



Karakteristik dan Potensi Batuan Sumber Hidrokarbon dari Conto Permukaan di Daerah Pemalang, Jawa Tengah

Praptisih^{1,2}, Yoga Andriana Sendjaja¹, Vijaya Isnaniawardhani¹, dan Anggoro Tri Mursito²

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran - Indonesia
Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Jatinangor, Jawa Barat - Indonesia
²Pusat Riset Geoteknologi, OR IPK, BRIN Komplek LIPI Gedung 80
Jl. Sangkuriang, Bandung - Indonesia

Artikel Info:

Naskah Diterima:
2 Februari 2021
Diterima setelah perbaikan:
9 April 2021
Disetujui terbit:
30 April 2021

Kata Kunci:

batulempung
batuan sumber
hidrokarbon
TOC
Pemalang

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan pada singkapan batulempung di daerah Pemalang, Jawa Tengah bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan potensi batuan sumber hidrokarbon. Metode yang digunakan adalah penelitian di lapangan dan laboratorium. Penelitian di lapangan meliputi pengamatan litologi dan pengambilan conto batulempung. Analisa di laboratorium terdiri dari analisa TOC dan pirolisis *Rock Eval*. Hasil analisa TOC terhadap terhadap 11 conto batulempung menunjukkan nilai TOC sebesar 0,59-1,86 %. Tmaks 410-502°C menunjukkan tingkat kematangan belum matang hingga paska matang. Nilai HI berkisar antara 1-115 mgHC/TOC. Potensi hidrokarbon di daerah penelitian menunjukkan kategori material organik rendah dengan kerogen yang termasuk type III. Kualitas batuan sumber berdasarkan nilai HI termasuk dalam kategori gas *prone*.

© LPMGB - 2021

PENDAHULUAN

Keberadaan minyak dan gas bumi di alam yang dapat dieksploitasi secara geologi berada dalam suatu sistem yang disebut sistem perminyakan (*Petroleum system*), yaitu suatu sistem yang terdiri dari ruang yang mengandung batuan induk (*source rock*), lapisan pembawa fluida (*carrier beds*), reservoir, dan lapisan penutup (Einsele, 2000).

Source rock atau batuan induk didefinisikan sebagai endapan berbutir halus yang dalam

Korespondensi:

E-mail: praptie3103@yahoo.com (Praptisih)

kedudukannya di alam telah, sedang serta akan menghasilkan dan juga melepaskan hidrokarbonnya sehingga terakumulasi dalam reservoir berbentuk gas atau minyak bumi (Einsele, 2000).

Cekungan Serayu Utara (*North Serayu Basin*) yang secara regional merupakan lanjutan dari Cekungan Bogor di Jawa Barat dan Zona Kendeng di Jawa Timur. Jalur ini membentang di Pulau Jawa disebut *Bogor-North Serayu Kendeng Anticlinorium*, (Van Bemmelen, 1949, atau *Bogor-North Serayu-Kendeng Deep Water Zone*. Rembesan minyak dijumpai di cekungan Serayu Utara yaitu di Karangkoar, Bawang, Subah, Klantung, Sojomerto,

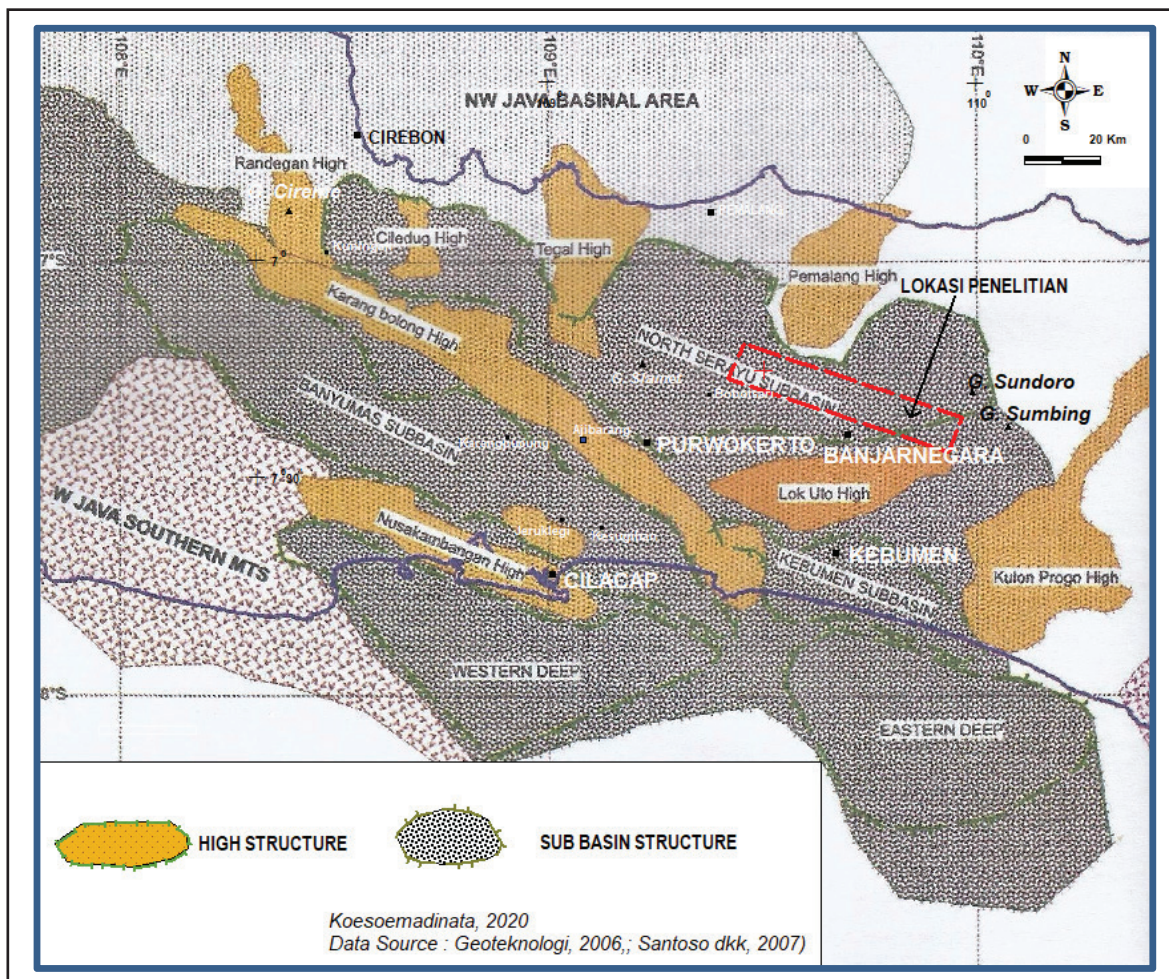
Kaliwaru dan sebelah barat Gunung Ungaran. Dengan didapatkannya rembesan minyak di daerah tersebut membuktikan daerah tersebut dijumpai batuan induk efektif (*effectif source rock*).

Berdasarkan hasil kajian peneliti sebelumnya dan hasil kajian penelitian puslit Geoteknologi di daerah Banyumas dan Banjarnegara (Praptisih, dkk., 2004), memberi indikasi adanya rembesan minyak di beberapa daerah pada batuan-batuan berumur Miosen atau yang lebih muda. Dari kajian tersebut timbul suatu pertanyaan dari mana sesungguhnya rembesan minyak tersebut berasal?. Penelitian karakteristik dan potensi batuan sumber hidrokarbon di cekungan Bogor telah dilakukan oleh peneliti terdahulu antara lain Praptisih, 2018, Praptisih & Kamtono, 2016, Praptisih & Kamtono, 2014. Sedangkan di Jawa Tengah juga dilakukan penelitian karakteristik batuan induk hidrokarbon serta hubungannya dengan rembesan minyak (Praptisih, 2016, Praptisih 2017). Dalam studi ini dilakukan pengamatan dan pengambilan contoh batuan yang

berkarakter sebagai batuan sumber hidrokarbon pada Formasi Rambatan yang tersingkap di daerah Pemalang, Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan potensi batuan Formasi Rambatan yang diduga merupakan batuan sumber hidrokarbon berdasarkan data permukaan.

A. Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada di Sub Cekungan Serayu Utara yang berada di Cekungan Bogor bagian Timur (Koesoemadinata, 2020). Cekungan Bogor bagian Timur terdiri dari Sub Cekungan Serayu Utara, Sub Cekungan Bobot Sari, Sub Cekungan Banyumas dan Sub Cekungan Banyumas dan Sub Cekungan Kebumen (Gambar 1). Stratigrafi regional sub Cekungan Serayu Utara di daerah penelitian secara umum disusun oleh batuan yang berumur Tersier - Holosen. Djuri dkk., 1999 membagi urutan stratigrafi dari tua ke muda yaitu Formasi Rambatan, Formasi Halang, Formasi Kumbang, Formasi Tapak, Batuan Vulkanik dan Alluvial (Gambar 2).



Gambar 1
Sub cekungan Bogor bagian Timur (Koesoemadinata, 2020).

Karakteristik dan Potensi Batuan Sumber Hidrokarbon
dari Contoh Permukaan di Daerah Pemalang, Jawa Tengah (Praptisih, dkk.)

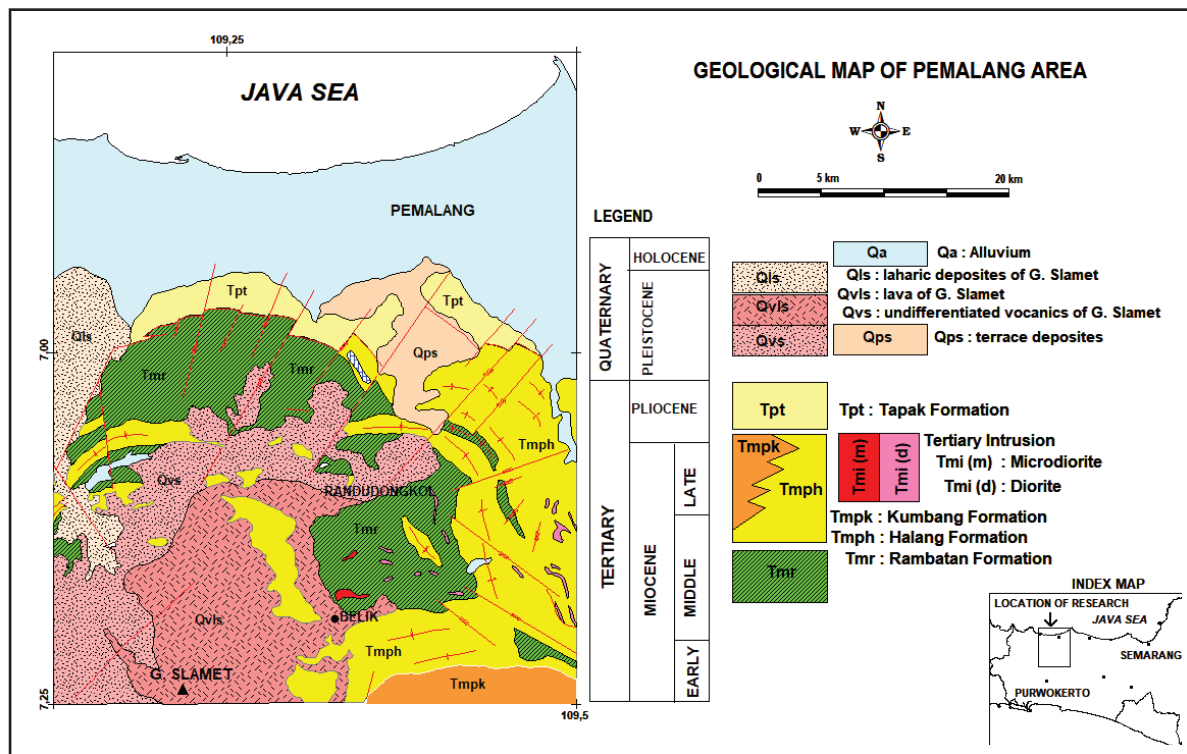
Formasi Rambatan terdiri dari serpih, napal, batupasir gampingan, mengandung foraminifera kecil, sedangkan Anggota Sigugur terdiri batugamping terumbu yang mengandung foraminifera besar *Eulepidina*, *Miogyopsina* dan *Spiroclypeus* yang menunjukkan umur Miosen Awal - Miosen Tengah.

Formasi Halang terdiri dari perselingan tuf dengan napal, dengan sisipan breksi dengan komposisi basaltis. Bagian bawah satuan ini disusun oleh breksi dengan sisipan batupasir dan napal, ke arah bagian atas sisipan batupasir, perselingan napal - batulempung semakin banyak. Struktur sedimen yang berkembang berupa struktur lengseran (*slump*). Banyaknya struktur *slump* yang cukup besar mengindikasikan bahwa formasi ini diendapkan dalam cekungan yang dibatasi oleh pinggirannya yang curam, dimana batas-batas tersebut merupakan sesar-sesar normal atau sesar tumbuh. Pada bagian bawah breksi kadang nampak batas erosi yang jelas yang diinterpretasikan sebagai endapan channel pada kipas bawah laut (*sub marin fan*). Formasi Kumbang mempunyai kedudukan jari jemari dengan bagian atas Formasi Halang dan terdiri dari breksi dengan komponen andesit, basalt dan batugamping, dengan masa dasar batupasir tufa kasar, sisipan batupasir dan lava basal. Berdasarkan kandungan foraminifera yang berada pada lapisan napal bagian bawah

menunjukkan umur N15 - N16 atau Miosen Tengah sampai Miosen Akhir, Pada lapisan napal bagian atas diperoleh umur Miosen Akhir sampai Pliosen Awal. Formasi Halang ini diendapkan sebagai endapan proximal untuk bagian bawah dan sebagai endapan distal pada bagian atas.

Formasi ini disusun oleh batupasir gampingan dan napal berwarna hijau, mengandung pecahan-pecahan fosil moluska. Umur formasi ini adalah Pliosen. Formasi tapak mempunyai 2 anggota yaitu Anggota Batugamping Formasi Tapak dan anggota Breksi Formasi Tapak. Anggota Batugamping Formasi Tapak terdiri dari batugamping terumbu, napal dan batupasir. Batugamping mengandung koral, dan foraminifera besar. Sedangkan napal dan batupasir mengandung moluska. Lingkungan pengendapan dari peralihan sampai marin, umur diduga Pliosen menindih tak selaras Formasi Halang. Anggota Breksi Formasi Tapak terdiri dari breksi gunung api dan batupasir tufa. Breksi bersusunan andesit, mengandung urat-urat kalsit. Batupasir tufa di beberapa tempat mengandung sisa tumbuhan, dikorelasikan dengan Formasi Peniron dan menindih tak selaras Formasi Kumbang.

Batuan vulkanik berumur Holosen (Qvh) terdiri atas bermacam-macam batuan hasil erupsi gunung



Gambar 2
Peta Geologi daerah Pemalang (Djuri, dkk., 1996).

api strato berupa breksi gunung api, aglomerat, lahar, lava, tuf, lapili dan bom.

Endapan aluvial terdiri dari kerakal, pasir, lanau dan lempung dijumpai sepanjang sungai yang besar. Endapan ini berupa Aluvium sebagai hasil dari rombakan batuan yang lebih tua, baik dari batuan sedimen maupun dari batuan vulkanik.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan ini diawali dengan penelusuran pustaka yang berkaitan dengan cekungan-cekungan sedimen yang telah terbukti mengandung sejumlah hidrokarbon. Gambaran regional sebaran batuan yang diduga mengandung material organik .

Metode penelitian meliputi penelitian di lapangan dan penelitian di laboratorium (Gambar 3). Kegiatan di lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan sifat dan karakteristik batuan sedimen klastik berbutir halus yang diduga mengandung bahan organik dan dilakukan pengambilan conto sedimen pada Formasi Rambatan di daerah Pemalang. Pengambilan conto sedimen dilakukan pada singkapan batulempung yang masih segar dan berwarna hitam pada lokasi terpilih. Penelitian di laboratorium meliputi Analisa TOC yang bertujuan untuk mengetahui kandungan organiknya (TOC) dan analisa pirolisis *Rock Eval* untuk mengetahui indek produksi (PI), indek Hidrogen (HI) dan Temperatur maksimum (C°) pembentukan hidrokarbon dari kerogen.

Hasil analisis dilaboratorium diolah untuk mengetahui karakteristik batuan sumber hidrokarbon yang meliputi kekayaan material organik, tingkat kematangan, type kerogen dan potensi batuan sumber hidrokarbon di daerah penelitian. Adapun diagram alir Metode Penelitian dituangkan pada Gambar 3.

HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil penelitian lapangan

Penelitian di lakukan di daerah Pemalang (Praptisih, 2007). Pengamatan di lapangan dilakukan pada Formasi Rambatan di beberapa lokasi meliputi karakteristik litologi, struktur sedimen serta pengambilan conto batuan untuk analisis di laboratorium. Lokasi pengamatan dan pengambilan conto batuan dituangkan pada Gambar 4.

1. Daerah Mendelem

Dijumpai singkapan berupa selang seling batupasir dengan serpih (Gambar 5A). Batupasir berwarna abu-abu, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 0,2-5 cm. Kemiringan lapisan N 270°E/55°. Serpih, abu-abu kehijauan (M01).

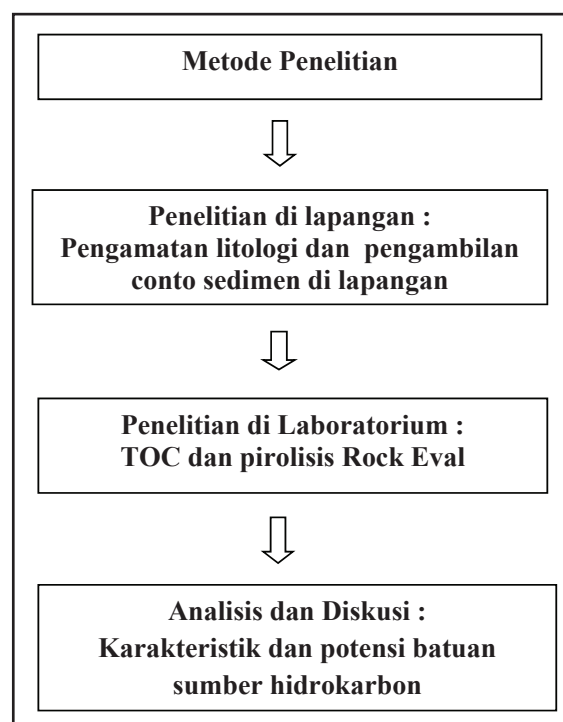
2. Kali Anyer, Desa Mojokerto

Pada lokasi ini didapatkan singkapan setebal 15 meter, yang terdiri dari perselingan batupasir dan serpih (Gambar 5B). Batupasir berwarna abu-abu dengan sisipan kalsit, struktur sedimen paralel laminasi, kerikilan, berlapis dengn tebal lapisan 1- 2 cm. Batulempung berwarna abu-abu kehitaman, tebal lapisan antara 10-20 cm (M03).

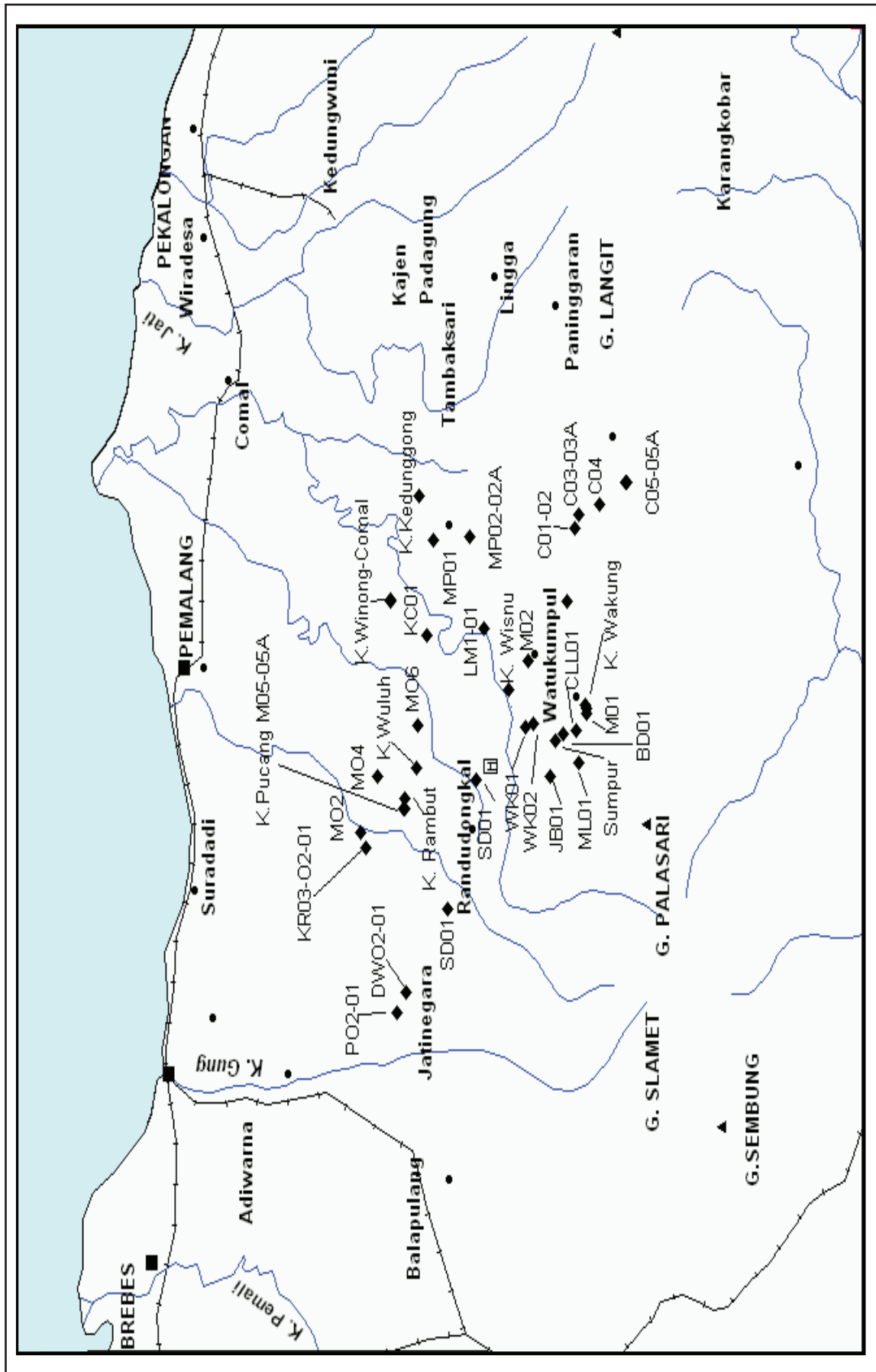
3. Sungai Wuluh

Dijumpai selang seling antara batupasir dengan lempung (Gambar 5C) . Batupasir, abu-abu, halus, sisipan kalsit, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 0,2-1 cm. Struktur sedimen paralel laminasi dan didapatkan ichnofosil. Batulempung, kehitaman, brittle (M06). Pada lokai ini dijumpai sesar.

Selang seling batupasir dengan lempung. Batupasir, abu-abu, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 0,1-9,5 cm. Btulempung, berwarna hitam, menyerpih, tebal lapisan antara 10-40 cm (C04) .



Gambar 3
Diagram alir metode penelitian.



Gambar 4
Peta lokasi pengamatan dan pengambilan contoh batulempung.

4. Kali Batur, Desa Bongas

Peselingan antara batupasir dengan batulempung (Gambar 5D). Batupasir, abu-abu, sisipan kalsit, berlapis dengan tebal lapisan antara 1-20 cm. Batulempung, abu-abu, kompak, tebal lapisan antara 60-70 cm (C05).

5. Kali Rambut, Desa Wereng

Peselingan antara batupasir dengan batulempung (Gambar 5A). Batupasir, abu-abu, halus - sedang, sisipan kalsit, berlapis dengan tebal lapisan antara 0,1-10 cm, struktur sedimen paralel laminasi. Batulempung, abu-abu kehitaman, menyerpih, sisipan/ urat-urat kalsit, *brittle*, tebal lapisan antara 10 -15 cm (KR 01).

6. Dawuhan, Cacaban Wetan

Singkapan setebal 15 meter terdiri dari peselingan antara batupasir dengan batulempung (Gambar 6B). Batupasir, abu-abu, halus – sedang, berlapis dengan tebal lapisan antara 1- 2 cm, struktur sedimen paralel laminasi, wavy, silang siur, graded bedding. Batulempung, abu-abu kehitaman, menyerpih, tebal lapisan antara 10- 40 cm (DW 01).

7. Kali Penyamak

Selang seling batupasir dengan lempung (Gambar 6C) . Batupasir, abu-abu, kasar, kompak,

sisipan kalsit, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 1-2 cm. Batulempung, berwarna hitam, menyerpih, tebal lapisan antara 10-30 cm (P01).

8. Kali Wakung 2

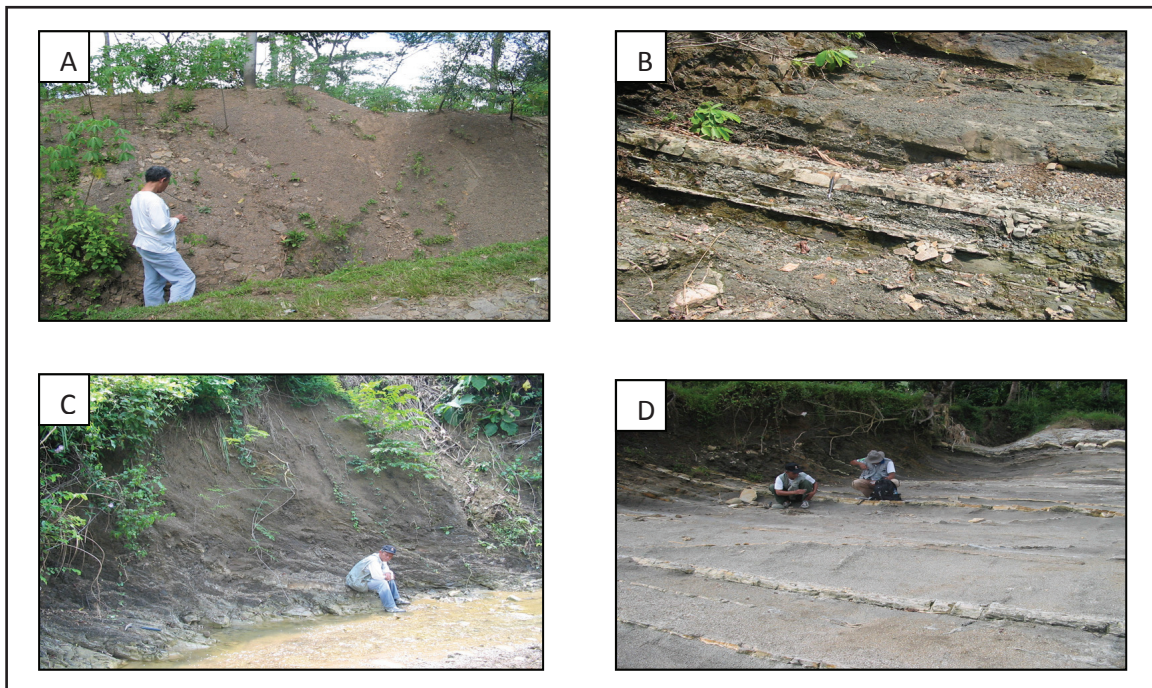
Peselingan antara batupasir dengan batulempung (Gambar 6D). Batupasir, abu-abu, halus - sedang, sisipan kalsit, berlapis dengan tebal lapisan antara 10-20 cm, struktur sedimen paralel laminasi. Batulempung, abu-abu kehitaman, menyerpih, sisipan/ urat-urat kalsit, *brittle*, tebal lapisan antara 30-50 cm (WK 2.2). Kemiringan lapisan N 75°E/ 55°.

9. Kali Bodas

Dijumpai selang seling batupasir dengan lempung. Batupasir, abu-abu, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 5 - 20 cm, sisipan kalsit, struktur sedimen paralel laminasi. Batulempung, berwarna hitam, kompak, tebal lapisan antara 10-30 cm (ML 02).

10. Celeleng

Dijumpai selang seling batupasir dengan lempung. Batupasir, abu-abu, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 10 - 20 cm. Batulempung, berwarna hitam, menyerpih, tebal lapisan antara 10-50 cm (CLL01).



Gambar 5

A. Selang seling batupasir dengan serpih di daerah Mendelem, B. Selang seling batupasir dengan serpih di Kali Anyer, C. Selang seling batupasir dengan lempung di Sungai Wuluh, D. Selang seling batupasir dengan lempung di Kali batur.

B. Hasil Analisa Geokimia

Kajian geokimia yang dilakukan terhadap 11 conto batulempung Formasi Rambatan di daerah Pemalang meliputi analisis TOC dan pirolisis *Rock Eval*. Hasil analisis dituangkan pada Tabel 1.

C. Diskusi

Di daerah penelitian telah dianalisis sebanyak 11 conto batulempung yang diambil dari Formasi Rambatan. Berdasarkan hasil analisis TOC pada Formasi Rambatan di daerah penelitian mempunyai kadar TOC sebesar 0,59-1,86%. Angka tersebut menunjukkan batulempung di daerah tersebut berpotensi sedang - baik membentuk hidrokarbon (Petter, 1986).

1. Kekayaan Material Organik

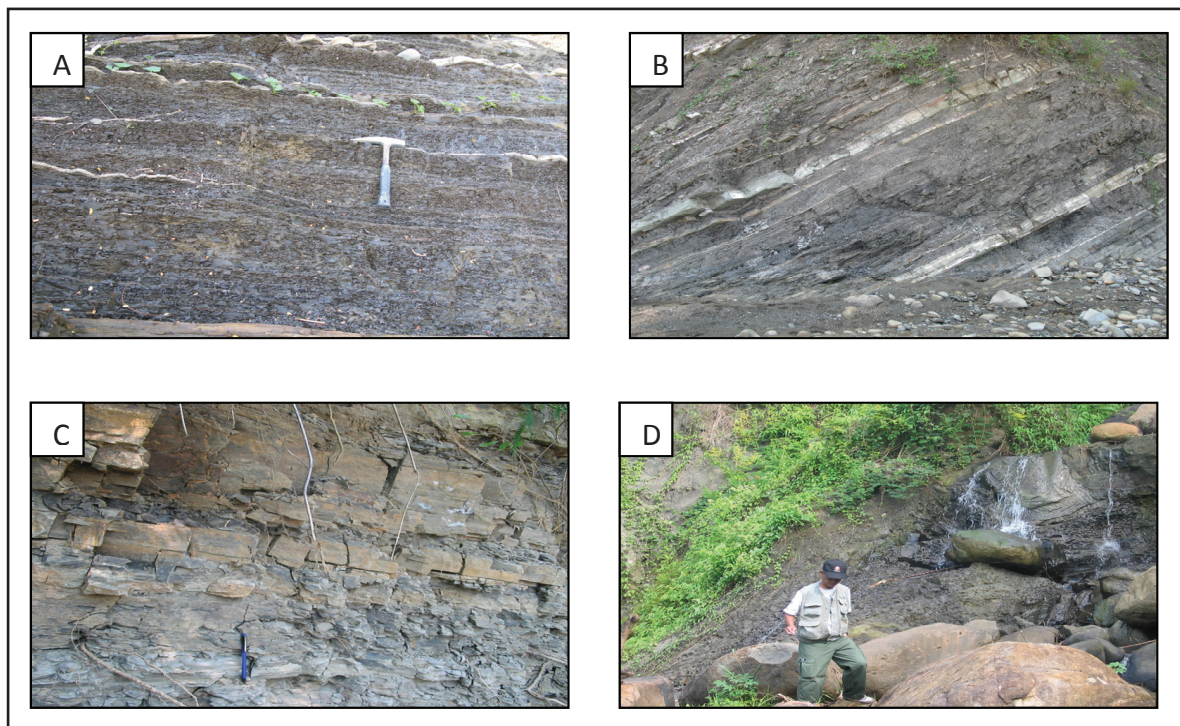
Diagram TOC vs PY (Gambar 7) memperlihatkan potensi hidrokarbon di daerah penelitian yang ditunjukkan oleh tingkat kekayaan material organik. Sebelas conto batulempung yang diambil dari Formasi Rambatan di daerah penelitian mempunyai kandungan TOC sebesar 0,59-1,86% dengan PY sebesar 0,18-1,10 mgHC/g menunjukkan material organik rendah (Rad, 1984) dan termasuk dalam *gas prone*.

2. Tingkat Kematangan

Diagram Hydrogen Indek vs Tmaks (Gambar 8) menunjukkan tingkat kematangan dan type kerogen di daerah penelitian. Tiga conto batulempung Formasi Rambatan di daerah penelitian yaitu M03, KR01, DW01 mempunyai kandungan HI sebesar 46-115 mgHC/TOC dengan T maks sebesar 410-434°C menunjukkan tingkat kematangan thermal dengan kategori belum matang. Sedangkan tiga conto yang lain yaitu PO1, WK2-2 dan CLL01 dengan nilai HI sebesar 61-90 mgHC/TOC dengan nilai T maks sebesar 436-456°C, menunjukkan tingkat kematangan thermal dengan kategori matang. Satu conto yaitu ML02 dengan nilai HI 34 mgHC/TOC dan Tmaks sebesar 502°C kematangan thermal dikategorikan paska matang. Type kerogen semua conto di daerah penelitian termasuk dalam type III.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil geokimia terhadap 11 conto batulempung Formasi Rambatan di daerah Pemalang menunjukkan TOC sebesar 0,59-1,86%. Kondisi ini menunjukkan bahwa conto tersebut mempunyai potensi sedang-baik membentuk hidrokarbon. Karakteristik batuan sumber hidrokarbon Formasi Rambatan



Gambar 6

A) Selang seling batupasir dengan lempung di Kali Rambut, B). Selang seling batupasir dengan lempung di daerah Dawuhan, Cacaban Wetan, C). Selang seling batupasir dengan lempung di Kali Penyamak, D). Selang seling batupasir dengan lempung di Kali Wakung 2.

Tabel 1
 Hasil analisis TOC dan Rock Eval di daerah Pemalang

No	Sampel	Litologi	Toc (%)	S1	S2	S3	PY	S2/S3	PI	PC	Tmax (°C)	HI	OI
1	M03	Batulempung	0.64	0.07	0.4	0.26	0.47	1.54	0.15	0.04	410	62	40
2	M06	Batulempung	0.6	0.15	0.03	0.1	0.18	0.3	0.83	0.01	-	5	17
3	C04	Batulempung	0.92	0.19	0.28	0.11	0.47	2.55	0.4	0.04	-	31	12
4	C05A	Batulempung	0.76	0.11	0.01	0.06	0.12	0.17	0.92	0.01	-	1	8
5	KR01	Batulempung	1.86	0.16	0.85	0.2	1.01	4.25	0.16	0.08	434	46	11
6	DW01	Batulempung	0.79	0.15	0.91	0.07	1.06	13	0.14	0.09	430	115	9
7	P01	Batulempung	0.59	0.12	0.53	0.07	0.65	7.57	0.18	0.05	436	90	12
8	ML02	Batulempung	1.1	0.3	0.37	0.21	0.67	1.76	0.45	0.06	502	34	19
9	WK2-2	Batulempung	1.21	0.32	0.74	0.04	1.06	18.5	0.3	0.09	456	61	3
10	BD01	Batulempung	0.94	0.18	0.08	0.07	0.26	1.14	0.69	0.02	-	8	7
11	CLL01	Batulempung	0.98	0.38	0.72	0.23	1.1	3.13	0.35	0.09	452	73	23

Keterangan :

TOC : Total Organic Carbon
 PY : Amount of Total Hydrocarbon
 HI: Hydrogen Index

$$HI = \frac{(S2/TOC) \times 100}{(S1+S2)}$$

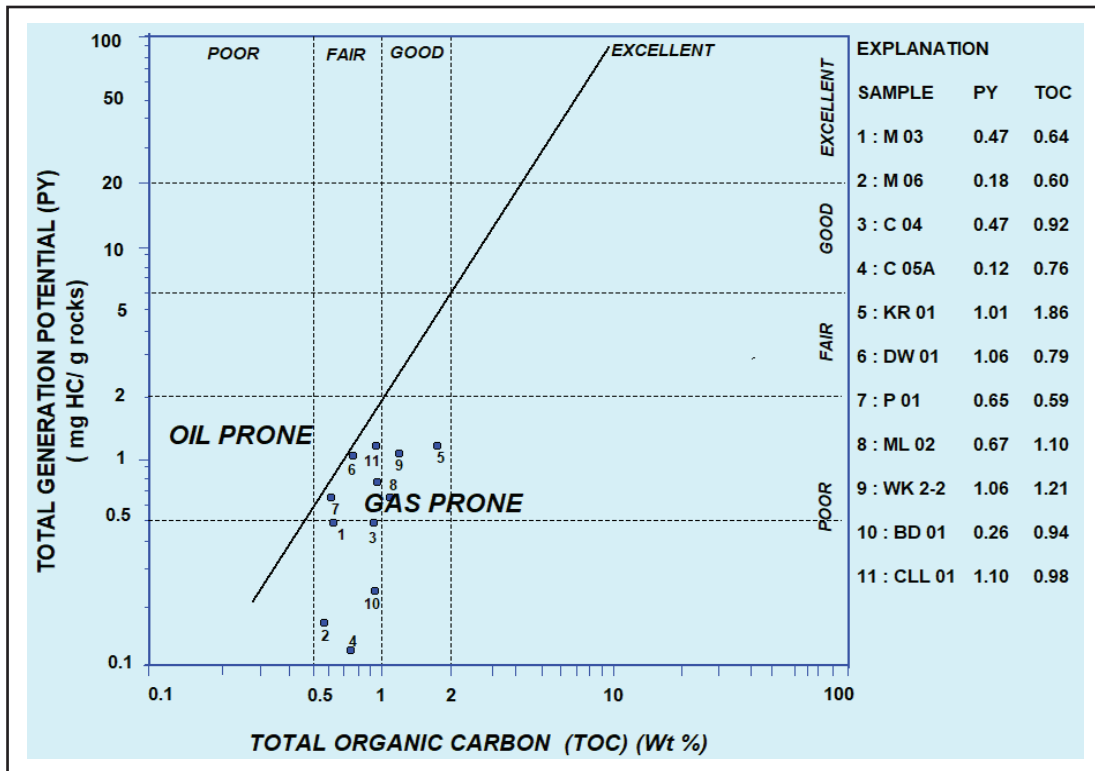
S1 : Amount of Free Hydrocarbon

$$= (S1+S2)$$

S2 : Amount of Hydrocarbon
 PI : Production Index = $S1/(S1+S2)$

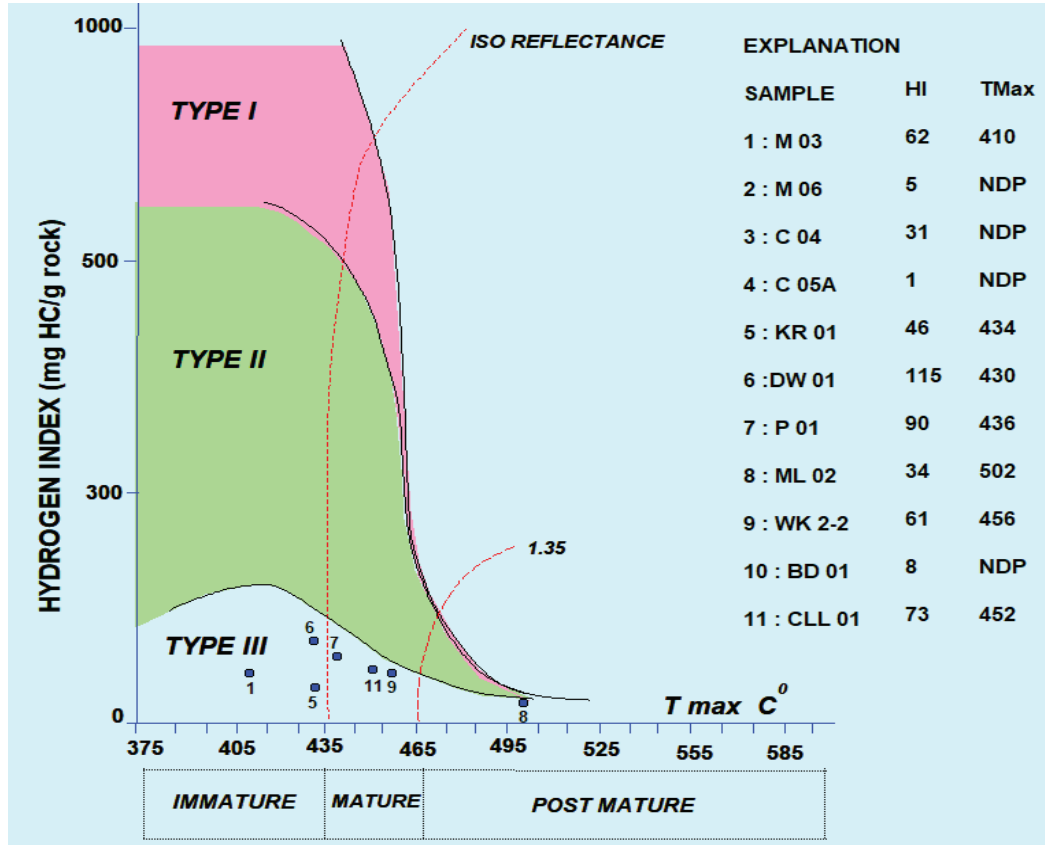
Release kerogen
 Tmax : Maximum Temperature(°C) at the Top of S2 peak

Karakteristik dan Potensi Batuan Sumber Hidrokarbon dari Contoh Permukaan di Daerah Pemalang, Jawa Tengah (Praptisih, dkk.)



Gambar 7

Diagram TOC vs Py yang menunjukkan kekayaan dan potensi hidrokarbon.



Gambar 8

Diagram HI vs Tmax yang menunjukkan tipe kerogen dan tingkat kematangan.

di daerah Pemalang berdasarkan diagram TOC vs PY menunjukkan kategori kekayaan material organik rendah. Diagram Indeks Hidrogen (HI) vs Tmaks menunjukkan type kerogen di daerah penelitian termasuk tipe III. Kualitas batuan sumber hidrokarbon di daerah penelitian berdasarkan nilai HI termasuk dalam kategori *gas prone*. Untuk penelitian selanjutnya disarankan analisa *Gas Chromatography Mass Spectrometer* (GCMS) untuk mengetahui korelasi dengan rembesan minyak yang ada di Cekungan Serayu Utara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menerbitkan tulisan ini. Terimakasih juga pada pimpinan proyek SDMAT Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Tahun Anggaran 2007 atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Kepada rekan-rekan peneliti penulis ucapkan terimakasih atas diskusinya.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
TOC	<i>Total Organic Carbon</i>	%
Tmaks	Maksimum Temperatur	°C
HI	<i>Hydrogen Index</i>	mgHC/TOC
S ₁	<i>Amount of Free Hydrocarbon</i>	mgHC/g
S ₂	<i>Amount of Hydrocarbon</i>	mgHC/g
Py	<i>Amount of Total Hydrocarbon</i>	mgHC/g
PI	<i>Production Index</i>	

KEPUSTAKAAN

Demaison, G. J. & Moore, G. T., 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64(8), p. 1179-1209.

Einsele, G., 2000. *Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and sediment Budget*. 2nd ed. Verlag, Berlin: Springer.

Koesoemadinata, R. P., 2020. *An Introduction into the Geology of Indonesia. General Introduction & Part I Western Indonesia*. Bandung: Ikatan Alumni Geologi, Institut Teknologi Bandung.

Peters, K. E., 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rock using program pyrolysis. *Association of Petroleum Geology Bulletin*, 70(3), p. 318-329.

Praptisih, P., 2016. Karakteristik Batuan Induk Hidrokarbon dan hubungannya dengan rembesan minyak di lapangan Cipluk, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. *uletin Sumberdaya Geologi dan Mineral*, 11(2), pp. 133-143.

Praptisih, P., 2017. *Biomarker characteristics of source rock and oil seepage correlation in Central Java*. Bandung, Indonesia, Global Colloquium on Geosciences and Engineering 2017.

Praptisih, P., 2018. *Karakteristik batuan induk hidrokarbon di Cekungan Bogor, Jawa Barat*, Jakarta: Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI Press.

Praptisih, P. & Kamtono, K., 2014. Karakteristik batuan induk hidrokarbon Formasi Cibulakan di daerah Palimanan, Cirebon, Jawa Barat. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 9(1), pp. 27-40.

Praptisih, P. & Kamtono, K., 2016. Potensi batuan induk hidrokarbon pada Formasi Cinambo di daerah Majalengka, Jawa Barat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 17(1), pp. 1-11.

Praptisih, P., Kamtono, K., & Siregar, M.S., 2007. *Penelitian batuan induk pada sub Cekungan Serayu Utara di daerah Banjarnegara dan sekitarnya*, Bandung: Laporan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LIPI Bandung Tahun Anggaran 2007.

Praptisih, P., Kamtono, K., Trisuksmo, D., Ramono, R., & Siregar, M.S., 2004. *Penelitian sedimen laut dalam di daerah Ajibarang dan sekitarnya, serta kaitannya dengan reservoir hidrokarbon*, Bandung: Laporan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LIPI Bandung Tahun Anggaran 2004.

Rad, F. K., 1984. *Quick Look Source Rock Evaluation by Pyrolysis Technique*, Indonesian Petroleum Association, pp. 113-124.