

ANALISIS PERUBAHAN SIFAT FISIKA BATUAN TERHADAP AWAL TERBENTUKNYA MINYAK BUMI PADA BATUAN RESERVOIR

Ordas Dewanto^{1,*}, Arif Surtiono¹ dan Rendy Fatridal²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jl. S. Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung

*Alamat untuk surat menyurat e-mail: ordas@unila.ac.id

Diterima 28 Agustus 2007, perbaikan 10 Desember 2007, disetujui untuk diterbitkan 27 Desember 2007

ABSTRACT

The change of rocks physical characteristics caused by the natural geology activities will affect the reservoir rocks characteristic. This change behavior has been analyzed in order to predict the early generation oil also the matured oil. The analysis method is to define the reservoir rocks physics parameter in laboratory, such as; overburden, lithology, porosity, rocks heat conductivity, temperature gradient, and heat flow. One of the alternative ways to determine the rocks physical parameter is to calculate the heat capacity in every different depth of well observed. The results showed the early model of oil generation in reservoir rocks, and will be used as the basic information to understand the oil generation process.

Keywords: *reservoir rocks, physics parameters, heat capacity*

1. PENDAHULUAN

Masalah serius yang dihadapi bangsa Indonesia adalah penyediaan energi sepuluh tahun ke depan, diperkirakan migas masih tetap menjadi sumber energi primer yang belum tergantikan, khususnya untuk memenuhi kebutuhan sektor transportasi dan industri. Semakin sulitnya menemukan cadangan-cadangan baru hidrokarbon, maka ilmu pengetahuanpun semakin berkembang dalam mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut. Penelitian terdahulu⁽¹⁾ dan⁽²⁾ yang didukung dengan data-data geologi dihubungkan dengan teknologi geokimia, telah memperoleh suatu hasil yang cukup akurat dan lebih jelas memahami persoalan-persoalan dalam kegiatan eksplorasi. Selanjutnya dalam pelaksanaannya penelitian tersebut banyak didukung oleh hasil riset dari penelitian sebelumnya⁽³⁻⁵⁾, sehingga muncul ide penelitian yang menyiratkan pentingnya untuk memahami hubungan antara sifat termal dan fisika batuan terhadap awal terbentuknya minyak bumi.

Tujuan riset ini adalah: Pertama, menentukan sifat-sifat fisika batuan berpengaruh, yaitu litologi, porositas, konduktivitas panas batuan, konduktivitas panas formasi, konduktivitas panas sumur, gradien temperatur, heat flow, tekanan dan temperatur. Kedua, menghubungkan perubahan sifat-sifat fisika batuan reservoir terhadap awal terbentuknya hidrokarbon (migas). Didasarkan atas kebutuhan tersebut, penelitian ini menyajikan suatu usaha untuk meningkatkan pengukuran akustik atas *conto* inti batuan di laboratorium dalam mendukung perkiraan awal terjadinya minyak bumi serta terbentuknya minyak bumi.

Metode yang dipakai pada prinsipnya melanjutkan metode⁽²⁾, dimana data analisis core yang dihasilkan dari pengukuran dan analisis pada batuan reservoir di laboratorium merupakan informasi yang sangat dibutuhkan untuk mengetahui sifat-sifat fisika batuan yang spesifik, selanjutnya dipakai untuk memprediksi kinerja batuan reservoir tersebut. Kapasitas kalor pada setiap kedalaman dari sumur yang diamati, dihitung berdasarkan pengukuran konduktivitas panas batuan, porositas, temperatur, gradien temperatur, umur, tekanan, litologi dan aliran panas bumi⁽⁶⁾. Dari hasil data pengukuran analisa core tersebut, kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh perubahan sifat-sifat fisika batuan terhadap awal terbentuknya minyak dan gas bumi pada batuan reservoir, sehingga dapat dipakai sebagai landasan teori tentang terapan suatu ilmu pengetahuan dalam skala industri, terutama dalam memprediksi kematangan hidrokarbon dan mengetahui awal terjadinya minyak bumi serta terbentuknya minyak bumi dalam suatu cekungan minyak.

2 METODE PENELITIAN

2.1. Data-Data yang Diperlukan

Data-data yang diperlukan dalam riset ini adalah BHT (Bore Hole Temperature), porositas (ϕ), stratigrafi (litologi), umur batuan, konduktivitas panas batuan, gradien temperatur, heat flow (Q), temperatur, Ro atau *vitrinite reflection* (sebagai pendukung), data log sumur (sebagai pendukung).

2.2. Pengukuran

Batuan yang dianalisa menggunakan batuan berupa *conventional plug pore*, yaitu sampel batuan dari formasi hasil pengeboran secara vertikal. Dalam penelitian ini digunakan litologi batuan *sandstone* (pasir) dan *shale*. Untuk mengukur konduktivitas panas batuan dipergunakan alat yang disebut *three needle device* atau *three needle control box*. Alat pengukur konduktivitas panas batuan *three needle device* adalah peralatan yang dipergunakan³⁾. Alat *three needle device* terdiri dari beberapa blok rangkain yaitu: *Sensor*, *Control BOX*, dan *Recorder*.

2.3. Metode Pengolahan Data

- Pertama, Menentukan litologi pada tiap-tiap formasi dari masing-masing sumur (2 sumur) dan mengetahui umur serta waktu sedimentasi dari litologi tersebut. Kemudian menentukan harga porositasnya, sebagai dasar acuan untuk melakukan pekerjaan pada tahap berikutnya⁷⁾ dan⁸⁾.
- Jumlah Kalor (JK) ditentukan berdasarkan prinsip dasar TTI, diintegrasikan dengan pengertian dasar 'heat flow' yang menunjukkan banyaknya kalori per satuan luas per satuan waktu. Sedangkan gradien temperatur tidak diambil sama, tetapi merupakan fungsi heat flow dan daya hantar panas formasi yang diamati secara keseluruhan. JK menunjukkan tingkat kematangan zat organik, yang diperoleh dari jumlah kumulatif banyaknya kalori persatuan volume.
- Menghitung jumlah panas pada masing-masing lapisan batuan. Jumlah panas dihitung berdasarkan kasus sederhana *Lopatin-Waples* dan perhitungan perubahan *Time Temperature Index* (TTI), yang dimodifikasi dengan memasukan parameter *heat flow*. Sehingga total maturasi pada suatu ruang batuan (sedimen, karbonat, serpih), diubah menjadi suatu rumusan termal, dimana Q adalah harga *heat flow*, Δt adalah waktu sedimentasi yang diperlukan untuk mencapai perbedaan temperature 10°C. $(\Delta Z)_N$ adalah perubahan kedalaman pada setiap kenaikan temperature 10°C. $\Delta Z=10/GT$, dengan $GT=Q(t)/K$ merupakan Gradien Temperatur. N adalah faktor temperatur. N_{min} adalah harga N pada interval temperature terendah. N_{max} adalah harga N pada interval temperature tertinggi. Dengan syarat batas: $N < 0$ untuk $T < 100^\circ\text{C}$, dan $N > 0$ untuk $T > 110^\circ\text{C}$. Interval 100°C - 110°C , digunakan sebagai interval basis, dimana $N = 0$.
- Untuk mengerjakan tahap ini, dilakukan beberapa perhitungan dan pengukuran, yaitu: menghitung konduktivitas panas batuan, menghitung gradien temperatur, menghitung konduktivitas panas formasi, menghitung konduktivitas panas sumur, menentukan heat flow, membuat geo histories dan penentuan maturasi hidrokarbon.

2.4 Analisis Data dan Kesimpulan

Setelah dilakukan tahap-tahap proses pengolahan data dan analisa seperti tersebut di atas, kita analisis pengaruh perubahan sifat-sifat fisika batuan reservoir terhadap tingkat kematangan hidrokarbon. Kemudian menuliskan kesimpulan secara keseluruhan dari hasil riset.

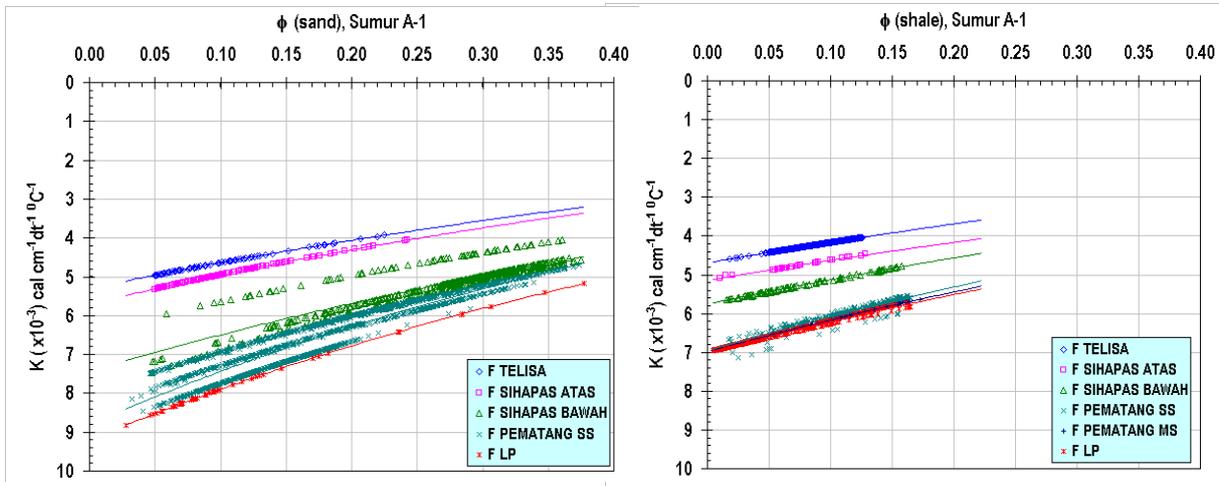
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konduktivitas Panas Batuan

Harga konduktivitas panas batuan yang diperoleh dengan mengukur *core* di laboratorium, mempunyai harga yang hampir sama dengan cara perhitungan konduktivitas panas batuan berdasarkan ϕ . Dari persamaan $K_E=K_F^\phi \times K_F^{1-\phi}$ ⁹⁾, ϕ sangat mempengaruhi konduktivitas panas batuan. Gambar 1 s/d 4, menunjukkan grafik hubungan antara ϕ dan K_E . Grafiknya menunjukkan hubungan yang eksponensial. Terlihat bahwa semakin kecil harga ϕ , K_E semakin besar. Sesuai dengan teori bahwa semakin bertambah kedalaman (Z), harga ϕ menurun secara eksponensial¹⁰⁾.

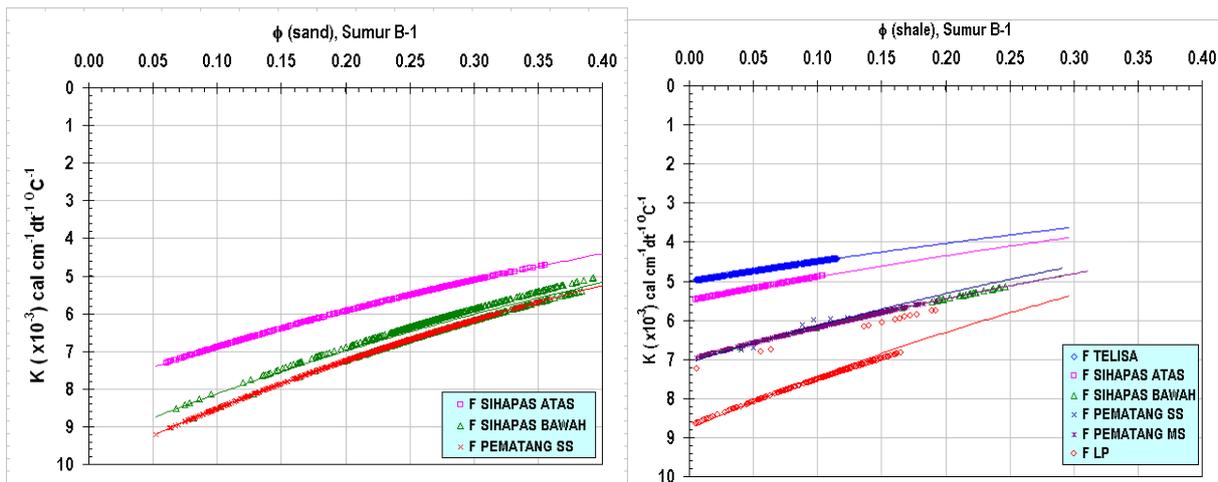
Harga ϕ yang menurun secara eksponensial setiap bertambah kedalamannya disebabkan karena adanya pengaruh tekanan *overburden*, yang mempengaruhi setiap ruang batuan di dalam bumi, sehingga ruang batuan tersebut mempunyai bentuk dan sifat yang berbeda-beda, diantaranya adalah harga ϕ pada batuan tersebut, yang menjadi kecil

setiap bertambah kedalamannya ³⁾. Karena harga ϕ semakin kecil, maka K semakin besar setiap bertambah kedalaman. Perbedaan harga ϕ tersebut juga dipengaruhi oleh temperatur. Kita lihat pada sumur A-1 dan B-1, perubahan harga ϕ dan K, tidak terlalu over untuk setiap bertambah kedalaman. Hal tersebut bukan berarti tekanan tidak mempunyai pengaruh, tetapi di daerah kedua sumur tersebut tidak terjadi *over pressure*.



Gambar 1. Konduktivitas Panas Batuan Sand vs Porositas pada Well-A-1

Gambar 2. Konduktivitas Panas Batuan Shale vs Porositas pada Well-A-1



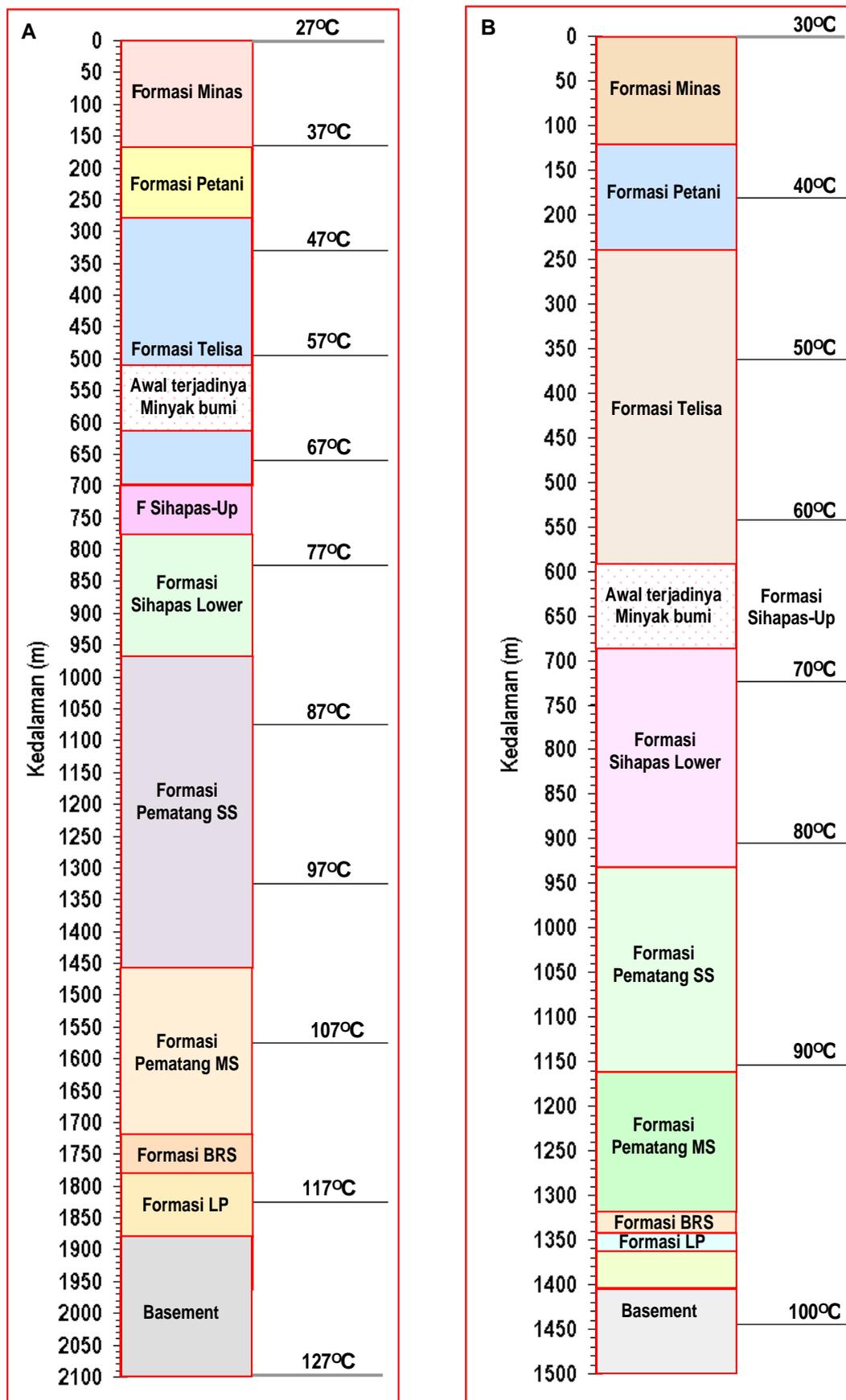
Gambar 3. Konduktivitas Panas Batuan Sand vs Porositas pada Well-B-1

Gambar 4. Konduktivitas Panas Batuan Shale vs Porositas pada Well-B-1

3.2. Awal Terbentuknya Minyak Bumi

Model data log sumur yang menggambarkan daerah awal terbentuknya minyak bumi, ditunjukkan pada Gambar 4.5. Harga kapasitas panas berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas panas batuan pada sumur A-1, adalah 1 s/d 2, yang terjadi pada kedalaman 485-635 meter, dan harga R_o berkisar antara 0.35-0.4. Berdasarkan penelitian tentang hubungan maturasi hidrokarbon dan R_o ¹⁾, maka dapat disimpulkan bahwa pada kedalaman tersebut menunjukkan awal terjadinya minyak bumi (*immature hydrocarbon*). Atau dapat dikatakan bahwa awal maturasi hidrokarbon terjadi pada Formasi Telisa (284-698m) dengan harga kapasitas panas = 1 s/d 2 pada temperatur 60°C-70 °C, ditunjukkan pada Gambar 5 Untuk harga kapasitas panas berdasarkan hasil perhitungan konduktivitas panas batuan pada sumur A-1, adalah 1 s/d 2, terjadi pada kedalaman 502-629 meter, dan harga R_o berkisar antara 0.35-0.4.

Sedangkan pada sumur B-1 harga kapasitas panas berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas panas batuan adalah 1 s/d 2 juga, yang terjadi pada kedalaman 580-695 meter, dan harga R_o berkisar antara 0.34-0.4. Dapat disimpulkan bahwa pada kedalaman tersebut menunjukkan awal terjadinya minyak bumi (*immature hydrocarbon*). Atau dapat dikatakan bahwa awal maturasi hidrokarbon terjadi pada Formasi Telisa (240-605m) dan Formasi Sihapas-Atas (605-685m), dengan harga temperatur 50°C-70°C, ditunjukkan pada gambar 4.6. Sedangkan untuk harga kapasitas panas



Gambar 5. Model Log Sumur A-1 (A) dan Sumur B-1 (B) untuk awal terjadinya minyak bumi berdasarkan hasil pengukuran K_B

berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas panas batuan pada sumur B-1, nilainya sama dengan hasil perhitungan. Harga kapasitas panas 1 s/d 2, terjadi pada kedalaman 580-680 meter, dan harga R_o berkisar 0.34-0.4.

Karena sumur B-1 lebih dangkal daripada sumur A-1, sedangkan harga *heat flow* sumur B-1 lebih kecil daripada sumur A-1, maka harga kapasitas panas sumur B-1 lebih rendah daripada sumur A-1, untuk kedalaman yang sama. Artinya bahwa jumlah panas yang terbentuk di sumur B-1, lebih kecil dibandingkan sumur A-1, untuk kedalaman yang sama. Keadaan tersebut menyebabkan perbedaan tingkat kematangan minyak bumi kedua sumur itu, yaitu sebagai berikut: Awal terbentuknya minyak bumi (*immature*) sumur A-1 terbentuk pada kedalaman yang lebih dangkal dibandingkan sumur B-1. Permulaan *immature* sumur A-1 terjadi pada temperatur yang sedikit rendah dibandingkan sumur B-1.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan: (1) Perkiraan awal kematangan minyak bumi menggunakan harga kapasitas panas dari hasil pengukuran K_b , mempunyai nilai yang sama dengan hasil perhitungan K_b ; (2) Awal terbentuknya minyak bumi (*immature*), dengan indikator geokimia $R_o=0.34-0.44$, ditunjukkan oleh harga kapasitas panas 1 s/d 2 dan temperatur 60-70 °C; (3) Perubahan parameter sifat-sifat fisika batuan reservoir sangat mempengaruhi awal terbentuknya minyak bumi dalam sumur minyak diantaranya: (a) Tekanan, kedalaman dan litologi mempengaruhi nilai porositas batuan; (b) Porositas mempengaruhi nilai konduktivitas panas batuan.; (c) Konduktivitas panas batuan mempengaruhi nilai gradien temperatur dan temperature; (d) Gradien temperatur dan konduktivitas panas batuan mempengaruhi *heat flow*; (4) Dari nomor 3, dapat disimpulkan bahwa awal terjadinya minyak bumi pada batuan reservoir dalam sumur minyak, sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter fisika batuan, yaitu: tekanan overburden, litologi, porositas, konduktivitas panas batuan, gradien temperatur, temperatur dan *heat flow*.

4.2. Saran

Dalam proses pengembangan dan penyempurnaan penelitian tersebut, perlu dihubungkan beberapa perubahan parameter sifat kimia, selanjutnya dikorelasi dengan teknologi termal, seismik dan petrofisika, serta didukung oleh data geologi, sehingga dapat diperkirakan tingkat kematangan hidrokarbon di daerah luar sumur dan diantara kedua sumur atau di antara beberapa sumur. Pada akhirnya tujuan dari eksplorasi hidrokarbon akan lebih akurat dan kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada: (1) Dr. Sandjojo Subono dan Siswoyo serta Mas Sriwijaya (Lemigas Jakarta), yang telah banyak membimbing dalam menyelesaikan riset ini; (2) Lemigas Jakarta dan Kondur Petroleum, yang telah mengizinkan kami mendapatkan beberapa literatur yang berhubungan dengan riset ini saat saya menjadi mahasiswa S2 di Universitas Indonesia; (3) Ginjar (Chevron Jakarta), Fakhriyadi Saptono (Lemigas) dan Moh Dahyar (Geofisika Universitas Indonesia), yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan riset ini, terutama dalam pengolahan data; (4) Dikti Jakarta yang telah membantu dana dalam melakukan riset penelitian dasar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Siswoyo dan Subono, S. 1995. Heat Flow, Hydrocarbon Maturity and Migration in Northwest Java. *CCOP Technical Bulletin*, March 1995, Vol. 25, p. 23-36.
2. Dewanto, O. 2006. Analisis Pengaruh Perubahan Sifat Fisika Batuan terhadap Tingkat Maturasi Hidrokarbon pada Batuan Reservoir. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 12 (2): 113 -120.
3. Dewanto, O., 2002. Analisa Hubungan Porositas Terhadap Konduktivitas Panas Batuan Hasil Pengukuran dan Perhitungan pada Sumur Minyak. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 8 No. 2, Tahun 2002 hal. 27-41.
4. Dewanto, O., 2002. Analisis Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang Akustik dengan Porositas pada Batuan Reservoir. *Jurnal Sains dan Teknologi Unila ISSN 0853-733X Vol. 8 No. 3, Tahun 2002*.
5. Ardiansyah, S., dan Dewanto, O., 2004. Analisis Pengaruh Sifat Resistivitas Batuan terhadap Parameter Reservoir Migas Batupasir Serpihan. *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil-Hasil Penelitian dengan Tema Aplikasi dan Pengembangan Ipteks Menyongsong Era Globalisasi, Universitas Lampung. Edisi I, September 2004, ISBN 979-8287-65-7*.

6. Tamrin, M., Prayitno and Siswoyo, 1981. Heat flow measurement in the Tertiary basin of Northwest Java, Indonesia. *Proc. 18th CCOP Annual Session*, Seoul, Republic of Korea.
7. Amdel, 1998. *Geological Time Scale Chart*. The Australian Mineral Development Laboratories.
8. Harsono, A., 1993. *Pengantar Evaluasi Log*. Schlumberger Data Services, Mulia Center L.17, Kuningan, Jakarta, p.19-21.
9. Nakayama, K., 1987. Hydrocarbon-Expulsion Model and Its Application to Nigata Area Japan. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v.71, No.7 (July 1987), p. 810-812, 2 Figs.
10. Nakayama, K., and Lerche, I., 1987. Basin Analysis by Model Simulation: Effect of Geologic Parameters on 1D and 2D Fluid Flow Systems with Applications to an Oil Field. *Gulf Coast Assoc. Geol. Soc Trans*, v.37, p.175-184.