

# Potensi Batuan Induk Batu Serpih dan Batu Lempung di Daerah Watukumpul Pemalang Jawa Tengah

## *The Source Rock Potention of Shale And Claystone of Watukumpul Area Pemalang Central Java*

Sachrul Iswahyudi, Asmoro Widagdo

*Prodi Teknik Geologi Unsoed*

*Abstract— Shale and claystone of Watukumpul Area have capability to become the source rock of hydrocarbon because of the ability to conserve the organic material better. Potential of the rock become source rock is depend on its maturity and total organic carbon.*

*This research test eight example of rock to analysis their total organic carbon (TOC) and rock eval pyrolysis. Only one sample is claystone, while the seven others are shales. The analyses provide data of total organic carbon, hydrogen index, and vitrinite reflectances which was used to interpret source rock potential of research area.*

*Through this research is known that the organic material content of shale and claystone of research area own the fair level of total organic carbon. Organic material is included Kerogen Type III with the origin of land organism or plant. These kerogens of research area prefer to produce gas or gas prone.*

*Organic material or kerogens have reached the matured phase to generate hydrocarbon (mature level). Special follow the rock sample came from Location 8 which have over mature level. Its high maturity is suspect have relationship with the intrusion of diorite igneous rock in this research area. Further research is needed to investigate the relationship between diorite intrusion and organic material in this research area.*

### PENDAHULUAN

Saat ini, eksplorasi hidrokarbon selain ditekankan pada batuan reservoir dan perangkap (trap), juga diarahkan pada batuan induk (source rock). Material organik yang terdapat pada batuan induk merupakan penyuplai hidrokarbon yang terdapat pada batuan reservoir. Setelah proses pematangan (maturation), material organik pada batuan induk akan berubah menjadi hidrokarbon dan selanjutnya bermigrasi ke batuan reservoir. Dengan demikian, evaluasi batuan induk menjadi penting dilakukan. Evaluasi batuan induk akan memberikan informasi: potensi batuan induk untuk menghasilkan hidrokarbon, jenis hidrokarbon yang dihasilkan dan kondisi cekungan hidrokarbon.

Dari informasi awal yang telah didapatkan, daerah penelitian memiliki singkapan batuan dengan ciri Batuan Induk. Singkapan batuan tersebut berupa batuserpih (shale) dan batulempung (claystone) dan dapat berpotensi berfungsi sebagai batuan induk. Batuan tersebut memiliki kemampuan mengawetkan material organik dengan baik. Karena proses pematangan material organik yang melibatkan suhu dan tekanan, material organik yang ada pada batuan tersebut dapat berubah menjadi hidrokarbon.

Batuserpih dan batulempung yang tersingkap di daerah Watukumpul, Pemalang, Jawa Tengah berpotensi sebagai batuan induk bagi keberadaan hidrokarbon di sekitar daerah penelitian. Informasi mengenai kandungan dan tingkat kematangan material organik belum diketahui. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi batuan induk daerah penelitian

untuk mengetahui kandungan dan tingkat kematangan material organik dalam menghasilkan hidrokarbon.

### LANDASAN TEORI

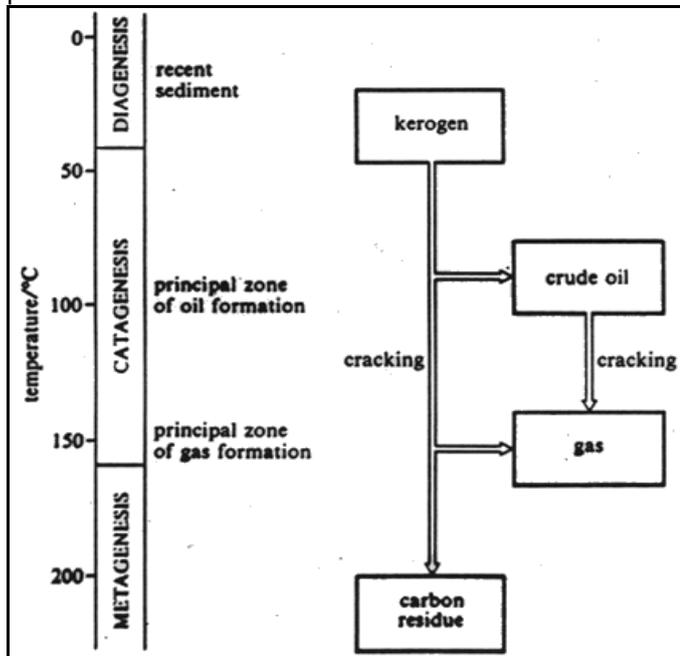
Analisis batuan induk pembentuk hidrokarbon (source rock) memerlukan data kandungan material organik atau total organic carbon (%TOC) dan tingkat kematangannya yang dapat dinyatakan dengan besaran pemantulan vitrinit (%Ro) dan data pirolisis (S1, S2, S3, dan HI) tertentu. Dari penelitian terhadap contoh batuan pada daerah penghasil dan bukan penghasil minyak disimpulkan bahwa batuan induk dengan kandungan total karbon material organik kurang dari 0,5% tidak cukup untuk menghasilkan hidrokarbon (Ronov, 1958 dalam Bordenave, M.L., 1993). Kriteria TOC lain terkait dengan pembentukan hidrokarbon ditunjukkan pada Tabel 1.

Selain kandungan material organik yang terdapat pada batuan induk, penting juga diketahui tingkat kematangannya.

TABEL 1 KRITERIA KANDUNGAN ORGANIK TOTAL DALAM BATUAN (PETERS, K.E., CASSA M.R., 1994, DENGAN MODIFIKASI)

TOC (%)	Petroleum Potential
0 - 0.5	Poor
0.5 - 1.0	Fair
1.0 - 2.0	Good
2.0 - 4.0	Very good
> 4.0	Excellent

Sisa-sisa organisme yang terkubur dalam batuan sedimen akan mengalami proses-proses diagenesis, katagenesis dan metagenesis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan pembentukan hidrokarbon (Waples, 1985).

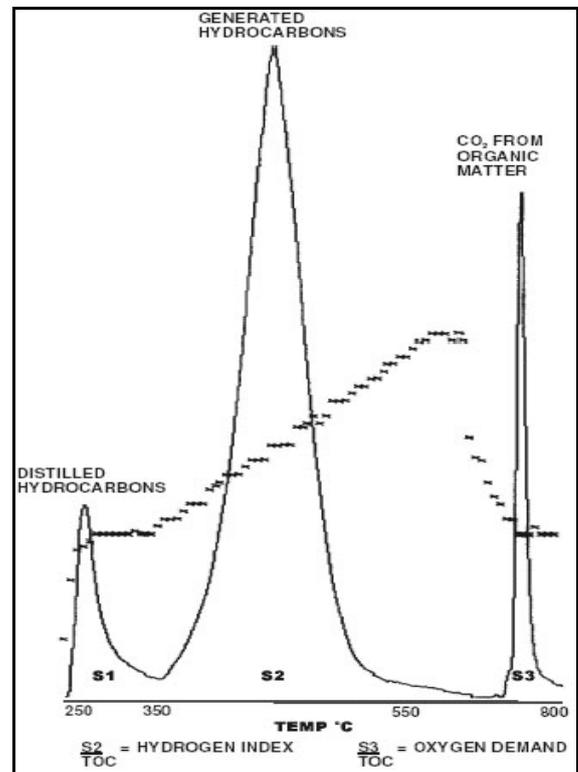
Katagenesis merupakan tahap terpenting dalam proses pembentukan hidrokarbon. Pada tahapan ini terjadi peristiwa-peristiwa mulai terbentuknya hidrokarbon dari material organik, keluarnya hidrokarbon dan mulai terbentuk atau keluarnya gas dari batuan sumber. Material organik terus mengalami pemanasan dan tekanan yang mengubah molekul-molekulnya menjadi lebih sederhana. Material hasil ubahan tersebut salah satunya dikenal sebagai kerogen yang menentukan jenis hidrokarbon yang akan dihasilkan, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

TABEL 2 KARAKTER BEBERAPA TIPE UTAMA KEROGEN (OPEN UNIVERSITY, 2009, DENGAN MODIFIKASI).

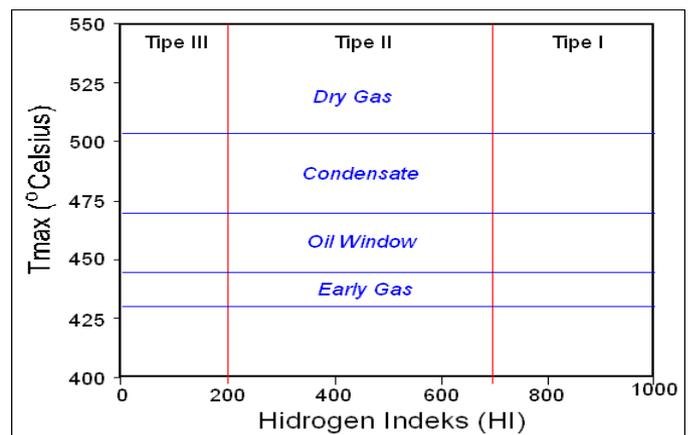
Tipe Kerogen	Asal material organik	Hidrokarbon yang dihasilkan
Tipe 1	Alga dari lingkungan lakustrin dan/atau lagoon	Minyak ringan kualitas terbaik dan gas alam
Tipe 2	Campuran antara tumbuhan dan organisme asal laut	Penghasil utama minyak mentah dan gas alam
Tipe 3	Tumbuhan darat pada batuan sedimen	Dominan gas alam dengan kandungan sedikit minyak
Tipe 4	Tumbuhan yang telah teroksidasi	Tidak berpotensi menghasilkan hidrokarbon

Kematangan material organik dapat dinyatakan dalam besaran pemantulan vitrinite (%Ro). Material organik dengan %Ro antara 0.5 - 1.35 berpotensi menghasilkan

minyak bumi. Sedangkan %Ro antara 1.35 - 2.0 berpotensi menghasilkan gas (Waples, 1985). Selain besaran %Ro, tingkat kematangan material organik dalam batuan induk juga dapat diukur melalui data pirolisis, yang menghasilkan data S1, S2, S2, Hidrogen Index dan Tmax. Secara umum data tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Data analisis batuan induk dengan pirolisis



Gambar 3 Hubungan antara Tmax dan Hidrogen Indeks (Paktinat, dan rekan, 2008, dengan modifikasi).

Data yang tercatat selama analisis dengan metode pirolisis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 adalah sebagai berikut (Bordenave, M.L., 1993, halaman 237).

1) S1 atau hidrokarbon bebas (free hydrocarbons) merupakan minyak dan gas yang hilang dari material organik pada contoh batuan saat dipanasi sampai dengan suhu sekitar 300 derajat Celcius. Puncak S1 ini dinyatakan dengan mg HC / g contoh batuan.

2) S2 merupakan hidrokarbon dan gas yang lepas dari material organik setelah terpanaskan sampai suhu 600 derajat Celcius. Hidrokarbon yang dihasilkan merupakan hasil dari cracking kerogen dan fraksi berat lain, seperti resin dan aspal. Puncak S2 ini merefleksikan potensi hidrokarbon yang dihasilkan saat ini.

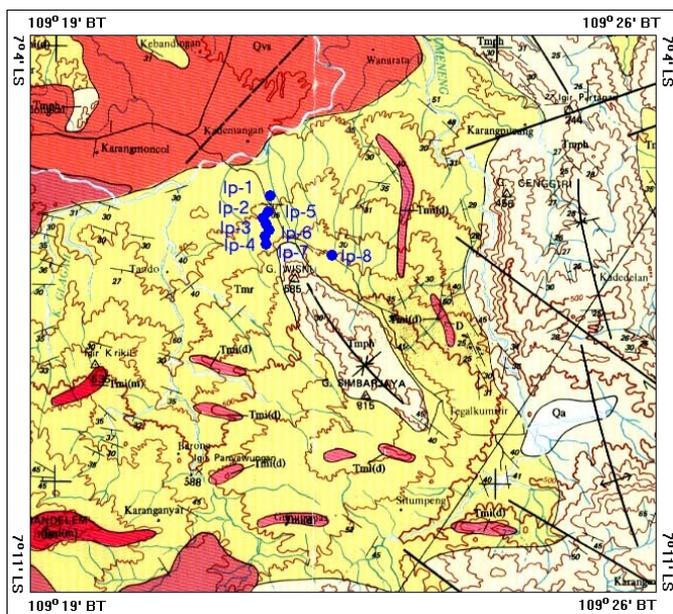
3) S3 merupakan hasil dari dekomposisi contoh material organik pada batuan induk setelah terpanasi lebih dari 600 derajat Celcius yang menghasilkan gas CO2. S3 dinyatakan dalam satuan mg CO2 / g contoh batuan.

4) Tmax merupakan suhu maksimum saat S2 tercapai.

Selain itu terdapat parameter turunan dari ke-4 parameter di atas, yang dapat langsung digunakan dalam mengindikasikan potensi material organik dalam batuan induk dalam menghasilkan hidrokarbon, yaitu hidrogen Index (HI) yang merupakan persentase S2 dibandingkan TOC.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei lokasi penelitian dilakukan pada tanggal 18 November 2009. Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Watukumpul, Kabupaten Pemalang, Jawa Tengah. Pengamatan dan pengambilan contoh batuan untuk analisis laboratorium dilakukan di sepanjang dinding Sungai Slatri yang membelah satuan batuan Batuserpih dan Batulempung.



Gambar 4 Peta Geologi daerah penelitian dan lokasi pengamatan (Djuri, H.M., Amin, T.C. dan Gafoer, S., 1996, dengan modifikasi).

Terdapat 8 lokasi pengamatan, masing-masing lokasi dilakukan pengambilan contoh batuan untuk analisis laboratorium kecuali Lokasi 5. Lokasi 1-7 terletak di sepanjang aliran Sungai Slatri. Sedangkan Lokasi 8 terletak sekitar beberapa meter ke arah selatan dari Lokasi 1, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Pemerian tiap lokasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3 PEMERIAN TIAP LOKASI PENGAMATAN

Lp	Litologi	Diskripsi Singkat Litologi	Analisis Laboratorium		
			TOC	Py	%Ro
1	Batulempung	Med gy, hd - v hd, mas	x	X	x
2	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	x	X	x
3	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	x	X	x
4	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	x	X	x
5	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	x	X	x
6	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	-	-	-
7	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	x	X	x
8	Batuserpih	Med dk gy, sft - med hd, fis, blkly	x	X	x
9	Batuserpih	Dk gy, sft - med hd, fis, blkly, v frac	x	X	x

Keterangan:

Lp: Lokasi pengamatan; Med: medium; dk: dark; gy: gray; hd: hard; v: very; mas: massive; sft: soft; fis: fissile; blkly: blocky; frac: fracture; TOC: total organic carbon; Py: rock eval pyrolysis; %Ro: vitrinite reflectance value.

Contoh batuan untuk analisis laboratorium merupakan batuserpih dengan ciri litologi: warna abu-abu hitam sedang (med dk gy), tingkat kekerasan lunak sampai setengah keras (sft - med hd), memiliki tekstur blocky dan slately. Khusus untuk Lokasi 1, selain batuserpih, juga dilakukan pengambilan contoh dan analisis laboratorium untuk batulempung dengan ciri fisik: warna setengah abu-abu (med gy), dengan tingkat kekerasan keras sampai sangat keras (hd - v hd), memiliki tekstur masif.

#### A. Potensi Batuan Induk untuk Menghasilkan Hidrokarbon

##### 1) Data Kandungan Total Karbon Organik (TOC)

Contoh batuserpih (shale, sh) pada Lokasi 1 sampai 8 memiliki ciri fisik yang sama, kecuali pada Lokasi 8 yang memiliki contoh litologi berwarna lebih gelap, seperti terlihat pada Tabel 3 di atas. Batuan sedimen ini memiliki kandungan total karbon organik bervariasi antara 0,46% yang terendah (Lokasi 2) sampai 0,99% yang tertinggi (Lokasi 3). Selain Batuserpih juga dianalisis batulempung (claystone, clyst) pada Lokasi 1 yang memiliki kandungan total karbon organik paling kecil, yaitu 0,18%.

Dari data tersebut di atas, menunjukkan bahwa batuserpih memiliki tingkatan cukup (fair, lihat Tabel 1) untuk dapat berfungsi sebagai batuan induk (source rock) penghasil hidrokarbon. Sedangkan batulempung buruk untuk dapat berfungsi sebagai batuan induk penghasil hidrokarbon.

## 2) Data Pirolisis

Dari data pirolisis didapatkan nilai hydrogen index antara 0 (terendah, contoh Lokasi 2 dan 8) sampai 237 (tertinggi, contoh Lokasi 8). Hal ini mengindikasikan batuan induk cenderung menghasilkan gas. Tipe kerogen dari material organik yang ada pada batuan induk tergolong Kerogen Jenis ketiga. Kerogen jenis ini cenderung menghasilkan gas sampai tanpa potensi untuk menghasilkan hidrokarbon, dengan organisme asal dari jenis tumbuhan darat. Data TOC dan pirolisis dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4 DATA ROCK-EVAL PYROLYSIS DAN TOC.

Sample ID	Lithology	TOC (wt.%)	mg/gm rock			Tmax (°C)	Hydrogen Index
			S1	S2	S3		
LP 1	Sh	0.84	0.03	0	0.3	***	0
LP 1	Clyst	0.18	0.41	0.42	0.02	455	237
LP 2	Sh	0.46	0.08	0	0.24	***	0
LP 3	Sh	0.99	0.05	0.05	0.02	455	5
LP 4	Sh	0.8	0.23	0.44	0.01	455	55
LP 6	Sh	0.49	0.34	0.71	0.01	449	145
LP 7	Sh	0.58	0.15	0.19	0.02	450	33
LP 8	Sh	0.78	0.05	0	0	***	0

S1 = Free Hydrocarbons

S3 = Organic CO<sub>2</sub>

S2 = Pyrolysable Hydrocarbons

Tmax = Temperature of Maximum

\* Pyrolysis by Rock Eval II; TOC content by Leco Analyzer

Hydrogen Index = (S2/TOC) x 100

## B. Tingkat Kematangan Material Organik pada Batuan Induk (Maturation).

### 1) Data Pemantulan Vitrinit (Vitrinit Reflectance atau %Ro).

Material organik vitrinit yang terdapat pada batuserpih dan batulempung pada Lokasi 1-8 memiliki nilai pemantulan vitrinit (%Ro) antara 2.37 (tertinggi, pada Lokasi 8) sampai 0.55 (terendah, pada Lokasi 4).

Kecuali contoh litologi pada Lokasi 8, hal tersebut mengindikasikan batuan induk telah matang (mature) dan material organik yang ada pada batuan telah menghasilkan hidrokarbon.

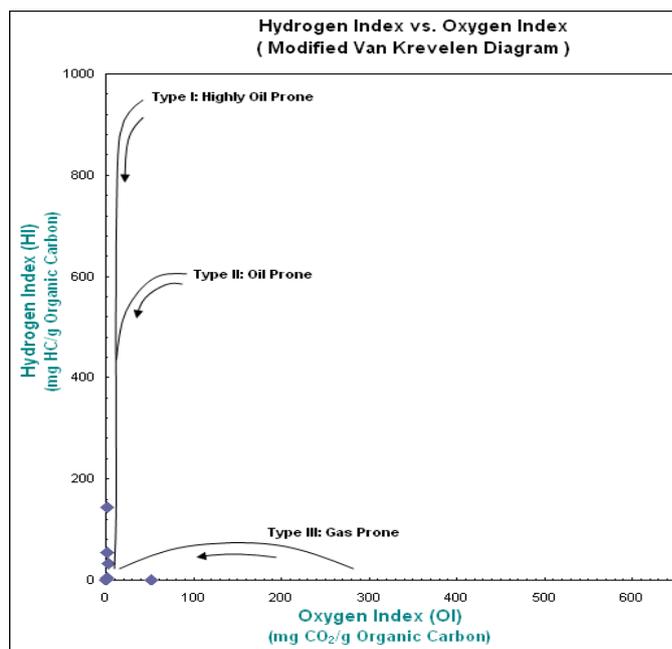
TABEL 5 DATA NILAI PEMANTULAN VITRINIT (%Ro)

Sample ID	Plug Type	Mean Ro (%)	No. of Readings	Minimum Reflectance (%)	Maximum Reflectance (%)	SD	
Clay stone	LP-1	WR	0.68	23	0.57	0.83	0.072
Shale	LP-2	WR	0.61	20	0.45	0.76	0.089
Shale	LP-3	WR	0.56	24	0.44	0.73	0.078
Shale	LP-4	WR	0.55	12	0.45	0.69	0.075
Shale	LP-1	WR	0.61	16	0.53	0.78	0.058
Shale	LP-6	WR	0.65	18	0.56	0.79	0.069
Shale	LP-7	WR	1.23	27	0.95	1.53	0.165
Shale	LP-8	WR	2.37	13	2.13	2.57	0.157

WR : Whole Rock

SD = Standard Deviation

Khusus contoh litologi Lokasi 8, nilai %Ro adalah 2,37 yang mengindikasikan material organik pada batuan induk telah lewat matang (post mature). Diinterpretasikan, hidrokarbon yang dihasilkan dari material organik pada batuan induk tersebut telah lepas seluruhnya, dan batuan induk tidak berpotensi menghasilkan hidrokarbon. Diperlukan penelitian lebih lanjut akan adanya pengaruh intrusi (magma) diorit yang mempercepat pematangan batuan induk sehingga memberikan nilai %Ro yang cukup tinggi, yaitu 2,37, mengingat Lokasi 8 cukup dekat dengan tersingkapnya batuan beku diorit.



Gambar 5 Plot data pirolisis contoh litologi daerah penelitian.

## 2) Data Pirolisis

Data rock eval pirolisis dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kematangan batuan induk, selain juga untuk mengetahui potensi batuan induk dalam menghasilkan hidrokarbon dan jenis kerogen atau organisme asal pembentuk kerogen tersebut. Data pirolisis yang digunakan untuk mengindikasikan tingkat kematangan adalah Tmax.

Dari data pirolisis seperti tercantum pada Tabel 4 terlihat bahwa nilai Tmax berkisar antara 449°C (terendah, pada Lokasi 6) dan 455°C (tertinggi, pada Lokasi 1, 3, 4). Hal ini mengindikasikan batuan induk telah menghasilkan hidrokarbon (oil window). Nilai Tmax pada contoh dari Lokasi 8 tidak terbaca kemungkinan karena tingkat kematangannya yang cukup tinggi (%Ro=2.37) sehingga nilai Tmax juga tinggi di atas kemampuan alat dapat membaca dan merekamnya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

- 1) Batuserpih dan batulempung daerah penelitian memiliki kandungan material organik yang cukup (fair) untuk dapat menjadi batuan sumber yang baik bagi pembentukan hidrokarbon.
- 2) Tingkat kematangan material organik yang ada pada batuserpih dan batulempung telah mencapai tahapan matang (mature) sehingga hidrokarbon telah dihasilkan dari material organik tersebut. Pada tempat tertentu bahkan tingkat kematangan material organik tersebut telah mencapai tahapan lewat matang (over mature). Hal ini diduga ada kaitannya dengan beberapa intrusi diorit yang banyak ditemukan di sekitar daerah penelitian.
- 3) Kerogen yang berasal dari material organik pada kedua batuan tersebut tergolong Kerogen Tipe III, dengan material asal dari organisme tumbuhan darat dan lebih cenderung menghasilkan gas.

### C. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh intrusi diorit yang tersebar di sekitar daerah penelitian terhadap proses kematangan (maturation) material organik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, hingga kami dapat menyelesaikan penelitian kami tentang "Potensi Batuan Induk Batuserpih dan Batulempung Daerah Watukumpul Untuk Menghasilkan Hidrokarbon".

Terselesainya penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu kami menyampaikan ungkapan terimakasih kepada :

- 1) Dekan Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- 2) Ketua Jurusan Teknik, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- 3) Ketua Program Studi (Prodi) Teknik Geologi, Jurusan Teknik, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

## DAFTAR PUSTAKA

- Bordenave, M.L., 1993, Applied Petroleum Geochemistry, Editions Technip, Paris, ISBN 2-7108-0629-0.
- Chilingar, G.V., Buryakovskiy, L.A., Eremenko, N.A., dan Gorfunkel, M.V., 2005, Geochemistry of Oil and Gas, Elsevier B.V., Radarweg 29, Amsterdam, The Netherlands.
- Djuri, H.M., Amin, T.C. dan Gafoer, S., 1996, Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Purwokerto dan Tegal, Skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Open University Website, Petroleum Charge, 2009, <http://openlearn.open.ac.uk>
- Waples, D.W., 1985, Geochemistry in Petroleum Exploration, International Human Resources Development Corp., Boston.
- Paktinat, J; Pinkhouse, J; Fontaine, J; Lash G; Penny G; 2008; Investigation of Methods to Improve Utica Shale Hydraulic Fracturing in the Appalachian Basin (Aapted from extended abstract presented at AAPG Convention, San Antonio, TX, April 20-23, 2008).
- Peters, K.E., Cassa M.R., 1994, Applied Source Rock Geochemistry, AAPG Memoir 60: The Petroleum System - from Source to Trap.