarbon Lapangan WEH pada Interval MMC Formasi Cibulakan Atas.

Tahapan Pendahuluan

Tahapan pendahuluan ini merupakan tahapan persiapan yang dilakukan penulis sebelum melakukan penelitian atau analisis data. Pada tahapan pendahuluan, hal-hal yang dilakukan antara lain penyusunan proposal penelitian serta kelengkapan administrasi dan kajian pustaka.

Tahapan Pengumpulan Data

Data yang disediakan oleh pihak perusahaan selaku pihak yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian kali ini adalah Data Mudlog dari lima Sumur, Log Sumur dari sepuluh sumur yang terdiri dari log *Gamma Ray*, *Spontaneous Potential*, *Resistivity*, *Density*, *Neutron*, dan *Sonic*, *well header* dari tujuh sumur, *core* dari satu sumur dan *SCAL* (*Special Core Analysis*) dari satu sumur.

Tahapan Pengolahan dan Analisis Data

Dalam tahapan ini semua data yang telah tersedia kemudian diolah dan dianalisa. Dari pengolahan dan analisa dari tiap-tiap data kemudian diintegrasikan untuk didapatkan hasil penelitian sesuai dengan apa yang diharapkan dalam penulisan ini. Pengolahan dan analisa data tersebut dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: Analisa petrofisika dilakukan setelah semua data lengkap dikumpulkan. Menggunakan *software Paradigm Geolog7*, data dari *well header* yang diperlukan akan dimasukkan ke dalam *software* guna untuk menentukan parameter-parameter yang dibutuhkan. Selanjutnya, dari hasil analisa petrofisika data dibandingkan dengan data *core* maupun *SCAL* yang ada. Setelah semua data cocok selanjutnya data parameter hasil analisa petrofisika digunakan pada analisa seismik untuk pembuatan peta *top*, *bot*, *gross*, *net sand* dan *net pay* untuk perhitungan cadangan. Hasil analisa petrofisik dan seismik yang telah disatukan dapat menghitung total cadangan hidrokarbon pada interval MMC Lapangan WEH.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data primer yang digunakan oleh peneliti adalah data sumur yang nantinya digunakan dalam analisis petrofisika, terdiri dari 5 data *wireline log*, 7 data *mud log*, 6 data *well header*, 1 data *core* dan 1 data *special core analysis* pada sumur Lapangan WEH Formasi Cibulakan Atas. Peta dasar ini memberikan informasi mengenai posisi dan jumlah sumur pemboran. Jumlah sumur pemboran di Lapangan WEH adalah 10 sumur, sumur-sumur tersebut diantaranya: VNY-1, VNY-2, VNY-3, VNY-4, VNY-6, VNY-7, VNY-8, VNY-9, VNY-10, dan VNY-11 (**Gambar 1**).

Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif adalah interpretasi yang didasarkan pada pengamatan bentuk dari konfigurasi kurva log yang ada. Dari analisis kualitatif ini diperoleh keterangan mengenai jenis litologi, ketebalan, batas perlapisan batuan, sehingga dapat keberadaan zona hidrokarbon dapat diperkirakan. Metode yang dilakukan untuk analisis kualitatif adalah sebagai berikut :

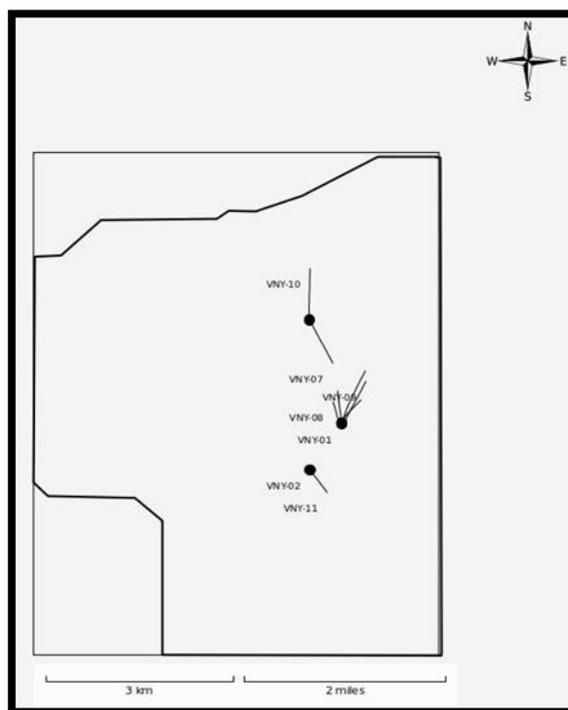
1. Kalibrasi log-log pada sumur yang akan dipergunakan.
2. Penentuan litologi dengan menggunakan metode *quicklook*, yakni melihat defleksi dari arah kurva GR. Yakni bila GR memiliki defleksi ke nilai yang besar berarti menunjukkan zona impermeabel atau shale, bila memiliki defleksi ke arah sebaliknya berarti menunjukkan zona permeabel atau sand.
3. Penentuan dari batas litologi (*marker*), dengan menentukan *flooding surface* dari satu siklus pengendapan. Hal ini membantu dalam penentuan zona yang akan dikorelasi dan dilakukan evaluasi kuantitatif petrofisika.
4. Melakukan korelasi terhadap sumur-sumur yang ditentukan.

Penentuan zona-zona reservoir berdasarkan konfigurasi log. Berdasarkan data log *gamma ray* sumur VNY-1 nilai GR readnya adalah 26.53 GAPI, sehingga *gamma ray* yang memiliki nilai lebih rendah dari 26.53 GAPI dapat ditentukan sebagai *limestone*. Sedangkan yang lebih besar dari 26.53 GAPI adalah shale. Selain dilihat dari data *wireline log* agar hasil interpretasi dapat dikuatkan, maka dilihat juga dari data *mud log*. Dari data *mud log* diketahui litologi lapisan MMC di Lapangan WEH berupa *mudstone*, *packstone* dan *wackestone*.

Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif dilakukan untuk penentuan parameter karakteristik reservoir menyangkut sifat fisik seperti : ketebalan *net sand/net pay*, jenis litologi, volume shale, porositas, permeabilitas, dan saturasi air. Dalam analisis kuantitatif penulis menggunakan software "Geolog 7" dan pendekatan deterministik. Dalam perhitungan ini ditentukan terlebih dahulu parameter petrofisik yang akan digunakan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis perhitungan dari data sumur yakni adalah :

1. Tiap sumur yang akan dipakai untuk korelasi harus melalui kalkulasi *True Vertical Depth* agar kedalaman vertikal sumur sama dengan kedalaman sebenarnya.
2. Perhitungan *Formation Temperature* dan *Hydrostatic Pressure* dengan *Precalc* (prekalkulasi).
3. Melakukan koreksi *environment* pada jenis-jenis log yg akan dipakai, yakni seperti *Gamma Ray*, *Neutron*, *Density*, dan *Resistivity*.
4. Mulai masuk pada tahap awal metode deterministik, yakni dengan menentukan zona *badhole* agar tidak mengganggu proses perhitungan.
5. Menghitung porositas, saturasi air, dan permeabilitas dari zona yang telah ditentukan.
6. Menentukan *cut-off* dari parameter *Vsh*, porositas, saturasi air dan permeabilitas untuk memisahkan antara lapisannya yang bersih pada reservoir.
7. Penentuan zona *top gross*, *net sand* dan *net pay* pada reservoir.
8. Menghitung estimasi cadangan hidrokarbon pada reservoir yang diteliti.



Gambar 1. Base map Lapangan WEH

Prekalkulasi

Proses *Pre-calc* adalah proses dimana data LAS maupun *Well Header* yang ada dimasukkan ke dalam *software*. Prekalkulasi berfungsi untuk menentukan data salinitas lumpur dan resistivitas *mud filtrate* dari contoh, kurva tekanan formasi dan temperatur, kurva resistivitas mud dari resistivitas contoh, ketebalan *mud cake* untuk alat porositas dan resistivitas, ϕ yang berasal dari *crossplot* log Densitas dan log PEF, Ct konduktivitas pada zona *unflushed* yang nilainya berlawanan dari RT, dan Cxo konduktivitas pada zona *flushed* yang nilainya berlawanan dengan Rxo.

Koreksi Lingkungan

Koreksi lingkungan ini perlu dilakukan karena adanya perbedaan kondisi lingkungan antara satu sumur dengan sumur lain, seperti tipe lumpur yang dipakai, tipe alat dan temperatur. Koreksi lingkungan *Log Gamma Ray* dilakukan karena adanya pengaruh posisi alat log terhadap waktu logging, ukuran peralatan *log Gamma Ray*, fluida yang dilakukan pada saat pemboran dan koreksi ukuran lubang bor. Koreksi lingkungan log Neutron dilakukan karena adanya pengaruh skala litologi, waktu pengambilan data, ukuran lubang bor, ketebalan mudcake, salinitas, berat lumpur, posisi alat log dan faktor suhu lubang bor. Koreksi lingkungan log Densitas dilakukan karena adanya pengaruh fluida pemboran dan kondisi lubang bor. Koreksi lingkungan log Resistivitas dimulai dengan analisis *micro resistivity* (Log MSFL) untuk mendapatkan *flushed zone resistivity* (RXO) dan *Flushed Zone Conductivity* (CXO) yang akan digunakan sebagai input data pada koreksi Resistivitas dan menghasilkan nilai koreksi Resistivitas serta *true formation Resistivitas* (RT). Proses koreksi ini dilakukan pada beberapa cara, tergantung pada ketersediaan log Resistivitas (Induksi atau Lateral).

Determin

Setelah semua data *wireline log* ditentukan prekalkulasinya serta dikoreksi menggunakan koreksi lingkungan maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *volume shale*, porositas efektif, saturasi air efektif dan permeabilitas menggunakan determin pada proses analisis kuantitatif petrofisika.

Cut Off

Penentuan *Cut Off* sangat berperan penting dalam penentuan kualitas data dan persebarannya. Nilai *Cut Off* yang diterapkan berbeda pada masing-masing top. Hal ini disebabkan bahwa karakteristik batuan pada tiap top berbeda. Parameter *cut-off* yang dipakai adalah *Volume Shale*, Porositas dan Saturasi Air Efektif. Untuk mendapatkan parameter tersebut diperlukan pembatasan dengan metoda *crossplot* dari masing-masing parameter yang terkait. *Cut off* berfungsi dalam membuang interval *shale* yang bukan reservoir, zona dengan porositas rendah, permeabilitas rendah serta persen air yang terkandung dalam reservoir. *Cut off* dilakukan pada masing-masing reservoir pada daerah yang diteliti. Dalam penentuan *cut off* penulis melakukan beberapa metoda pembatasan nilai kumulatif. Yakni dengan membandingkan nilai satu parameter dengan nilai parameter yang lainnya (**Tabel 1**).

Tabel 1. *Cut Off* hasil analisis petrofisika Interval MMC Lapangan WEH

	Volume Shale	Porositas Efektif	Saturasi Air Efektif
Cut-Off	≤ 0.30	≥ 0.10	≤ 0.71

Cut off dari hasil analisis petrofisika Lapangan WEH adalah hasil penggalan data reservoir. Perlu dilakukan pengecekan ulang apakah *cut off* hasil analisis sesuai dengan nilai tersebut, sehingga dibutuhkan *cut off* dari data tes sebagai kunci. Data tes pada Lapangan WEH hanya terdapat pada sumur VNY-1 sehingga data pada sumur ini digunakan untuk keseluruhan Lapangan WEH. Data tes yang pertama terletak pada kedalaman 1069-1071 m dengan menunjukkan *oil show*. Data tes yang kedua terletak pada kedalaman 1075-1077 m dengan menunjukkan *oil show*. *Cut off* data tes antara porositas efektif dengan *volume shale* menunjukkan nilai flow unit pada angka $\phi \geq 0.11$ v/v dan $v_{sh} \leq 0.24$ v/v. *Cut off* data tes antara porositas efektif dengan saturasi air efektif pada Lapangan WEH memiliki nilai $\phi \geq 0.11$ v/v dan $S_w \leq 0.72$ v/v. Dapat disimpulkan bahwa hasil *cut off* data tes dengan *cut off* analisis petrofisika tidak berbeda jauh, sehingga *cut off* hasil analisis petrofisika dapat digunakan.

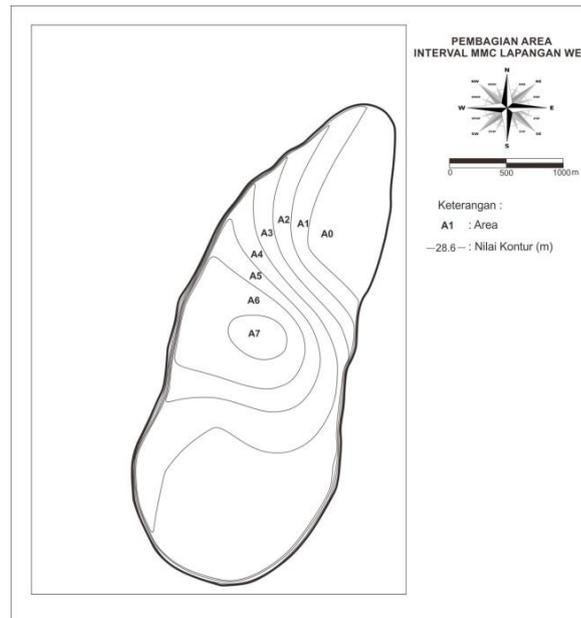
Analisis Cadangan

Perhitungan cadangan hidrokarbon yang dilakukan menggunakan metode volumetrik. Metode ini menggunakan data luasan sebaran hidrokarbon yang didapatkan dari analisis seismik. Hasil analisis ini menghasilkan peta-peta yang nantinya akan digunakan sebagai luasan volume. Peta bawah permukaan merupakan proses membuat suatu pemodelan bawah permukaan berdasarkan data-data geologi sehingga menghasilkan suatu peta kontur (persebaran data). Pada pembuatan peta kontur struktur dan kedalaman, penulis tidak melakukan interpretasi seismik untuk menentukan pola struktur pada lapangan WEH, tetapi menggunakan pola struktur yang telah diinterpretasikan (Pertamina, 2015) dan akan digabungkan dengan data hasil perhitungan petrofisika.

Peta *top depth structure* pada Lapangan WEH dibuat menggunakan data korelasi sumur dan seismik. Lapangan WEH memiliki luasan ± 16 km² dengan kontur tertinggi 1035 m dan terendah 1095 m. Pada peta terlihat adanya bentukan *build-up reef* dengan arah Timur Laut-Barat Daya, dimana pada bentukan ini terdapat sumur VNY-1, VNY-2, VNY-3, dan VNY-6. Sedangkan sumur VNY-10 terletak diluar dan disebelah Barat dari sumur VNY-10 terdapat sesar turun dengan arah Utara-Selatan. *Closure* pada peta ini berada dikontur kedalaman 1075 m.

Cadangan pada Lapangan WEH dihitung dengan melihat peta *net pay*. Peta *net pay* merupakan peta yang dibuat dengan cara menggabungkan dua peta lainnya yaitu peta *top depth structure* dan peta *net sand* yang dioverlaykan dengan *oil water contact* (OWC) sehingga didapatkan zona akumulasi minyak dengan batas penyebarannya air dan minyak. Pada lapisan MMC telah diketahui bahwa OWC terletak pada kedalaman 1077 m. Sumur VNY-10 memiliki kontur lebih rendah daripada 1077 m, tetapi dikarenakan tidak ada data sumur lain di bagian Utara dan Barat Laut sehingga klosur pada VNY-1, VNY-2, VNY-3, dan VNY-6 saja yang dilakukan perhitungan.

Peta *net pay* yang telah dibuat kemudian digunakan sebagai dasar volume yang akan dihitung dalam perhitungan volume cadangan hidrokarbon metode volumetrik. Sebelum masuk ke perhitungan *stock tank oil in place* perlu diketahui terlebih dahulu luasan volume reservoir pada Lapangan WEH. Luas bidang sebenarnya dalam *acre*. Luas yang telah diketahui kemudian dibuat perbandingan perbagian luasan. Pada Lapangan WEH luasan dibagi menjadi 7, dari yang paling luar adalah A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, dan A7 (**Gambar 2**).



Gambar 2. Pembagian area *Net Pay* Interval MMC Lapangan WEH

Total luasan volume reservoir interval MMC Lapangan WEH setelah dilakukan perhitungan adalah 68654.80 acre-feet. Selanjutnya untuk mengetahui berapa nilai *stock tank oil in place* atau jumlah minyak bumi yang ada pada reservoir, diperlukan parameter porositas dan saturasi hidrokarbon serta BOI. Porositas dan saturasi hidrokarbon didapatkan dari nilai *cut off* hasil analisis petrofisika yaitu $\phi \geq 0.10$ v/v dan $S_w \leq 0.71$ v/v, sedangkan faktor volume formasi minyak mula-mula (BOI) diketahui untuk Lapangan WEH adalah 1.4 dan *recovery factor* (RF) adalah 31%. Hasil analisis cadangan hidrokarbon Interval MMC Lapangan WEH didapati bahwa jumlah total minyak bumi pada Interval MMC adalah 10.65 MMbbl dan total cadangan yang dapat diambil adalah 3.30 MMSTB

KESIMPULAN

1. Hasil dari korelasi sumur pada Lapangan WEH diketahui bahwa Interval MMC memiliki ketebalan yang berbeda-beda tiap sumur dengan litologi berupa batugamping. Interval MMC tiap sumur yaitu VNY-1 1056.43 – 1168.23 m, VNY-2 1055.45 – 1174.86 m, VNY-3 1399.03 – 1478.58 m, VNY-6 1184.01 – 1232.16 m, dan VNY-10 1375.35 – 1405.78 m.
2. *Closure* Lapangan WEH terletak pada kedalaman 1075 m dengan arah relatif Timur Laut – Barat Daya dan memiliki luasan 4.02 km². OWC berada pada kedalaman 1077 m dengan ketebalan *net pay* 39 m.
3. Total cadangan pada lapisan MMC Lapangan WEH adalah sebesar 10.65 MMbbl.

DAFTAR PUSTAKA

- Arpandi, D. & Patmosukismo, S., 1975. *The Cibulakan Formation as One of The Most Prospective Stratigraphic Units in The Northwestjava Basinal Area*. IPA Proceeding, Vol 4th Annual Convention. Jakarta, p. 181-185.
- Asikin, S. (1992). *Diktat Geologi Struktur Indonesia*. Jurusan Teknik Geologi. Institut Teknologi Bandung.
- Bassiouni, Z., 1994. *Theory, Measurement, and Interpretation of Well Logs*, Society of Petroleum Engineers text book series, Louisiana.
- Bateman, Richard M., 1985. *Open-Hole Log Analysis and Formation Evaluation*. International Human Resources Development Corporation. Boston.
- Bear, J. 1972. *Dynamics of Fluids in Porous Media*, American Elsevier, New York.
- Bruce, W. A. 1943. *An Electrical Device for Analyzing Oil-Reservoir Behaviour*. Trans, SPE of AIME. 151 p 112-124.
- Budiyani, S., Priambodo, D., Haksana, B.W. & Sugianto, P., 1991. *Konsep Eksplorasi Untuk Formasi Parigi di Cekungan Jawa Barat Utara*. Makalah IAGI, Vol 20th. Indonesia. hal 45-67.
- Chapman, Richard E., 1976. *Petroleum Geology a Concise Study*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. Netherlands
- Darman, H. & Sidi, F.H., 2000. *An Outline of The Geology of Indonesia*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia. Jakarta
- Dewan, John, T., 1983. *Essentials of Modern Open-Hole Log Interpretation*. Penn Well Books. Tulsa Oklahoma.
- Doveton, H., John., 1986. *Log Analysis of Subsurface Geology 'Concepts and Computer Methods'*. John Wiley and Sons. Inc
- Ellis, D. V. & Singer, J. M. (2008). *Well Logging for Earth Scientist*. 2nd Edition. Springer. Netherlands.

- Gordon, T.L., (1985). *Talang Akar Coals – Arjuna Subbasin Oil Source*. 14th Annual Convention Proceedings (Volume 2), P. 91-120
- Harefa, Ichwan.. 1991. *Tinjauan Geologi dan Prospek Hidrokarbon Cekungan Jawa Barat Utara*. PERTAMINA UEP III. Jakarta.
- Harsono, A. 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Schlumberger Oilfield Services, Edisi ke-8. Jakarta
- Hubbert, M. K. 1956. *Darcy's Law and The Field Equations of The Flow of Underground Fluids*, Trans. SPE of AIME, 207, pp. 222-239 (JPT).
- Karplus, W. J. 1956. *Water Coming Before Breakthrough-An Electronic Analog Treatment*, Trans. SPE of AIME, 207, p 240-245 (JPT).
- Koesoemadinata, R. P.(198). *Geologi Minyak dan Gasbumi*. Edisi kedua, Jilid 2. Penerbit ITB.
- Martodjojo, S.(2003). *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Disertasi Doktor, ITB. Bandung. (tidak diterbitkan).
- Pannekoek, A.J. 1946. *Geomorphologische waarnemingen op het Djampang plateau in West Java*. Genootschap, Vol. LXIII, pt. 3, p. 340 - 367.
- Pulunggono & Martodjojo, S. 1994. *Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*. Percetakan NAFIRI. Yogya.
- Rapoport, L. A. 1955. *Scaling Laws for Use in Design and Operation of Water-Oil Flow Models*, Trans, SPE of AIME, 204, pp. 143-150 (JPT)
- Redford, D. A, 1976. *Laboratory Model Flow Test Systems of In Situ Recovery from Alberta Oil Sands*, 26th Can. Chem, Eng, Conf, Symposium on Tar Sands, Toronto.
- Rider, M. 1996. *The Geological Interpretation of Well Logs*. Caithness. Scotland
- Schilthuis, R. J. 1936. *Active Oil and Reservoir Energy*, Trans, SPE of AIME, 118, pp. 33-52.
- Schlumberger Educational Services. 1989. *Schlumberger Log Interpretation Charts*. USA: Schlumberger Oilfield Service.
- Thomeer. 1948. *Field Geologist*. The Hague Geological Department
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Martinus Nyhoff, The Haque. Netherland.
- Van Bemmelen, R.W. 1970. *The Geology of Indonesia*, Second Edition. Martinus Nyhoff. The Hague. Netherland.
- Warren, J. E. & Root, P. J. 1963. *The Behaviour of Naturally Fractured Reservoirs*, Trans. SPE of AIME, 228, pp. 245-255 (SPEJ).