

BATUAN INDUK (*SOURCE ROCK*) HIDROKARBON DI SUB CEKUNGAN BOGOR BAGIAN SELATAN, JAWA BARAT

Praptisih¹, Kamtono¹, Purna Sulastya Putra¹, M.Hendrizan¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135

Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

Email : praptisih@geotek.lipi.go.id

Sari

Batuan sedimen yang dianggap sebagai batuan sumber hidrokarbon di Sub Cekungan Bogor adalah batulempung Formasi Batuasih. Berdasarkan dugaan ini, studi batuan sumber hidrokarbon telah dilakukan. Studi ini mempunyai kontribusi dalam mendelineasi sistem petroleum di Jawa Barat bagian Selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan potensi batuan sumber hidrocarbon Formasi Batuasih. Untuk mencapai tujuan ini, kegiatan di lapangan adalah melakukan pengukuran stratigrafi rinci dan di laboratorium dilakukan analisis TOC dan Rock Eval Pyrolysis. Hasil analisis dari 23 conto, nilai TOC berkisar 0,49 – 1,72 %, nilai kisaran ini menunjukkan bahwa batuan sumber berpotensi rendah hingga tinggi untuk membentuk hidrokarbon. Nilai suhu maksimum yang menunjukkan tingkat kematangan berkisar 424-524⁰ C, 9 conto matang dan 14 conto belum matang. Nilai Indeks hidrogen berkisar 33 - 191 mg HC/g TOC, dari data indeks hydrogen menunjukkan bahwa fasies organik batuan sumber adalah C, CD dan D yang berarti batuan sumber memiliki potensi untuk menghasilkan minyak dan gas dalam volume kecil.

Kata kunci: batuan induk, Formasi Batuasih, batulempung, , TOC, HI, hidrokarbon

Abstract

Sedimentary rock that are considered as the hydrocarbon source rocks in the Bogor Sub Basin is claystone of Batuasih Formation. Base on this allegations, the study of hydrocarbon source rock have been done. The results of this study will contribute within frame delineate petroleum system in the southern part of West Java. The purpose of this study is to know the characteritics and potential of hydrocarbon source rock of Batuasih Formation and to obtain this goal, activities in the field rersearch by measuring detailed stratigraphy and in the laboratory by analyzing total organic content (TOC) and Rock Eval Pyrolysis. The results of analysis of 23 samples have TOC values range from 0.49 to 1.72 %, this range of values indicates that the hydrocarbon surce rock have a low to high potential to form hydrocarbon. The maximum temperature value that indicates the level of maturity is between 424 and 524⁰ C, 9 sample mature and 14 sample immature. Hydrogen Index values range from 33 - 191 mg 424 to 524 mg HC/g TOC, from the hydrogen index data shows that the organic facies of source rock are : C, CD and D, which are the rock have the potential to produce oil and gas in a small volume.

Keywords: source rock, Batuasih Formation, claystone, TOC, HI, hydrocarbon.

PENDAHULUAN

Hidrokarbon adalah sumberdaya energi yang cukup penting perannya dalam mendukung perekonomian negara Indonesia. Di Indonesia terdapat 60 cekungan sedimen baik yang ada di lepas pantai maupun di darat, 16 diantaranya telah berproduksi (Priyono, 2007). Dalam sepuluh tahun terakhir ini produksi minyak Indonesia menurun secara konstan, hal ini disebabkan oleh kondisi lapangan minyak di Indonesia sebagian besar telah tua dan rendahnya pemboran eksplorasi. Sebagai pembanding adalah sebagian negara yang tergabung dalam OPEC (Angola, Brasil, Rusia, Azerbaijan, Kazakstan, sudan dan Guinea) telah meningkatkan pemboran eksplorasi dan menemukan cadangan baru yang sebagian besar di laut dalam (Kurtubi, 2007)

Kegiatan eksplorasi minyak bumi di Jawa lebih intensif dilakukan di Jawa bagian Utara, terutama di Cekungan Jawa Barat Utara dan Cekungan Jawa Timur Utara dengan target reservoir batuan karbonat maupun endapan klastika. Di Jawa bagian selatan khususnya di daerah Jawa Barat bagian Baratdaya kegiatan eksplorasi minyak bumi belum banyak dilakukan, namun studi regional daerah ini telah banyak dilakukan (Martodjojo, S., 1984., Satyana, A. H., 2005., Clement, B. et al, 2007, Hall, R. et al, 2007).

Dari studi regional tersebut disimpulkan bahwa di Jawa Barat bagian Baratdaya masih ada kemungkinan terdapatnya sistem petroleum, dimana endapan klastika yang kaya kuarsa yang berasal dari paparan sunda dan endapan karbonat Oligo – Miosen yang mempunyai porositas tinggi dapat sebagai reservoir serta adanya perangkap struktur maupun stratigrafi dapat sebagai bagian dari sistem petroleum.

Dalam sistem petroleum, selain reservoir unsur yang juga penting adalah batuan sumber hidrokarbon atau batuan induk. Dalam eksplorasi konvensional ada kecenderungan kegiatan eksplorasi lebih banyak dilakukan untuk menentukan jenis perangkap hidrokarbon, dan sedikit dilakukan studi detail mengenai batuan induk asal hidrokarbon tersebut. Berkaitan dengan kemungkinan adanya sistem petroleum di Jawa Barat bagian Baratdaya, maka dilakukan studi batuan induk Formasi Batuasih yang diduga merupakan bagian dari sistem petroleum yang ada di Jawa Barat bagian Baratdaya.

Daerah tinggian Sukabumi hingga Padalarang berada dalam zona antiklinorium Bogor paling Selatan telah diketahui terdapat rembesan minyak, tepatnya di desa Siliwangi, Cigombong. Adanya rembesan minyak ini mengindikasikan terdapatnya batuan sumber. Yang menjadi permasalahan adalah dari mana, dari jenis batuan apa, serta seberapa besar potensi hidrokarbon yang dapat dikeluarkan dari dalam batuan sumber tersebut. Berdasarkan ciri litologinya, maka batulempung Formasi Batuasih yang berumur Oligosen Atas diduga sebagai batuan sumber. Hasil studi ini mempunyai arti penting dan dapat menjadi informasi awal dalam mengenal sistem petroleum yang ada di Jawa Barat Selatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik fasies organik dan potensi batuan Formasi Batuasih yang diduga sebagai batuan induk.

METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

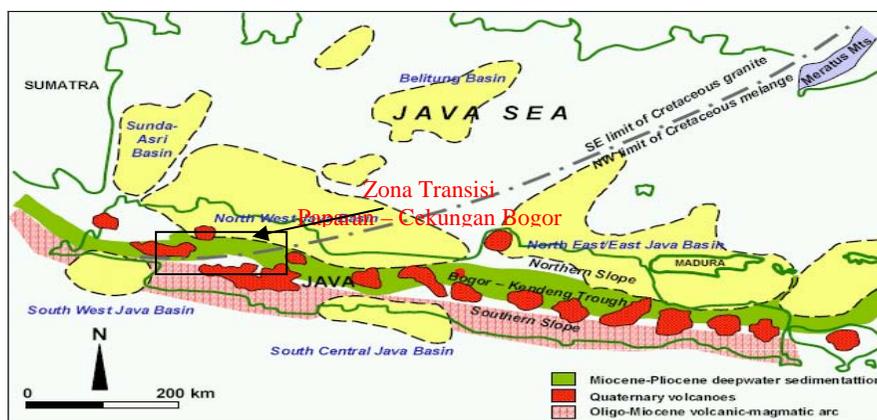
Keberadaan minyak dan gas bumi di alam yang dapat dieksploitasi secara geologi berada dalam suatu sistem yang disebut sistem perminyakan (*petroleum system*), yaitu suatu sistem yang terdiri dari ruang yang mengandung batuan induk (*source rock*), lapisan pembawa fluida (*carrier beds*), reservoir, lapisan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

Source rock atau batuan induk didefinisikan sebagai endapan berbutir halus yang dalam kedudukannya di alam telah, sedang serta akan menghasilkan dan juga melepaskan hidrokarbonnya sehingga terakumulasi dalam reservoir berbentuk gas atau minyak bumi. (Brooks et al, 87., op cit Einsele, G., 1991).

Metode penelitian kegiatan ini diawali dengan penelusuran pustaka yang berkaitan dengan kegiatan eksplorasi dan studi regional daerah Jawa barat. Lokasi penelitian di sub Cekungan Bogor bagian Selatan pada daerah tinggian Sukabumi – Padalarang, dimana merupakan lokasi tersingkapnya Formasi Batuasih dan terdapatnya rembesan minyak. Kegiatan di lapangan dilakukan dengan melakukan pengukuran stratigrafi, pengamatan sifat dan karakteristik batuan sedimen klastik berbutir halus yang diduga mengandung bahan organik dan dilakukan pengambilan contoh sedimen tersebut Kemudian di analisis di laboratorium untuk mengetahui kandungan organiknya (TOC). Sebagian data TOC yang memenuhi syarat, kemudian dilakukan analisis pirolisis untuk mengetahui indek produksi (PI), indek Hidrogen (HI) dan Temperatur maksimum ($^{\circ}\text{C}$) pembentukan hidrokarbon dari kerogen.

Geologi Regional

Secara fisiografi daerah penelitian termasuk dalam Bogor – North Serayu-Kendeng Antiklinorium (Van Bemmelen, 1949) atau Bogor-North Serayu–Kendeng deepwater zone bagian Selatan (Setyana, A. H, 2004) (Gambar 1). Secara tektonik Cekungan Bogor merupakan Cekungan Busur Belakang (*Back Arc Basin*) terhadap busur vulkanik Oligo-Miosen yang berada di selatannya.



Gambar 1. Cekungan Bogor sebagai back arc basin dari Oligo-Miocene magmatic arc, yang kini sebagian ditutupi oleh vulkanik Kuartar (Satyana, A. H, 2004).

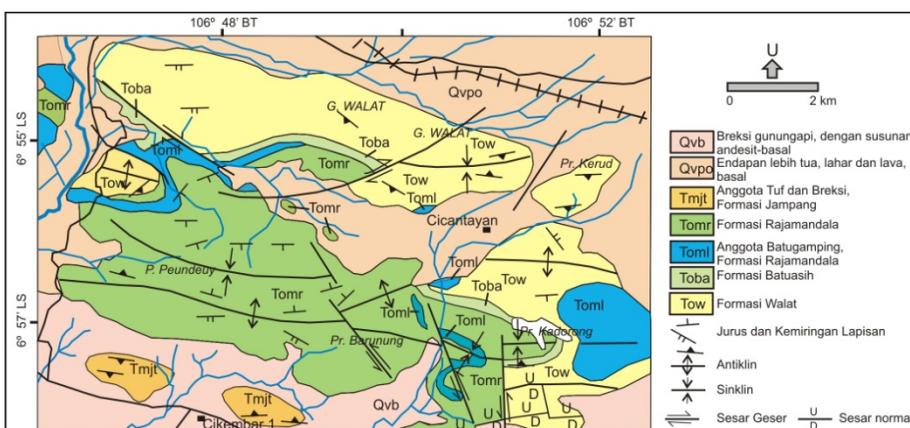
Effendi dkk., 1998 telah memetakan geologi daerah Sukabumi dengan skala 1:100.000 (Gambar 2) dan menyusun stratigrafi sbb :

Batuan tertua di kawasan ini adalah Formasi Walat berumur Oligosen Awal yang disusun oleh batupasir kuarsa yang berlapis silang, konglomerat kerakal kuarsa, batulempung karbonan, lignit dan lapisan tipis – tipis batubara; ke atas ukuran butir bertambah kasar, tersingkap di Gunung Walat dan sekitarnya. Diatasnya secara selaras diendapkan Formasi Batuasih berumur Oligosen Akhir yang disusun terutama oleh batulempung napalan hijau dengan konkresi pirit, di beberapa tempat mengandung foraminifera besar dan kecil. Selanjutnya di atas Formasi Batuasih diendapkan Formasi Rajamandala berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal yang disusun oleh napal tufaan, lempung napalan, batupasir dan lensa – lensa batugamping

mengandung fosil *Globigerina oligocaenica*, *Globigerina praebulloides*, *Orbulina*, *Lepidocyclina*, *Spiroclypeus*.

Dalam Formasi Rajamandala mempunyai Anggota Batugamping Formasi Rajamandala yang terdiri dari batugamping terumbu karal dengan sejumlah fosil *Lithothamnium*, *Lepidocyclina sumatrensis* dan *Lepidocyclina (Eulipidina) ehippiodes*, biasanya terdolomitkan. Diatas Formasi Rajamandala diendapkan Anggota tuf dan breksi Formasi Jampang berumur Miosen Awal yang disusun oleh batupasir tuf dasitan, tuf andesit, tuf batugamping, dan breksi andesit/dasit tufan batugamping dan batulempung napalan; setempat lapisan batugamping mengandung fosil *Trillina howchini*, *Lepidocyclina brouweri*, *Globorotalia mayeri*.

Secara tidak selaras di atas Anggota tuf dan breksi Formasi Jampang diendapkan produk batuan Gunungapi Tua yang terdiri dari: (1) Batuan Gunungapi Gunung Pangrango terdiri dari endapan lahar dan lava, basal andesit (2) Breksi Gunungapi, breksi bersusunan andesit – basal, setempat dijumpai aglomerat yang telah lapuk.



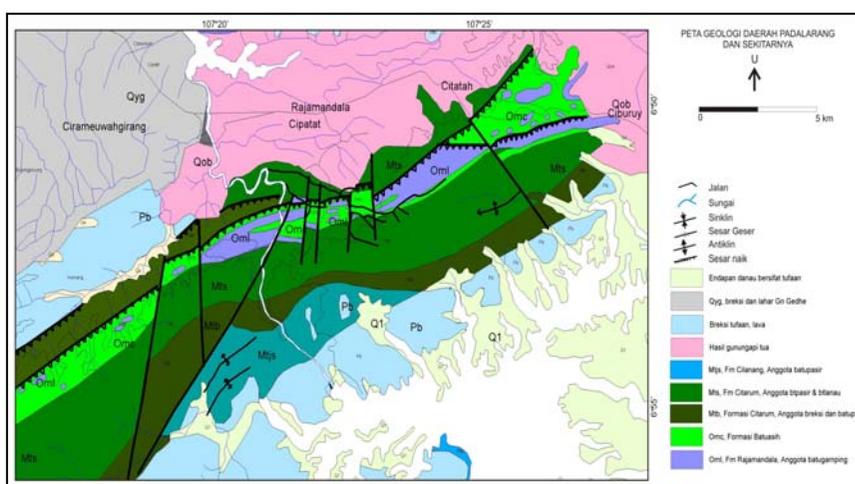
Gambar 2. Peta Geologi daerah Sukabumi, disederhanakan (Effendi, dkk, 1998)

Daerah Padalarang berada pada lembar peta geologi daerah Cianjur dengan skala 1:100.000 yang telah dipetakan oleh Sudjatmiko, dkk, 2003 (Gambar 3), dan menyusun stratigrafi sbb : Batuan tertua di daerah ini adalah Formasi Rajamandala yang terdiri dari Anggota lempung dan Anggota Batugamping yang kedudukannya saling menjeri. Di daerah Sukabumi anggota batulempung ini berumur akhir Oligosen terdiri dari lempung dan napal pasiran yang kedudukannya berada dibagian bawah anggota batugamping dan disebut sebagai Formasi Batuasih (Satyana, A. H., 2005). Clement, B and Hall, R., (2007) menginterpretasikan bahwa Anggota batulempung dari Formasi Rajamandala atau Formasi Batuasih merupakan bagian dari Formasi Cikalong yang diendapkan dalam lingkungan laut dangkal atau lagoon yang kedudukannya sebagai inti dari antiklin Rajamandala.

Anggota batulempung dari Formasi Rajamandala atau Formasi Batuasih terdiri dari batulempung, napal, batupasir kuarsa. Lempung abu – abu tua sampai hitam, lempung napalan, napal globigerina, batupasir kuarsa dan konglomerat kerakal kuarsa. Mengandung lembar – lembar mika, jalur – jalur batubara dan ambar. Anggota Batugamping Formasi Rajamandala disusun oleh batugamping pejal dan batugamping berlapis, mengandung foraminifera besar. Diatas Formasi Rajamandala secara selaras diendapkan Formasi Citarum berumur Miosen yang terdiri dari Anggota breksi dan batupasir dan Anggota batupasir dan batulanau. Anggota breksi

dan batupasir disusun oleh breksi polimik dengan komponen basalt, andesit dan batugamping. Anggota formasi ini juga tersusun oleh konglomerat, batupasir dan batulanau. Anggota batupasir dan batulanau terdiri dari batupasir berlapis sempurna berselingan dengan batulanau, batulempung, *graywacke* dan breksi. Struktur sedimen seperti perlapisan bersusun, laminasi konvolut yang menunjukkan endapan turbidit.

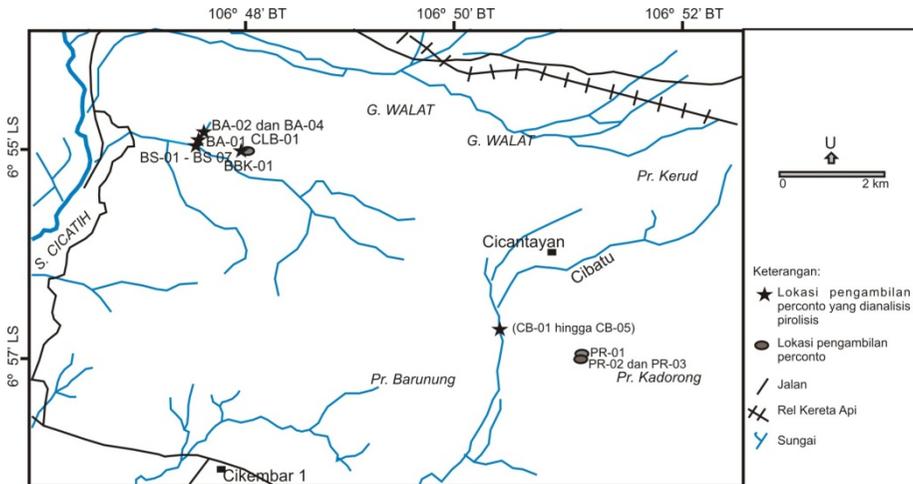
Diatas Formasi Citarum diendapkan Satuan Breksi tufaan, lava, batupasir, konglomerat serta endapan danau bersifat tufaan yang terdiri dari lempung tufaan, batupasir tufaan, kerikil tufaan dan konglomerat tufaan. Dalam endapan danau ini dijumpai kongkresi gamping, sisa – sisa tanaman, moluska air tawar dan tulang – tulang binatang bertulang belakang. Endapan paling muda pada daerah ini adalah aluvium dengan tebal sekitar 3 m yang disusun oleh lempung, lanau, pasir dan kerikil.



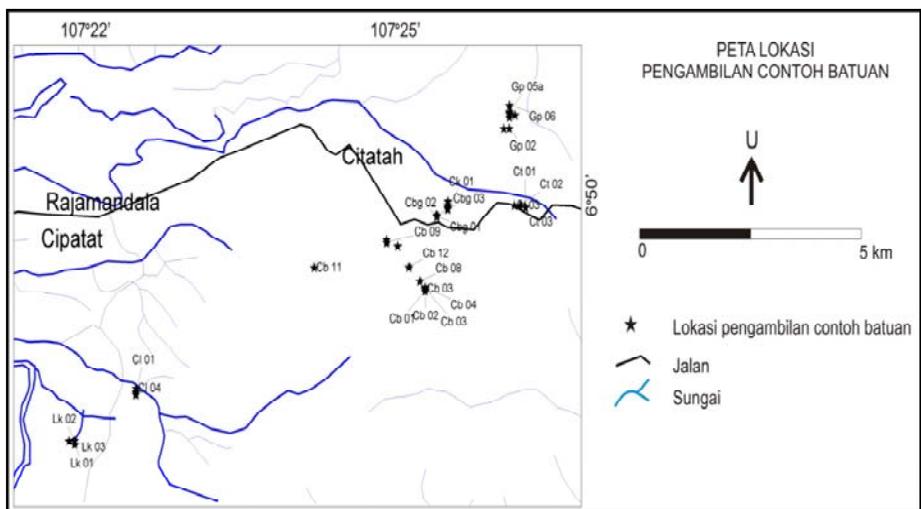
Gambar 3. Peta geologi daerah Padalarang dan sekitarnya, disederhanakan (Sudjatmiko, 2003)

HASIL PENELITIAN LAPANGAN

Penelitian di lapangan meliputi pembuatan penampang stratigrafi terukur (MS) di 4 lokasi yaitu S. Batuasih dan S. Cibatu untuk daerah Sukabumi, sedang di Padalarang dilakukan pada S. Cibuntu dan S. Cibogo. Lokasi – lokasi tersebut dipilih dikarenakan merupakan tempat yang paling baik untuk mendapatkan penampang stratigrafi dan pengambilan contoh batulempung Formasi Batuasih. Pengamatan di lapangan dilakukan di beberapa lokasi meliputi pengamatan karakteristik litologi, struktur sedimen serta pengambilan contoh batuan untuk analisis di laboratorium. Lokasi pengamatan dan pengambilan contoh untuk analisis TOC dilakukan di daerah Sukabumi, Padalarang dan sekitarnya ditunjukkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Peta lokasi dan pengambilan contoh batulempung di daerah Sukabumi.



Gambar 5. peta lokasi dan pengambilan contoh batulempung di daerah Padalarang.

Di daerah Sukabumi secara umum Formasi Batuasih didapatkan di atas Formasi Walat dan dibawah Formasi Rajamandala. Paling bawah Formasi Batuasih ini terdiri dari batulempung yang berwarna abu-abu kehitaman, banyak mengandung *clay ball* dengan diameter 5 cm. Bagian tengah terdiri batulempung, abu-abu kehitaman, banyak mengandung *clay ball* dengan diameter 5-7 cm, pada bagian tengah ini terdapat urat-urat kalsit. Pada bagian atas dijumpai batulempung yang berwarna abu-abu kehitaman yang menyerpih, *brittle*, terdapat urat-urat kalsit, sisipan batugamping, berwarna abu-abu kehitaman, halus, keras, berbentuk *channel* dengan tebal lapisan 5-15 cm. Di atas Formasi batuasih dijumpai batugamping yang berwarna putih ke abu-abuan, kompak, masif yang merupakan Formasi Rajamandala. Formasi Batuasih ini tersebar di daerah Batuasih (Foto 1 A), Sungai Cibatu (Foto 1 B) dan daerah Babakan.

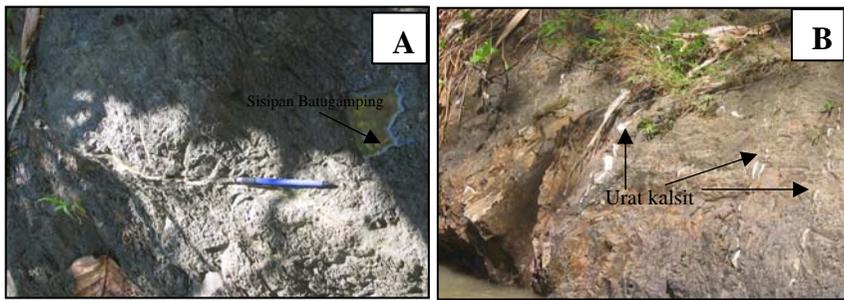


Foto 1. Singkapan batulempung Formasi Batuasih :

- A. Lokasi Batuasih,
- B. Singkapan batulempung mengandung urat-urat kalsit lokasi Sungai Cibatu.

Singkapan Formasi Batuasih di daerah Padalarang tidak sebaik yang dijumpai di daerah Sukabumi. Paling bawah disusun oleh selang-seling batulempung dengan batupasir. Batulempung berwarna hitam kecoklatan, kompak sedangkan batupasir berwarna abu kecoklatan, berbutir sedang, menyudut – menyudut tanggung dengan struktur sedimen berupa laminasi sejajar. Batupasir setebal 7 meter diendapkan di atasnya berwarna abu-abu kecoklatan, berbutir sedang, massif, menyudut-menyudut tanggung, kuarsa, nodul-nodul batulempung dengan diameter 1-7 cm. Di atas batupasir diendapkan batulempung, berwarna abu-abu kehijauan, mengandung urat-urat kalsit.

Lokasi pengamatan dan pengambilan contoh dilakukan pada lokasi singkapan di beberapa sungai (Foto 2), yakni di Sungai Cibuntu (A), S. Cikatomas (B), S. Cileat (C) dan S. Cilangkap (D). serta di S. Cibogo, (sungai di dekat Gua Pawon), dan S. Citalahap.

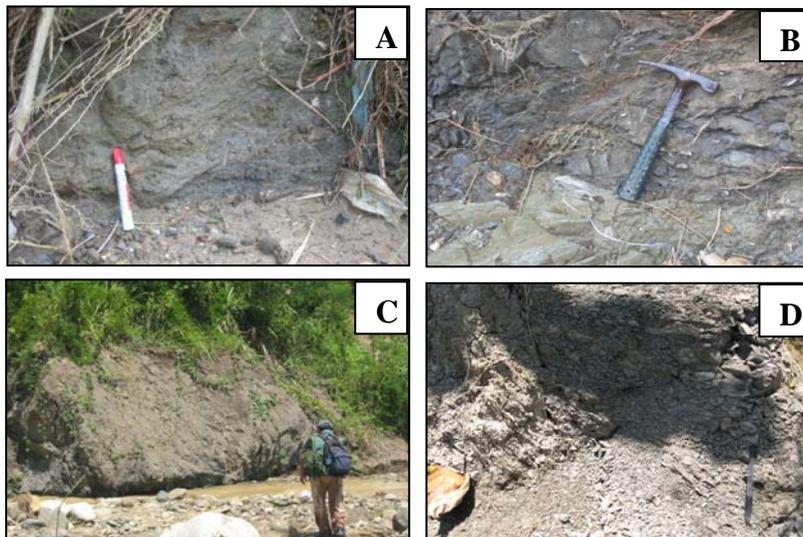


Foto 2. Singkapan batulempung Formasi Batuasih di lokasi : A. S. Cibuntu, B. S. Cikatomas, C. S. Cileat dan D. S. Cilangkap.

HASIL ANALISIS GEOKIMIA DAN PEMBAHASAN

Di daerah Sukabumi Formasi Batuasih diambil 12 conto batuan lempung untuk dianalisis TOC dan pirolisis Rock Eval. Hasil analisis TOC menunjukkan nilai TOC sebesar 0,49 – 1,14 %. angka tersebut menunjukkan bahwa conto batulempung pada daerah Sukabumi terdiri dari 1 conto berpotensi rendah, 9 conto berpotensi sedang, 2 conto berpotensi baik dan 1 conto berpotensi sangat baik membentuk hidrokarbon. Nilai HI sebesar 77 - 191 mg HC/TOC, nilai tersebut berada dalam fasies organik C dan CD yang menunjukkan kemungkinan dapat menghasilkan gas dalam jumlah kecil. Dalam standar tingkat kematangan batuan induk dapat dikatakan matang apabila nilai T maks hasil analisis sebesar 435 ° C atau Indek Produksinya > 0,1 (Waples, 1985). Berdasarkan nilai T maks pada Formasi Batuasih didapatkan 4 conto dinyatakan belum matang karena nilai T maks nya < 435 ° C yaitu berkisar antara 431-434 ° C, tetapi nilai PI > 0,1 yaitu berkisar 0,17-0,30 sehingga kalau dilihat dari nilai PI bisa dinyatakan matang. Sedang 8 conto yang lain dinyatakan matang dengan nilai T maks sebesar 437 - 441 ° C. dan nilai PI 0,20 - 0,30.

Di daerah Padalarang Formasi Batuasih diambil 11 conto batuan lempung untuk dianalisis TOC dan Pirolisis Rock Eval. Hasil analisis menunjukkan nilai TOC sebesar 0,50 - 1,72 %. angka tersebut menunjukkan bahwa conto batulempung pada Formasi Batuasih terdiri dari 2 conto berpotensi sedang dan 9 conto berpotensi baik membentuk hidrokarbon. Nilai HI sebesar 33 - 191 mg HC/TOC, nilai tersebut berada dalam fasies organik D , CD dan fasies C . Fasies D dan CD yang menunjukkan kemungkinan dapat menghasilkan gas dalam jumlah kecil, sedang fasies C dapat menghasilkan minyak dan gas dalam jumlah kecil. Dalam standar tingkat kematangan batuan induk dapat dikatakan matang apabila nilai T maks hasil analisis sebesar 435 °C. atau Indek Produksinya > 0,1 (Waples, 1985). Berdasarkan nilai T maks pada Formasi Batuasih didapatkan 10 conto dinyatakan belum matang dengan nilai T maks sebesar 424-434 ° C, dan nilai PI < 0,1 hanya 1 conto yaitu sebesar 0,08 sedang 9 conto lainnya mempunyai nilai PI > 0,1 yaitu berkisar 0,12-0,27 dinyatakan matang. Sedang 1 conto yang lain dinyatakan matang dengan nilai T maks sebesar 524 ° C. dan nilai PI 0,27.

KESIMPULAN

Hasil analisis geokimia pada 23 conto batulempung yang diambil dari Formasi Batuasih di daerah Sukabumi dan Padalarang menunjukkan nilai TOC sebesar 0,49 - 1,72 %. Hasil tersebut menunjukkan karakteristik batuan induk di Sub Cekungan Bogor bagian Selatan mempunyai potensi rendah hingga baik untuk membentuk hidrokarbon. Tingkat kematangan pada 14 conto adalah 424 - 434 ° C, dinyatakan belum matang. Sedang 9 conto lainnya mempunyai T Maks sebesar 436 - 524 °C, dinyatakan sudah matang.

Nilai HI pada Formasi Batuasih di daerah penelitian berkisar antara 33 - 191 mg HC/g TOC. Berdasarkan nilai HI, karakteristik batuan induknya dapat dikelompokkan menjadi 3 fasies organik. Kelompok pertama adalah fasies D mempunyai nilai HI 33 mg HC/TOC sebanyak 1 conto. Kelompok kedua fasies CD mempunyai HI berkisar 63-118 mgHC/TOC sebanyak 13 conto. Sedang kelompok ketiga mempunyai HI berkisar 126 - 191 mgHC/TOC, berada dalam fasies C sebanyak 9 conto. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa batuan induk di daerah penelitian dapat menghasilkan minyak dan gas dengan kwantitas kecil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih pada Kepala Puslit geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menerbitkan tulisan ini. Terimakasih

juga kepada pimpinan Proyek SDMAT Puslit Geoteknologi LIPI Tahun Anggaran 2008 dan Tahun Anggaran 2009 atas kesempatan kepada kami melakukan penelitian. Juga kepada Bp. Yuwono yang telah membantu menganalisis TOC dan Pirolisis di Laboratorium Geokimia LEMIGAS, Jakarta. Juga kepada rekan-rekan peneliti kami ucapkan terimakasih atas diskusinya.

PUSTAKA

- Clement, B., Hall, R., 2007, *Cretaceous to Late Miocene Stratigraphic and tectonic evolution of West Java*, Indonesian Petroleum Association Proceedings 31th Annual Convention, Jakarta.
- Efendi, A.C., Kusnana dan B. Hermanto, 1998, *Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa Edisi kedua, skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Einsele, G., 1991, *Sedimentary Basin, Evolution facies and sediment budget*, 2^{ed}., Springer – Verlag, Berlin, p. 706.
- Hall, R., Clements, B., Smyth, H.R, and Cottam, M.A., 2007, *A new interpretation of Java's structure*, Indonesian Petroleum Association Proceedings 31th Annual Convention, Jakarta.
- Kurtubi, 2007, "Kebangkitan kembali Industri Migas Nasional ?", Kumpulan makalah Seminar Geologi, Industri migas saat ini, masa depan dan Problematikanya, Aula Barat ITB, Bandung.
- Martodjogo, S., 1984, *Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat*, Disertasi Doktor ITB, tidak diterbitkan.
- Priyono, R., 2007, Kumpulan makalah Seminar Geologi, Industri migas saat ini, masa depan dan Aula Barat ITB, Bandung.
- Satyana, A.H., Armandita, C., 2004. *Deepwater Plays of Java, Indonesia: Regional Evaluation on Opportunities and Risks*. Proc. Deepwater And Frontier Exploration In Asia & Australia Symposium, Indonesian Petroleum Association.
- Satyana, A.H., 2005, *Oligo-Miocene Carbonates of Java, Indonesia : Tectonic – Volcanic setting and petroleum implications*, Indonesian Petroleum Association Proceedings 30th Annual Convention and Exhibition, Jakarta.
- Sudjarmiko, 2003, *Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa. Skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. IA, General Geology of Indonesia and adjacent archipelagos, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands, 332 h.
- Waples D.W. (1985), *Geochemistry in Petroleum Exploration*, International Human Resources Development Co., Boston.

