

KARAKTERISTIK DAN DIAGENESIS BEBERAPA PERCONTOH BATUAN *OIL SHALE* FORMASI KASIRO TERPILIH , DI JAMBI DAN SUMATERA SELATAN BERDASARKAN *SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)*

M.H. Hermiyanto dan Hermes Panggabean *)

SARI

Oil shale merupakan salah satu sumber daya energi alternatif pengganti minyak bumi dan gas di masa mendatang. *Oil shale* ini terkandung dalam Formasi Kasiro berumur Eosen Akhir - Oligosen yang tersingkap di Rawas Ulu dan Batang Asai. Dari analisis SEM, dapat diketahui jenis mineral lempungnya tersusun atas smektit-illit, illit, kaolinit dan material organik berupa liptinit (sporinit, dan alginit), serta *oil droplet*. *Oil shale* disusun oleh mineral lempung smektit-illit dan illit yang berkarakter lembaran halus (*fissile*) bergelombang sejajar, sedangkan kaolinit memperlihatkan karakter lembaran tak beraturan. Serpih ini telah mengalami proses diagenesis tingkat mesodiagenesis awal. Kematangan material organik *oil shale* menunjukkan tingkat belum matang sampai awal matang.

Kata kunci: oil shale, mineral lempung, smektit-illit, material organik

ABSTRACT

Oil shale, as one of alternative energy resources, is recognized in the Late Eosen - Oligocene Kasiro Formation, located in the Rawas Ulu and Batang Asai areas. Based on SEM analysis, the shale consists of smectite-illite, illite, kaolinite, organic matter as liptinite (sporinite, and alginite) and contains oil droplet. The oil shale is composed of smectite-illite and illite characterised by wavy parallel fissile, while kaolinite clays show irregular shape characters. The shale has undergone a diagenetic process within an early mesodiagenetic level. Organic matter maturity level of the oil shale, in general, is the immature up to early mature.

Keywords : oil shale, clay minerals, smectite-illite, organic matter

PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin berkurangnya cadangan minyak dan gas bumi dunia kelangkaan pasokan yang diikuti oleh peningkatan secara tajam harga minyak dunia, maka pengembangan potensi energi bahan bakar alternatif *oil shale* selayaknya mendapat perhatian untuk diteliti sifat, dan karakter fisiknya. Sehingga keterdapatan dan kemungkinan pengenalan endapan *oil shale* dapat diketahui, mengingat nilai keekonomiannya yang menjadi semakin kompetitif di masa mendatang. Penelitian *oil shale* di Sumatera Bagian Tengah dan Sumatera Utara pada lima tahun belakangan ini telah dilakukan oleh tim peneliti Pusat Survei Geologi (dulu Puslitbang Geologi) 2001 di daerah Kiliranjau, Bukit Tigapuluh, Kunangan dan Ombilin di Sumatera Tengah (Suwarna dr., 2001), pada 2002 di wilayah Kabanjahe, Sumatera Utara (Suwarna dr., 2002), pada tahun 2003 di Kuansing (Heryanto dr., 2003), dan pada 2004 di daerah Bukit Susah, (Susanto dr., 2004). Hasilnya memperlihatkan bahwa *oil shale* di

hampir semua daerah tersebut cukup berpotensi. Hal ini ditunjukkan oleh hasil retort kandungan minyak serpihnya (*oil shale*) dengan kisaran umum dari 22 - 120 l/t. Pemanfaatan *oil shale* secara ekonomis telah dilakukan oleh beberapa negara di antaranya Estonia, Argentina, Jordania, China, Australia, dan Thailand.

Maksud tulisan ini adalah untuk menyajikan karakter fisik lapisan batuan *oil shale* di dalam Formasi Kasiro yang tersebar di daerah Musirawas dan sekitarnya. Hasil analisis laboratorium dari percontoh batuan terpilih telah memberikan informasi komposisi, karakter dan sifat fisik serta tingkat diagenesis. Sementara itu, tujuan utama analisis ini adalah untuk mengungkapkan dan mengetahui karakteristik dan kebenaran kualitas *oil shale* sehubungan dengan kemungkinan keterdapatan bahan organik berupa unsur-unsur bitumen, minyak, dan bahan organik lainnya sebagai penentu potensi batuan untuk sumber daya migas alternatif berdasarkan analisis secara *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

*) Pusat Survei Geologi

Secara administrasi pemerintahan, kawasan penelitian termasuk ke dalam Kabupaten Musi Rawas, Provinsi Sumatera Selatan, dan Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi (Gambar 1). Daerah penelitian dapat dicapai dari kedua ibu kota provinsi tersebut melalui jalan raya beraspal ke arah baratdaya sejauh 250 km, menggunakan kendaraan umum ataupun kendaraan carteran. Lokasi pengamatan dicapai dengan berjalan kaki dan naik perahu. Kondisi jalan di lokasi penelitian tidak beraspal, berupa jalan penghubung antardesa dan kecamatan.

TATAAN GEOLOGI

Fisiografi dan Morfologi

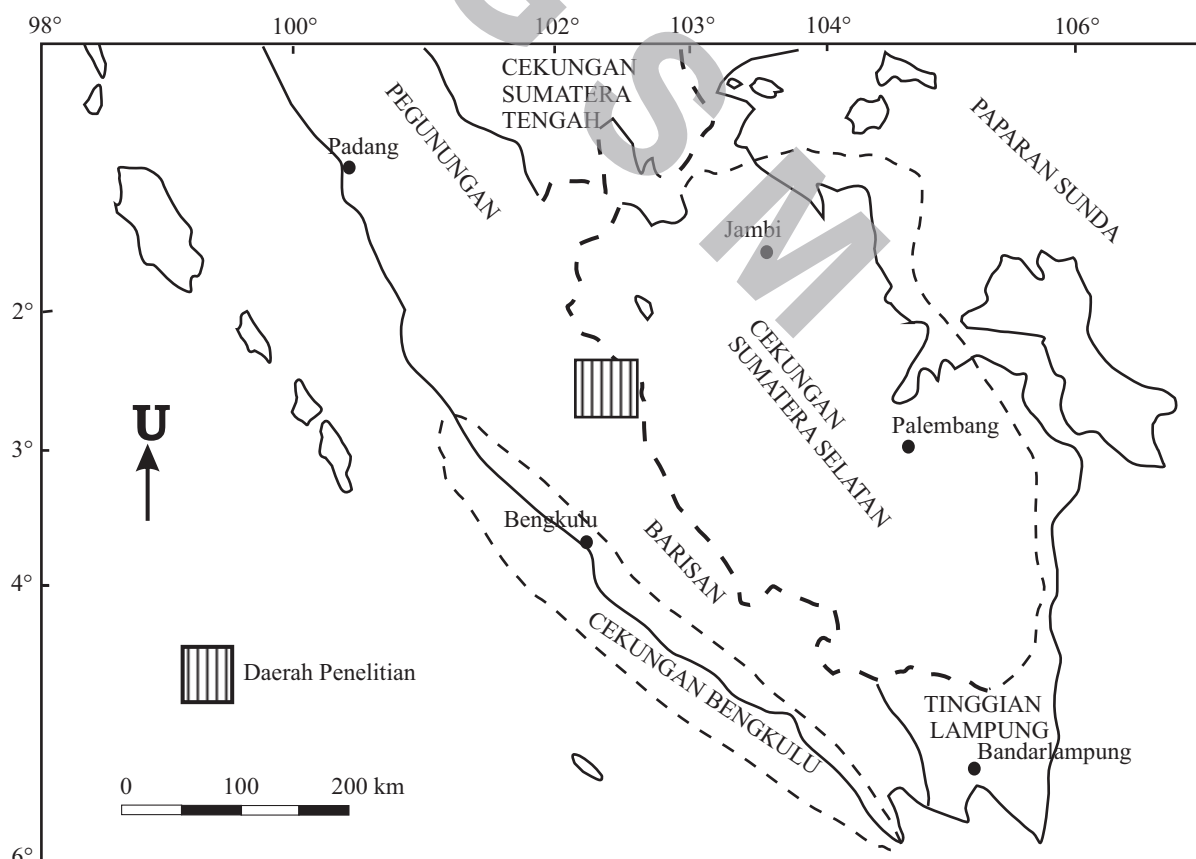
Geologi daerah penelitian tersaji dalam Gambar 2 (Suwarna dan Suharsono, 1984; dan Suwarna dr.,1992). Daerah penelitian ditempati oleh batuan berumur Jura sampai Kuartar.

Secara fisiografi daerah penelitian merupakan cekungan antargunung berbentuk sempit

memanjang, berarah barat barat laut - selatan tenggara (*WNW - SSE*), dan hampir sejajar dengan sumbu Pulau Sumatera. Kawasan penelitian terletak di lereng timur Pegunungan Barisan, dan ditempati oleh morfologi perbukitan datar - bergelombang sampai terjal, yang pada umumnya tersusun oleh batuan Pratersier dan Tersier. Bagian barat wilayah ditempati oleh morfologi perbukitan terjal yang juga tersusun oleh batuan berumur Tersier sampai Pratersier.

Stratigrafi Regional

Tataan stratigrafi daerah penelitian adalah hasil modifikasi Peta Geologi Lembar Sarolangun (Suwarna dr., 1992) yang memperlihatkan bahwa batuan berumur Jura hingga Kuartar (Gambar 2). Batuan Pratersier tersebut terdiri atas Formasi Asai (Ja) berumur Jura Tengah, Formasi Mersip berumur Jura Akhir, serta Formasi Peneta (KJp) dan Formasi Rawas (KJr) yang keduanya berumur Jura Akhir - Kapur Awal.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

Batuan pratersier tersebut ditindih tidak selaras oleh Formasi Kasiro (Tmk) berumur Eosen Akhir - Oligosen (Suwarna dan Hermiyanto, 2005), batuan berumur Oligosen Awal - Miosen Akhir yakni Formasi Hulusimpang (Tomh) dan Formasi Papan Betupang (Tomp) serta Formasi Bal (Tmba), sebagai batuan hasil kegiatan gunungapi Miosen Akhir dan Satuan Batuan Gunungapi Rhio-Andesit (QTV). Dua kali kegiatan intrusi telah terjadi, yakni pada jaman Kapur Akhir menghasilkan Granit Arai (Kgr), serta intrusi andesit-dasit-diorit yang terjadi pada Miosen Tengah (Tman dan Tmdi).

Runtunan batuan sedimen pembawa *oil shale* yang diteliti adalah Formasi Kasiro, yang secara keseluruhan tersusun atas serpih, batulempung dan batulanau dengan sisipan batupasir tufan, setempat konglomeratan, dan batubara yang terendapkan dalam kondisi rezim energi lemah lingkungan fluviatil-lakustrin (Suwarna dan Suharsono, 1984; Suwarna, 2004). Batuan klastik halus tersebut, berwarna kelabu tua, mempunyai struktur perlapisan sejajar bersifat membelah (*fissile*), tidak mengandung bioturbasi, mengandung moluska air tawar, mempunyai sekuen menghalus ke atas, dan telah mengalami perlipatan dengan kemiringan 15-30. Fosil mirip *Viviparus*, sebagai salah satu jenis moluska air tawar, terkandung dalam lapisan tipis batulumpur Formasi Kasiro.

Formasi Kasiro ini berumur Oligosen sampai Miosen (Suwarna dr. 1992). Namun berdasarkan penelitian terbaru umur nisbinya adalah Eosen Akhir - Oligosen (Suwarna dan Hermiyanto., 2005). Hasil penelitian itu memodifikasi Peta Geologi Lembar Sarolangun (Gambar 2). Formasi ini, baik umur maupun susunan batuanya, mempunyai kesamaan dengan Formasi Keruh, Kiliran, Sangkarewang, maupun Kelesa (Suwarna dr., 2001; dan Heryanto, 2005), yakni berumur Eosen Akhir - Oligosen dan terdiri atas serpih, batulempung, dan batulumpur yang kaya akan bahan organik, serta mengandung sisipan batubara. Menurut para peneliti terdahulu tersebut kelima formasi terakhir tersebut mengandung *oil shale*.

Struktur geologi yang berkembang adalah sesar naik (*thrust fault*) berarah barat laut - tenggara, dan juga sesar normal berarah barat laut - tenggara dan timur laut-barat daya (Gambar 2). Formasi Kasiro dibatasi oleh sesar-sesar naik dan sesar normal.

DASAR TEORI

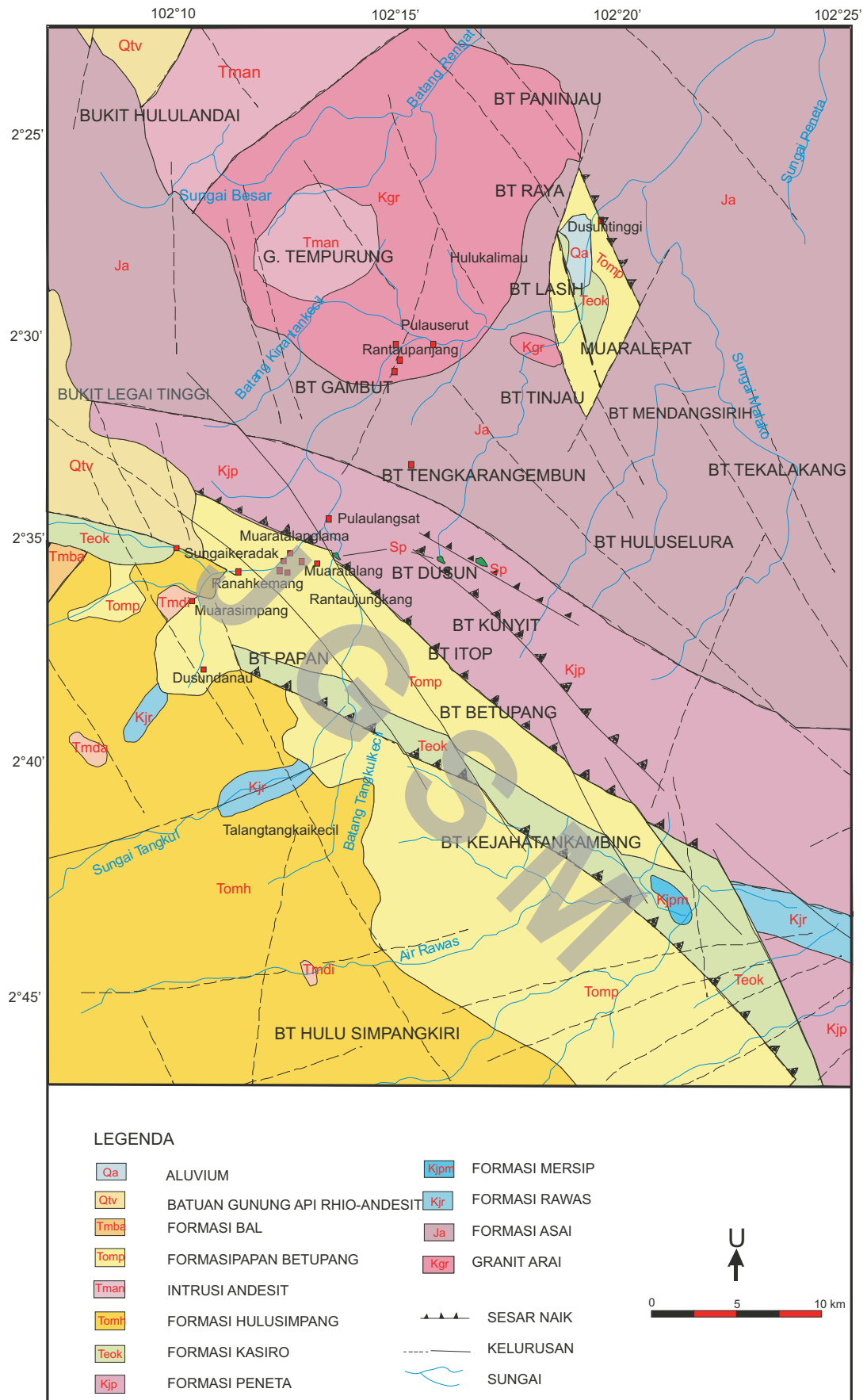
Oil shale (serpih minyak) adalah batuan sedimen berbutir halus (fraksi lempung) yang mengandung bahan organik, dan akan mengeluarkan sejumlah minyak (l/ton batuan atau mg/g batuan) ketika didestilasi atau *retort* pada suhu 550° sampai 600° C (DISDM, 2004). Menurut klasifikasi USGS, kadar ekonomis *oil shale* adalah 38 mg minyak/g batuan (Bissada, 1979). Secara fisik *oil shale* dicirikan oleh bentuk laminasi tipis, berlembar seperti kertas sampai yang memiliki ketebalan beberapa milimeter hingga sentimeter (Gambar 3), berwarna kecoklatan, kelabu, kelabu sampai kelabu kekuningan (Suwarna dan Hermiyanto, 2005).

Data analisis SEM ini merupakan pendukung utama dalam mengenali karakter dan sifat fisik lapisan-lapisan batuan sedimen klastika, sehingga karakter dan sifat fisik *oil shale* dapat diamati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Karakter dan sifat fisik yang dikenali secara dimensional dalam ukuran mikron dapat mengungkapkan tingkat diagenesis, karakter sedimentasi, asal-muasal batuan, dan kandungan mineral lempung dan unsur-unsur mineral lainnya maupun bahan organik yang terkandung dalam percontoh-percontoh batuan.

ANALISIS SEM

Metodologi dan Bahan Penelitian

Analisis dilaksanakan dengan menggunakan metode SEM. Metode dan prosedur pengujiannya adalah sebelum percontoh diamati dan diuji, terlebih dahulu dipreparasi. Percontoh dipotong hingga ukuran 20 mm³ dan dibersihkan dari debu dengan semprotan udara secara hati-hati. Perontoh tersebut ditempelkan dengan lem konduksi mengandung bubuk metal di atas lempengan kuningan atau tembaga (*stub*) dan selanjutnya dilapisi secara elektrolisis dengan "emas" di dalam *vacuum evaporative coater*. Karakter dan sifat fisik semua percontoh dapat dilihat secara tiga dimensi (3-D), di antaranya adalah hubungan butiran, matriks lempung, semen, tekstur dan struktur, jenis mineral dan konfigurasi, orientasi dan ukuran rongga-rongga hingga berukuran mikron (Pittman, 1979; Wilson and Pittman, 1979; Welton, 1984).



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian (dalam Suwarna dan Hermiyanto, 2005).

Bahan penelitian diambil dari lapisan *oil shale* di lapangan yang terkandung dalam Formasi Kasiro. Karakteristik visualnya ditentukan secara megaskopis, misalnya sifat membelah (*fissile*), warna (kelabu hijau, kelabu, keabuan), serta keterdapatan unsur organik yang teramati. Percontoh terpilih diambil dari beberapa bagian penampang, dan di analisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) di laboratorium PSG (dulu Puslitbang Geologi). SEM yang dipakai menggunakan alat merk "JEOL" JSM - 6360LA buatan Jepang tahun 2003 yang kondisinya sangat baik. Secara garis besar alat SEM terdiri atas tiang optik elektron, *electronics console*, dan bilik percontoh (*sample chamber*). Benda (*object*) yang diuji dan diamati ditayangkan melalui sepasang layar monitor TV yang dihubungkan dengan *soft ware* pada komputer PC, dan secara otomatis datanya langsung dapat disimpan di dalam *hard disk* maupun *compact disc*. Kemampuan pembesaran mesin SEM ini mulai dari 10 kali hingga 300.000 kali dengan skala panjang *bar* ukuran mikron (0,1 hingga 500 mikron). Gambar benda yang diamati sangat jelas dan terang. Mesin SEM ini dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray Spectrum* (EDX), yaitu "JED - 2200 Series" yang dapat meng-identifikasi mineral secara grafik dan perhitungan komposisi kimia yang telah dihitung oleh suatu *soft ware* di dalam komputer.

HASIL ANALISIS

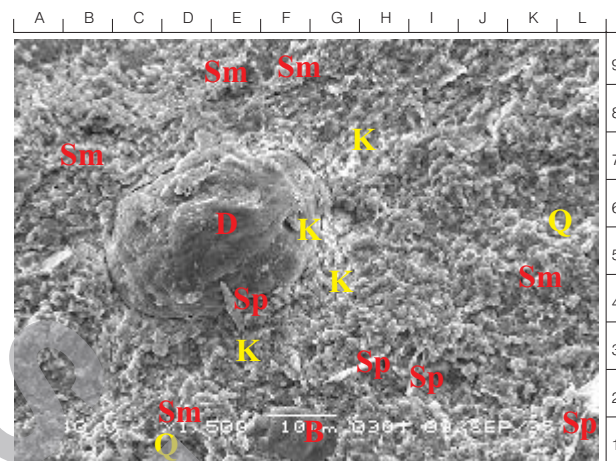
Jenis Mineral dan Unsur Lain

Pengujian laboratorium SEM ini telah mengungkapkan gambaran umum jenis batuan yang dianalisis, yaitu jenis klastika halus serpih (*shale*) sebanyak 5 (lima), batulempung serpihan sebanyak 1 (satu), dan 1 (satu) percontoh batupasir litik berbutir sedang.

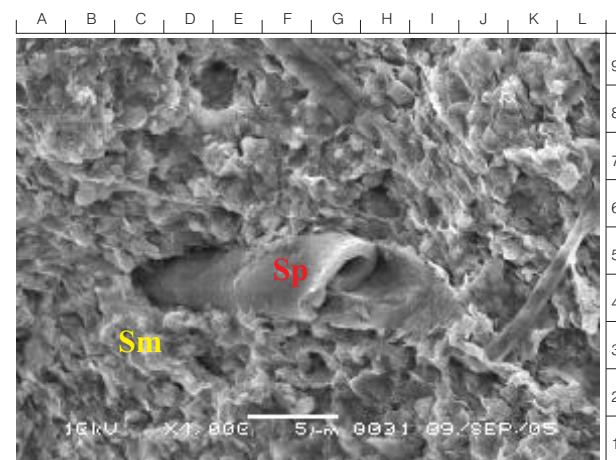
Kelima percontoh serpih di atas tersusun oleh beberapa variasi mineral-mineral lempung, antara lain illit-smektit (*mixed-layer clays*), illit ($K_{1-1.5}Al_4(Si_{7-6.5}Al_{1-1.5}O_{20})(OH)_4$), smektit ($(1/2Ca)_{0.7}(Al,Mg,Fe)_4(Si,Al)_8O_{20}.nH_2O$), dan kaolinit ($Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$). Semua jenis mineral dikenali berdasarkan hasil rekaman EDX. Unsur lain adalah fraksi halus silika atau kuarsa, jarang pirit dan siderit; juga hadir bahan organik berupa bitumen, liptinit (alginit terutama jenis lamalginit dan sporinit) dan *droplet oil* (Gambar 4-6). Jumlah bahan organik ini berkisar mulai dari <1% hingga 3% terhadap volume semua unsur yang ada di dalam percontoh.



Gambar 3. Lapisan *oil shale* yang berkarakter laminasi halus (berlembar) tersingkap di Sungai Kecap, Desa Sekeladi, Musi Rawas.

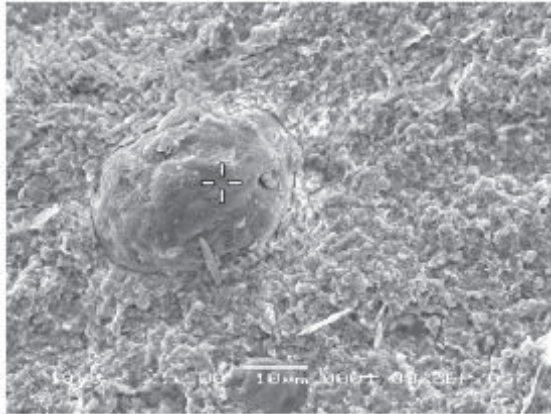


Gambar 4. Foto SEM serpih yang menunjukkan *droplet oil* (D) dikelilingi oleh smektit (Sm), kaolinit (K), kuarsa (Q), dan sporinit (Sp). Perbesaran 1500 x. Percontoh batuan no. 05ES39B.

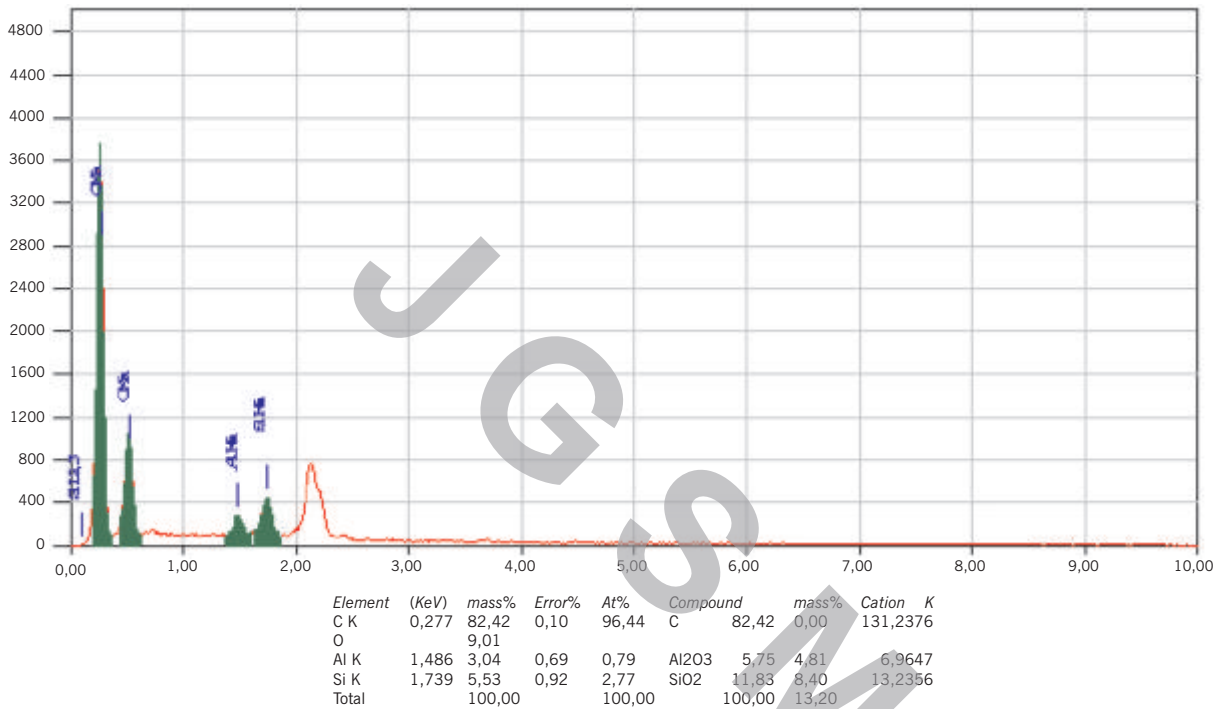


Gambar 5. Foto SEM serpih yang menunjukkan sporinit (Sp) dan smektit (Sm), Perbesaran 4000 x. Percontoh batuan no. 05ES39B.

GRDC - BANDUNG



Percontoh No. 05ES39B, titik analisis EDX yang menunjukkan *droplet oil* dikelilingi oleh kaolinit. Perbesaran 1500 x.

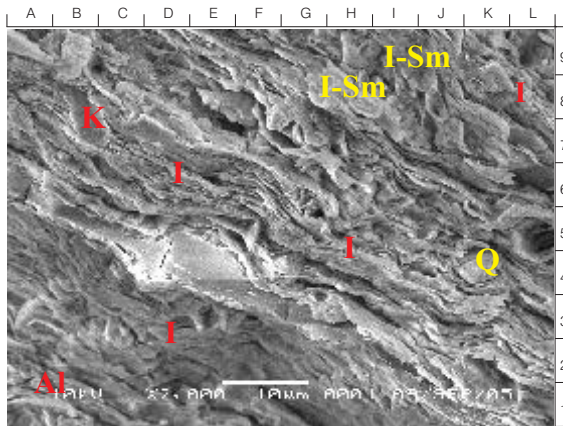


Gambar 6. Hasil titik analisis EDX yang menunjukkan *droplet oil* di dalam serpih. Percontoh batuan no. 05 ES 39B.

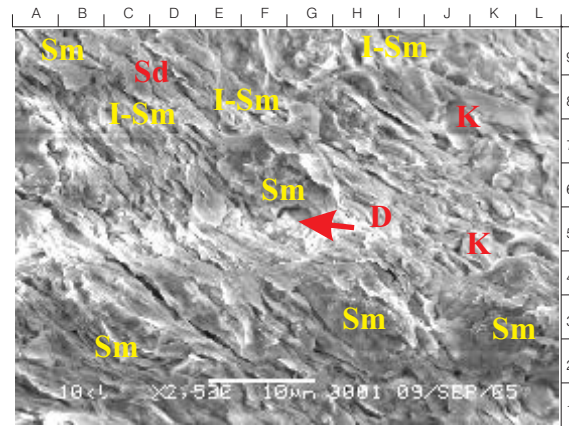
Batulempung serpihan dibedakan dengan serpih, karena batulempung ini belum mengalami lembaran atau penyerpihan total. Batuan ini terbentuk oleh mineral-mineral lempung jenis smektit dan kaolinit dengan fraksi halus - sangat halus kuarsa atau silika, mengandung bahan organik berupa bitumen dan liptinit (*sporinit*; Gambar 5). Sementara itu, batupasir litik berbutir sedang, terpilah buruk, butiran menyudut sampai menyudut tanggung, tersusun oleh komponen kuarsa, felspar, dan fragmen batuan. Matriksnya terdiri atas lempung jenis kaolinit dan smektit, mengandung jejak bahan organik.

Karakter dan Sifat Fisik

Pada umumnya, semua percontoh batuan yang diamati dengan metode SEM adalah kompak dan padat. Semua percontoh serpih membentuk pengarah sejajar mineral-mineral lempung berkarakter lembaran (*fissile/flakes*) (Gambar 7 dan 8), sedangkan batulempung serpihan juga kompak dan padat, akan tetapi karakter lembaran agak kurang berkembang (*sub-fissile*). Tekstur dan struktur mineral lempung sebagai pembentuk utama serpih maupun batulempung serpihan adalah berupa lembaran bergelombang untuk mineral smektit, illit dan illit-smektit (*mixed-layer clays*), sedangkan kaolinit umumnya membentuk lembaran (*flake*) tak beraturan (*irregular shape*) dan tidak dijumpai adanya bentuk *booklet*.



Gambar 7. Foto SEM serpih yang menunjukkan Illit-smektit (I-Sm), Illit (I), Kaolinit (K), kuarsa (Q), dan alginit (Al). Perbesaran 2000x. Percontoh batuan no. 05 NS 21C.



Gambar 8. Foto SEM serpih yang menunjukkan campuran smektit (Sm) Illit-smektit (I-Sm), *droplet oil* (D) dan siderit (Sd). Perbesaran 2500x. Percontoh batuan no. 05 ES 36B.

PEMBAHASAN

Berdasarkan struktur sedimen dan asosiasi litofasies, Formasi Kasiro diperkirakan terbentuk dalam lingkungan fluvial-lakustrin; sedangkan lapisan *oil shale* terbentuk dalam lingkungan danau (*lacustrine environment*) dengan kedalaman yang bervariasi (500 - 1000 m). Lingkungan danau ini berada di cekungan antargunung (*intermontane*). (Suwarna dr., 1992).

Berdasarkan hasil analisis SEM dan juga ditunjang oleh petrografi organik (Suwarna dan Hermiyanto, 2005) dalam batubara Formasi Kasiro terdapat maseral alginit jenis lamalginit yang terawetkan cukup baik. Maseral ini dapat dipakai sebagai salah satu penciri endapan danau, dan kondisi cekungan diperkirakan cukup dalam dengan kadar oksigen relatif rendah dengan suasana anaerobik, serta *algae* dapat berkembang dengan baik. Karakter fisik serpih juga memperlihatkan adanya karakter lembaran halus (*fissile*) yang mencirikan arus yang lemah pada saat terjadinya endapan. Karakter lembaran tersebut terbentuk karena adanya penjajaran mineral lempung berupa lembaran bergelombang untuk mineral smektit, illit, dan illit-smektit (*mixed-layer clays*), sedangkan kaolinit umumnya membentuk lembaran (*flake*) tak beraturan (*irregular shape*). Hal ini didukung juga oleh adanya fosil moluska jenis *Viviparus* pada batulempung serpihan yang merupakan penciri lingkungan air tawar berenergi rendah.

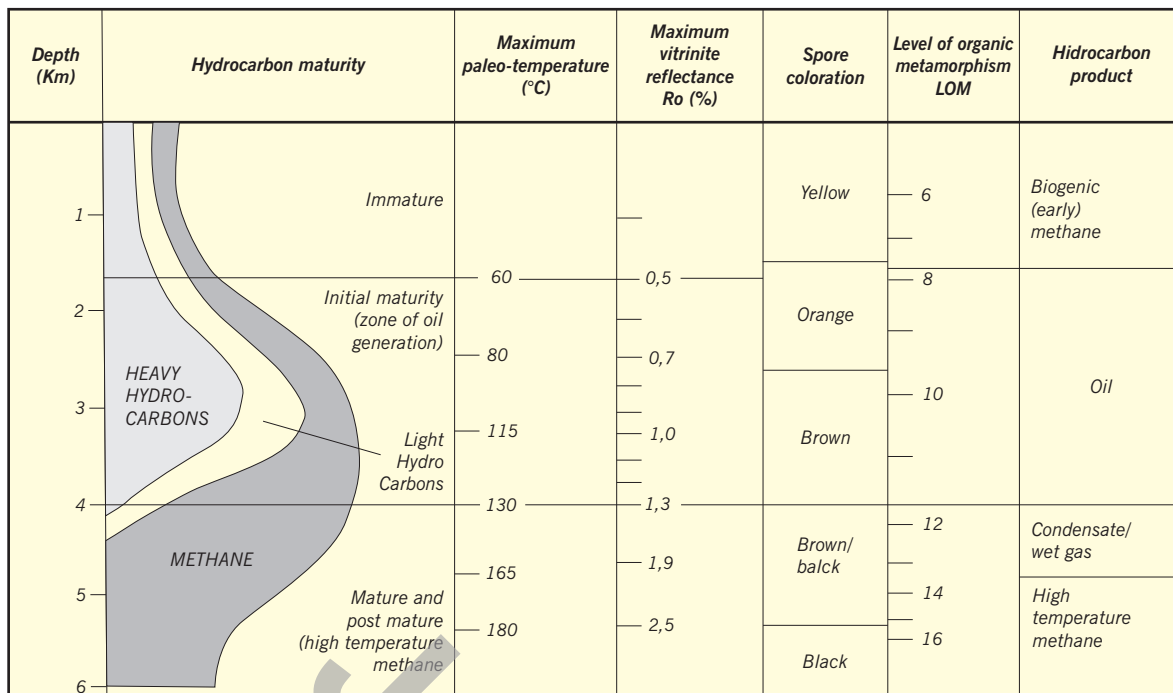
Kehadiran *droplet oil* pada serpih menunjukkan adanya kandungan minyak yang masih terjebak di dalam batuan sumbernya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kondisi organik dalam serpih tersebut masih

belum matang, karena jika kondisi organik sudah matang akan menyebabkan kandungan *oil* akan bermigrasi ke batuan lain sebagai batuan reservoir. Nilai reflektan vitrinit serpih berkisar antara 0,48 - 0,72% (Suwarna dan Hermiyanto, 2005). Berdasarkan korelasi umum indeks kematangan organik (Kantsler dr., 1978), kondisi dalam serpih termasuk dalam tingkat belum matang (*immature*) sampai awal matang (*early mature*). Temperatur maksimum yang terjadi pada material organik karena pengaruh timbunan dengan kedalaman sekitar 2500 m adalah kurang dari 80°C (Tabel 1).

Berdasarkan kehadiran mineral autigenik lempung yang berupa smektit, kaolinit, illit dan smektit-illit, maka diagenesisnya termasuk tingkat mesodiagenesis awal. Hal tersebut sesuai dengan diagenesis serpih menurut Burley dr., (1987), yang menyatakan bahwa tingkat diagenesis seperti itu termasuk pada tingkat diagenesis akhir kelompok I sampai awal kelompok II, yang setara dengan tingkat diagenesis mesogenetik belum matang sampai semi-matang dari Schmidt dan Mc. Donald (1979). Proses diagenesis dalam tingkat ini terjadi pada temperatur mencapai 60° - 80°C, dengan kedalaman 2000 - 2500 m (Tabel 2).

Pengamatan diagenesis serpih dan nilai vitrinit material organik yang terkandung di dalamnya, menunjukkan adanya kesamaan bahwa kondisi termal serpih sumber hidrokarbon Formasi Kasiro termasuk dalam tingkat belum matang hingga awal matang. Keadaan tersebut sesuai dengan hubungan antara reflektan vitrinit, pembentukan hidrokarbon, dan diagenesis batuan sumber hidrokarbon (*source rock*) (Cook, 1982) (Tabel 3).

Tabel 1. Korelasi Umum Indeks Kematangan Organik (Kantsler dr., 1978)



Tabel 2. Hubungan antara Tingkat Diagenesis dengan Kedalaman Timbunan (Burley dr., 1987)

| MUDROCK STAGE | SCHMIDT AND McDONALD | CLAY MINERAL CHANGES | ORGANIK MATTER | DIAGENETIC EFFECT IN SANDSTONES |
|-------------------|---|-----------------------------------|---|---------------------------------------|
| 10 | la | Ion-exchange reaction | Microbial O ₂ , So ₄ Microbial Ch ₄ Fermentation | Interaction with initial pore water |
| I | IMMATURE mainly mechanical reduction primary porosity by compaction | Little change | Co ₂ , H ₂ O Thermal elimination | Redistributed carbonate |
| | | Smectite ---1/5 | | Kaolinite precipitates as pH rises |
| | SEMIMATURE mainly chemical porosity reduction | 1/5 — 80% Illite vermiculite | OIL | Leaching |
| II Maximum change | MATURE "A" secondary porosity | Chlorite | GAS | Feroan carbonate Quartz overgrowth |
| III | MATURE "B" secondary porosity reduction | Improved clay crystallinity | | |
| 120 | IV | SUPER MATURE only slight porosity | Illite --> Mengite | Chlorite replace kaolinite |
| 160 | | | | Final reduction of remaining porosity |
| 220 | INCIPIENT METAMORPHISM Development of low grade greenschist facies phyllite with assemblage muscovite-albite-chlorite-quartz | | | Closed system |

Tabel 3. Hubungan antara Reflektan Vitritin, Pembentukan Hidrokarbon dan Diagenesis (Cook, 1982)

| | RANK STAGES (AUSTRALIA) | R _v MAX % | HYDROCARBON GENERATION STAGES | DIAGENETIC STAGES FOSCOLAS ET.AL. 1976 |
|--------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------|--|
| BROWN | PEAT | 0,2 | IMMATURE | EODIAGENESIS |
| | BROWN COAL | | | |
| | SUB-BITUM | 0,4 | MATURE | MESODIAGENESIS |
| HIGH VOLATIL | 0,6 | OIL | | |
| BITUMINOUS | | | 0,8 | CONDENSATES |
| | | 1,0 | | |
| | MEDIUM VOLATIL | 1,2 | | |
| | | 1,4 | | |
| | | 1,6 | | |
| | 1,8 | WET TO DRY GAS | LEAN TO DRY GAS | TELODIAGENESIS |
| LOW VOLATIL | 2,0 | | | |
| ANTHRACITE | SEMI | 2,2 | POST MATURE DRY GAS ONLY | TELODIAGENESIS |
| | | 2,4 | | |
| | | 2,6 | | |
| | ANTHRACITE | 2,8 | | |
| | | 5,0 | LOW-GRADE METAMORPHISM | |
| | META | | | |

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis SEM, maka *oil shale* pada Formasi Kasiro mempunyai kandungan mineral lempung, bahan organik, serta adanya *droplet oil*. Tekstur dan struktur mineral lempung sebagai pembentuk utama serpih maupun batulempung serpihan adalah berupa lembaran bergelombang untuk mineral smektit, illit, dan illit-smektit (*mixed-layer clays*), sedangkan kaolinit umumnya membentuk lembaran (*flake*) tak beraturan (*irregular shape*).

Serpih tersebut telah mengalami diagenesis tingkat mesodiagenesis awal dengan hadirnya pori-pori yang masih terbentuk akibat kompaksi batuan, dan bukan karena pelarutan kimia, serta masih ditemukannya sisa minyak di dalam serpih. Hal ini didukung oleh nilai reflektan vitritin yang berkisar antara 0,48 -

0,72%. Kemungkinan batuan *oil shale* tersebut telah terkubur pada kedalaman 2000 - 2500 m dengan temperatur 60°-80°C.

Berdasarkan karakter fisik, nilai reflektan vitritin, dan tingkat diagenesisnya, maka kondisi bahan organik sebagai sumber hidrokarbon yang ada di serpih (*shale*) itu termasuk ke dalam zone belum matang (*immature*) sampai awal matang (*early mature*).

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Nana Suwarna atas segala bantuan yang diberikannya. Tidak lupa juga kami mengucapkan banyak terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi dan rekan-rekan ahli geologi atas dorongannya sehingga dapat diterbitkannya naskah ini. ■

ACUAN

- Bissada, K.K., 1979. *Definitions of organic geochemical terms*. Prepared by Texaco Inc., Bellaire Research Laboratories.
- Burley, S.D., Kantorowicz, J.D. & Waugh, B., 1987. Clastic Diagenesis., in *Beaumont, E.A. and Foster, N.H., (compilers); Reservoirs II, Sandstones*, Treatise of Petroleum Geology Reprint Series No. 4, AAPG., p.408-445.
- Cook A.C., 1982. *The Origin And Petrology Of Organic Matter In Coal, Oil Shales And Petroleum Source-Rocks*. The University of Wollongong Printery, Northfield Avenue, Keiraville, N.S.W 2500, Australia.
- DISDM, 2004., *Pedoman Teknis Eksplorasi Bitumen Padat.*, Draft. DISDM.
- Heryanto, R., 2005. *Hubungan Antara Reflektan Vitrinit, Diagenesis Dan Kematangan Hidrokarbon Batuan Pembawa Hidrokarbon Formasi Lakat Di Lereng Timur Laut Pegunungan Tigapuluh*. Jurnal Sumber Daya Geologi, vol..XV, No.1.
- Heryanto, R., Suwarna, N., dan Susanto, E., 2003. *Penelitian Fosil Fuel dan Paleontologi, Kajian Oil Shale, Daerah Kuansing, Riau*. Laporan Internal, Puslitbang Geologi, Bandung. Tidak dipublikasikan.
- Kantsler, A.J., Cook, A.C., and Smith, G.C., 1978. Rank variation, calculated paleotemperatures in understanding oil, gas occurrence. *Oil and Gas Journ.*, Nov.20, p 196-205.
- Pittman, E.D., 1979. Porosity, diagenesis and productive capability of sandstone reservoirs; *SEPM Special Publication.*, No. 26, p. 159-173.
- Schmidt, V. dan Mc Donald, D.A., 1979. The rock of secondary in the course of sandstone diagenesis. *Soc. Econ. Pal. Min., Special Publication.*, No.26, p 175-207.
- Susanto, E., Suwarna, N., dan Hermiyanto, H., 2004. *Laporan Penelitian Fosil Fuel, kajian Oil Shale di Sumatera Bagian Tengah*. Laporan Internal, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Tidak Terbit)
- Suwarna, N., 2004. Relation of Organic Facies to Palaeoenvironmental Deposition; Case Study in the "Papanbetupang-Kasiro Coal Measures", South Sumatera. *Jurnal Sumber Daya Geologi, vol..XIV, No.2. p.61-74*
- Suwarna, N. dan Suharsono, 1984. *Laporan Geologi Lembar Bangko (Sarolangun), Sumatra*. Open-file Report, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suwarna, N., Suharsono, Gafoer, S., Amin, T.C., Kusnama, and Hermanto, B., 1992. Geology of the Sarolangun Quadrangle, Sumatera, scale 1:250.000. *Geological Research and Development Centre*, Bandung.
- Suwarna, N., Heryanto, R., dan Panggabean, H., 2000. *Laporan Penelitian Potensi "Oil Shale" di Sumatera Tengah*. Puslitbang Geologi (Laporan tidak terbit).
- Suwarna, N., Gafoer, S., Heryanto, R., Andi Mangga, S., and Hendarto M., 2001. Oil Possibilities in the Tigapuluh Mountain and Adjacent Areas. In-house Research, Draft, *Geological Research and Development Centre*, Bandung.
- Suwarna dan Hermiyanto, M. H. 2005. *Penelitian Oil Shale di Daerah Musi-Rawas, Kabupaten Musi-Rawas, Propinsi Sumatera Selatan dan Kabupaten Sarolangun, Propinsi Jambi*. Laporan Internal, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Welton, J.E., 1984. SEM Petrology Atlas. *AAPG methods in exploration series*, No. 4 p. 437.
- Wilson, M.D. and Pittman, E.D., 1979. Authigenetic Clays in sandstone: Recognized and influence on reservoir properties and palaeoenvironmental analysis, *J. Sed. Petrol.* No. 47, p. 3-31.