

"Brittleness Index" Lapisan Serpih Formasi Kelesa Bagian Atas Di Kuburan Panjang, Cekungan Sumatera Tengah, Riau

"The Brittleness Index " Of Upper Part Kelesa Formation Shale Seams In Kuburan Panjang Areas, Central Sumatera Basin, Riau

M. Heri Hermiyanto Zajuli¹, Hendarmawan³, Ildrem Syafri³, dan Hermes Panggabean²

1. Mahasiswa Doktoral, Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

2. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM

3. Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

e-mail : zajuli_hz@yahoo.com

Naskah diterima: 16 Desember 2015, Revisi terakhir: 3 Februari 2016, Disetujui: 6 Februari 2016

Abstrak - Penelitian ini difokuskan pada nilai *Brittleness Index* (BI) serpih di daerah Kuburan Panjang sub-Cekungan Sumai, Cekungan Sumatera Tengah. Subjek penelitian ini adalah kehadiran mineral-mineral getas pada batuan serpih dari Formasi Kelesa Bagian Atas yang berumur Eosen-Oligosen. Serpih mengandung kuarsa dan karbonat sebagai indikator mineral getas yang sangat dominan. Berdasar nilai kandungan material organik pada serpih Formasi Kelesa dari 1,18% sampai 7,17% yang menunjukkan kemampuan serpih sebagai batuan induk kategori sangat baik. Serpih Formasi Kelesa bagian atas mempunyai BI berkisar antara 35,72 – 63,19 % yang tergolong ke dalam kategori sedang sampai baik (sedikit lunak/*less ductile - rapuh/brittle*). Kandungan mineral getas yaitu kuarsa dan karbonat ternyata sangat mempengaruhi nilai *Brittleness Index* (BI) di lokasi penelitian. Sementara itu mineral lempung (*iliit, kaolinit, dickite, nacrite*) kurang memberikan dampak terhadap nilai BI.

Kata kunci - Formasi Kelesa, Eosen-Oligosen, Cekungan Sumatera Tengah, *Brittleness Index* (BI)

Abstract - This study focused on the *Brittleness Index* (BI) value of shale from the Kuburan Panjang areas, Sumai sub-basin, Central Sumatera Basin. The aim of this research is to identify the presence of brittle minerals in the Eocene-Oligocene shale of upper Kelesa Formation. Shale contain dominantly of quartz and carbonat mineral as brittle mineral. The organic material content value of shale from Kelesa Formation range from 1.18% to 7.17%, which demonstrates the ability of shale as a source rock, including to the excellent category. The upper of the Kelesa Formation shale having the BI from 35,72 – 63,19 %, tend to indicate medium to good categories (*less ductile to brittle*). The brittle mineral (quartz and carbonat have greatly affect to the *Brittleness Index* (BI) at the research areas. Meanwhile clay minerals (*iliit, kaolinite, dickite, nacrite*) less impact on the value of BI.

Keyword - Kelesa Formation, Eocene-Oligocene, Central Sumatera Basin, *Brittleness Index* (BI)

PENDAHULUAN

Penelitian ini difokuskan pada kehadiran mineral-mineral yang mempengaruhi nilai kerapuhan (*brittleness index*/BI) pada batuan serpih di bagian atas Formasi Kelesa yang berumur Eosen-Oligosen di Sub-Cekungan Sumai, Cekungan Sumatera Tengah, Riau. Daerah penelitian ini menempati bagian selatan dari Cekungan Sumatera Tengah. Secara administratif pemerintahan, kawasan penelitian termasuk ke dalam Kabupaten Rengat, Propinsi Riau (Gambar 1). Formasi ini terletak pada peta geologi skala 1 : 250.000, Lembar Rengat (Suwarna, dr., 1994)(Gambar 2). Secara fisiografis, daerah penelitian, yang diduga merupakan sebuah cekungan *intramontane* berarah barat barat laut – timur menenggara, terletak di lereng timur Bukit Barisan dan Antiklin Bukit Barisan (Clarke, 1982).

Tujuan penelitian ini adalah :

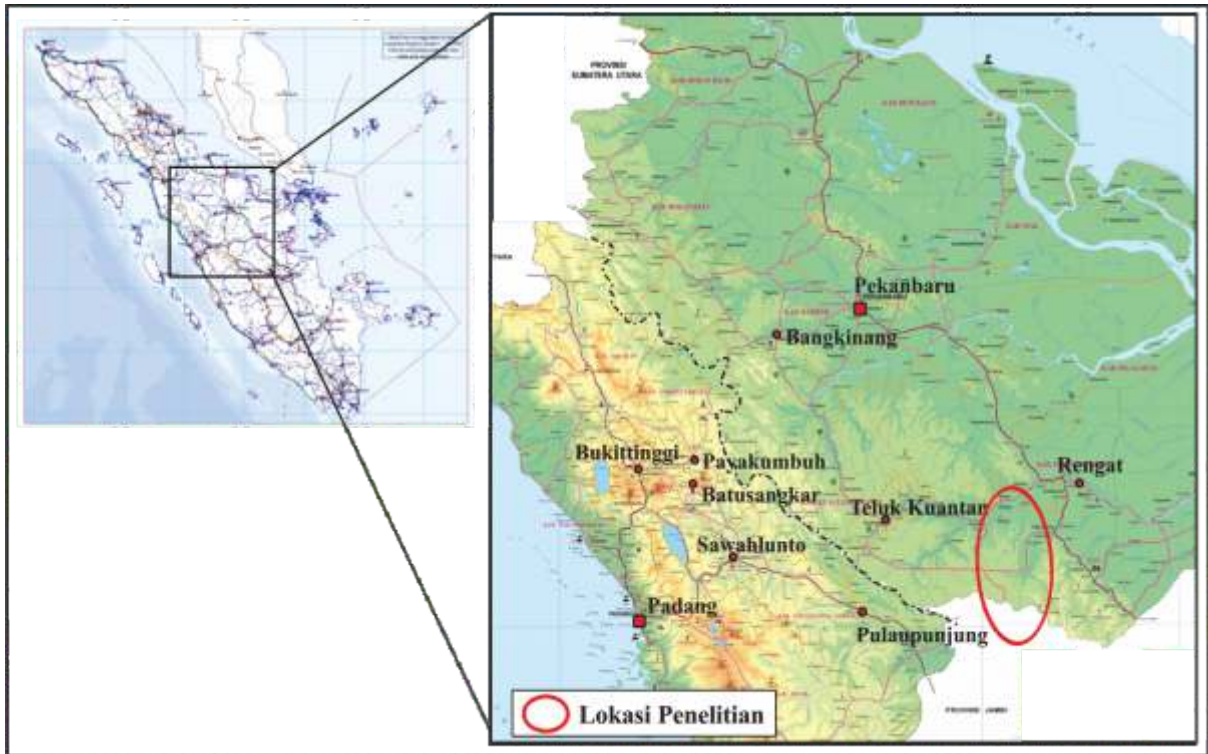
- Mengetahui karakteristik mineral-mineral yang terkandung dalam lapisan serpih yang mempengaruhi nilai kerapuhan serpih.
- Mengetahui nilai *Brittleness Index* (BI) lapisan serpih Formasi Kelesa bagian atas di daerah Kuburan Panjang.

Berdasarkan peta geologi regional Lembar Solok (Silitonga & Kastowo, 1995), batuan Tersier tertua yang tersingkap di sekitar lapangan batubara Nusa Riau, Manunggal dan TBS, Kabupaten Taluk Kuantan adalah Formasi Telisa Bagian Bawah. Formasi tersebut tersebar memanjang arah tenggara – barat laut di batas bagian barat cekungan dan menutupi secara tidak selaras batuan Pre-Tersier Formasi Kuantan. Dengan ketebalan total mencapai 300 meter, Formasi Telisa Bagian Bawah disusun oleh batupasir kuarsa, napal lempungan, breksi andesit, batupasir glaukonitan, tufa pisolitik, dan batulumpur mengandung lapisan batubara. Secara stratigrafi Formasi Telisa Bawah tersebut kemungkinan besar dapat disetarakan Formasi Lakat di Lembar Rengat (Suwarna dr., 1994 ; Gambar 3) yang berumur Miosen Awal, yang terdiri dari konglomerat aneka-bahan, batu-pasir kuarsa, batulanau-batulempung karbonan, batubara, tuf dan bintal siderit. Kedua satuan batuan tersebut berada dalam cekungan yang sama, namun satuan yang pertama di pinggir barat cekungan dan yang kedua di pinggir selatannya. Selanjutnya Anggota Bawah Formasi Telisa (Tmtl) yang lain di daerah pertambangan batubara PT Karbindo (Kiliranjau), yang terdiri atas batulumpur abu-abu terang, kecoklatan, kehijauan dengan lensa batupasir konglomerat; batubara dan batulempung karbonan, serta serpih coklat/abu-abu gampingan.

Eubank dan Makki, 1981; Heidrick dan Aulia, 1993; dan Yarmanto, dr., 2006, menyatakan bahwa runtunan batuan di daerah tersebut sebagai Kelompok Pematang berumur Paleosen – Eosen – Oligosen. Mereka berpendapat bahwa serpih coklat berumur Eo-Oligosen yang berada di atas batubara, terendapkan di lingkungan danau dimana laminasi kaya organik terbentuk pada saat musim kering, sedangkan laminasi kaya lempung pada saat musim hujan. Ini berarti, satuan batuan di daerah Kiliranjau tersebut seharusnya dapat dikorelasikan dengan Formasi Kelesa (Teok) di Lembar Rengat yang terdiri dari konglomerat atau batupasir konglomeratan, batulempung, batulanau dan batubara yang diendapkan di lingkungan fluviatil sampai lakustrin (Suwarna dr., 1994) dan Formasi Sangkarewang Bagian Atas atau Sawahlunto Bagian Bawah di Cekungan Ombilin.

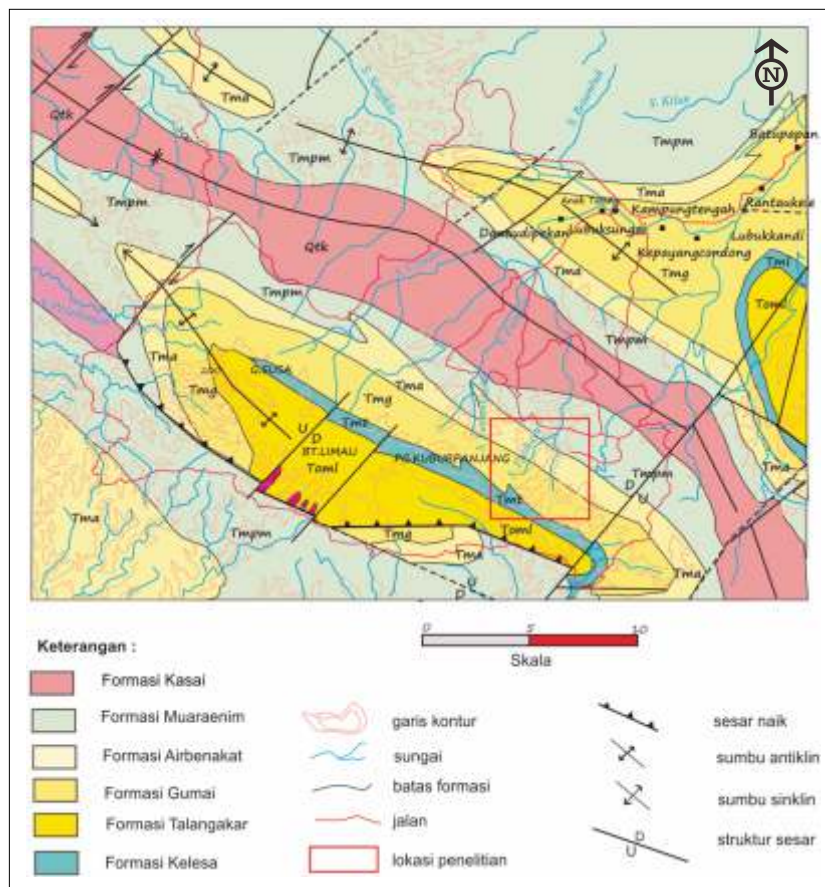
Di Cekungan Sumatera Tengah, Formasi Kelesa setara dengan Formasi Pematang berumur Paleosen sampai Eosen pra- Sihapas (Coster, 1974; dalam Heryanto dan Hermiyanto, 2006). Satuan ini disebut juga *Quartzite Terrane*, litologinya terdiri dari kuarsit, argilit, batugamping kristalin serta intrusi pluton granodioritik dan granitik yang Menurut Heryanto dan Hermiyanto, 2006; Formasi Kelesa di daerah ini terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu runtunan batuan klastika sangat kasar yang terdiri dari konglomerat dan breksi di bagian bawah, batuan klastika kasar-sedang yang terdiri atas batupasir konglomeratan dan batupasir dengan sisipan batulanau di bagian tengah, dan batuan klastika halus yang terdiri perlapisan teramalgalmasikan antara serpih dengan sisipan batulanau dan batupasir halus di bagian atas. Batuan yang bertindak sebagai batuan sumber hidrokarbon adalah bagian atas dari formasi ini, yaitu atas perlapisan serpih berselingan dengan batupasir halus, batupasir konglomeratan dan batulanau (sebagian teramalgalmasi), serpih berwarna coklat berselingan dengan warna abu-abu gelap, berlapis tipis (0,5 cm – 1 cm), kaya akan bahan organik, bersifat agak plastis, struktur perarian sejajar (Heryanto dan Hermiyanto, 2006).

Umur runtunan serpih ini berkisar dari Eosen Tengah – Akhir, yang ditunjukkan oleh kehadiran asosiasi kumpulan fosil *Palmaepollenites kutchensis*, *Crassoretitriletes vanraadshooveni*, *Verrucatosporites usmensis*, *Florschuetzia trilobata*, *Cicatricosisporites dorogensis*, *Acrostichum aureum*, *Florschuetzia trilobata*, *Yerrucatosporites usmensis*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Lanagiopollis nanggulanensis*, dan *Proxapertites cursus* (Susanto dr., 2004).



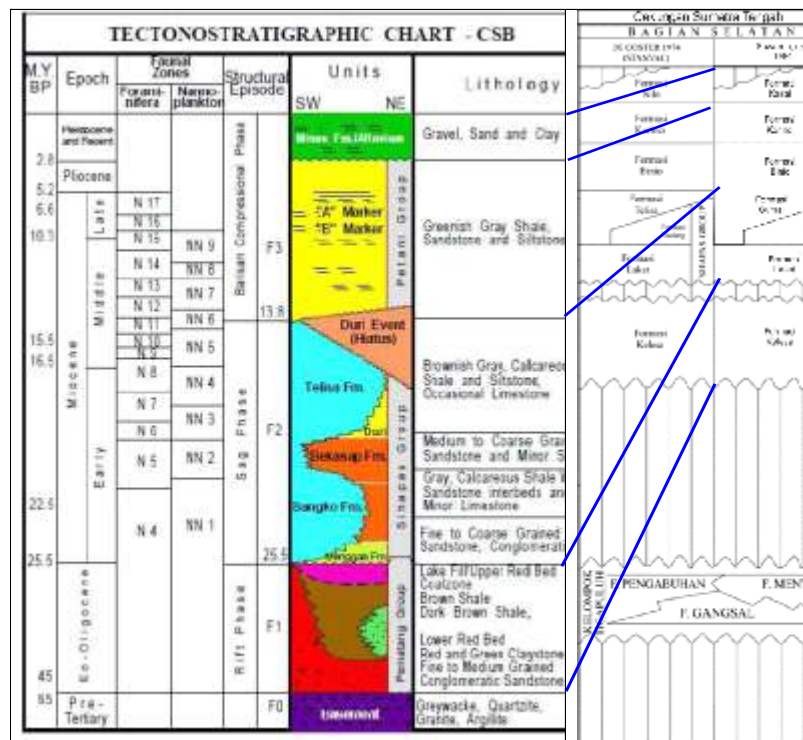
Sumber: gambar olahan penulis

Gambar 1. Lokasi penelitian Sub-Cekungan Sumai, Cekungan Sumatera Tengah.



Sumber: Suwana dr.,1994;Simandjuntak dr.,1994, Silitonga dan Kastowo, 1995

Gambar 2. Peta Geologi daerah penelitian



Sumber: De Coster 1974; Heidrick dan Aulia, 1993; Suwarna, drr 1994

Gambar 3. Kolom Tektonostratigrafi Cekungan Sumatera Tengah.

Selanjutnya, hadirnya asosiasi *Discoidites borneensis*, *Avicennia*, *Acrostichum aureum*, *Durio*, *Florschuetzia trilobata*, *Durio*, *Pometia*, *Yerrucosporites usmensis* dan *spora fungi*, menunjukkan lingkungan pengendapan *freshwater swamp/darat* (Susanto dr., 2004). Berdasarkan referensi Susanto, dr., 2004 maka serpih di daerah Kuburan Panjang dapat di sebandingkan dengan hasil dari penelitian tersebut yaitu Formasi Kelesa berumur Eosen Tengah - Akhir.

Hermiyanto, dr, 2015 menyatakan bahwa hasil analisis TOC, kekayaan material organik serpih Formasi Kelesa mempunyai nilai TOC dari 1,18% sampai 6,39% yang menunjukkan kemampuan serpih termasuk kategori sangat baik. Sementara itu menurut Susanto, dr, 2004, nilai TOC dari serpih di daerah penelitian berkisar antara 4,06 – 9,63% dan PY antara 21,70 – 70,72 mg HC/g batuan, juga berpotensi sebagai *oil-gas prone source rock*.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan gambaran tentang nilai BI dari lapisan serpih Formasi Kelesa bagian atas yang akan bermanfaat dalam melakukan evaluasi yang berkaitan dengan metode *hydraulic fracturing* dalam eksploitasi gas serpih apabila nanti serpih mempunyai potensi sebagai gas serpih.

Metode *hydraulic fracturing* merupakan metode eksploitasi untuk mengeluarkan gas dengan cara memecah / *fracturing* terhadap serpih

METODOLOGI

Metode Pemerolehan Data Laboratorium

Analisis laboratorium yang digunakan adalah dengan metode analisis TOC dan XRD. Setelah kegiatan lapangan maka dilakukan analisis laboratorium terhadap beberapa percontohan terpilih yang telah dilakukan di laboratorium Pusat Survei Geologi dan BSI laboratorium

Analisis Total Organic Carbon (TOC)

Kekayaan material organik merupakan indikator kemampuan suatu batuan sedimen untuk membentuk hidrokarbon. Kekayaan material organik di dalam batuan sedimen dinyatakan sebagai karbon organik total (TOC) dengan satuan persen dari batuan dalam keadaan kering. Analisis TOC akan memberikan gambaran awal di dalam suatu studi batuan induk apakah batuan sedimen dapat berperan sebagai batuan induk atau tidak.

Batuan sedimen yang mengandung TOC kurang dari 0,5% merupakan batuan yang memiliki potensi sebagai batuan induk hidrokarbon yang dapat diabaikan, karena nilai TOC kurang dari 0,5% cenderung akan menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah yang sangat kecil dan dimungkinkan tidak terjadi ekspulsif (Waples,

1985). Kriteria serpilh yang bisa berfungsi sebagai gas serpilh dan serpilh minyak adalah nilai TOC harus lebih 1%, Hidrogen Indeks >100 dan ketebalan serpilh minimal 75ft (Rahmalia, 2012). Sementara itu Wylie et al., 2008; (dalam Sosrowidjojo, 2009) menyatakan bahwa kriteria serpilh sebagai gas serpilh adalah nilai TOC > 3%, Hidrogen Indeks > 150 dan ketebalan serpilh minimal 30 meter (Tabel 3).

Analisis XRD

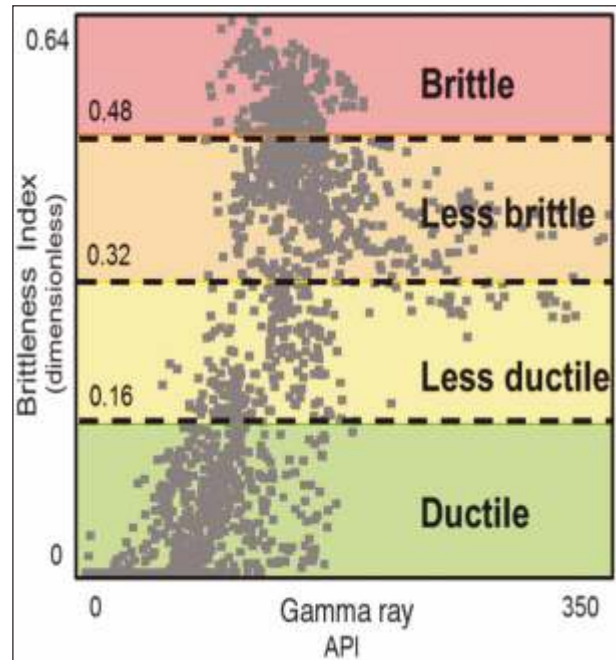
Analisis XRD digunakan untuk mengetahui akan kadar mineral, persentase dan tingkat kristalinitas mineral dari conto mineral lempung yang diambil dari lapangan. Analisis XRD merupakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai jenis mineral yang terdapat dalam suatu conto. Mekanisme kerja analisis XRD ini yakni conto yang akan dianalisis XRD digerus sampai halus seperti bubuk kemudian dipreparasi lebih lanjut menjadi lebih padat dalam suatu holder kemudian holder tersebut diletakkan pada alat XRD dan diradiasi dengan Sinar X.

Data hasil penyinaran Sinar X berupa spektrum difraksi Sinar X dideteksi oleh detektor dan kemudian data difraksi tersebut direkam dan dicatat oleh komputer dalam bentuk grafik peak intensitas, yang lebih lanjut dianalisis jarak antara bidang kisi kristalnya dan dibandingkan dengan hukum Bragg pada komputer dengan menggunakan software tertentu sehingga dapat menghasilkan suatu data yang lebih baik (Bettina drr.,2008; dalam Farizi, F dalam http://eprints.undip.ac.id/43216/1/naskah_publikasi.pdf). Analisis kimia dengan metode XRD ini dilakukan di laboratorium Pusat Survei Geologi. Data hasil XRD tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui akan karakteristik tiap mineral, persentase mineral, dan hasil XRD akan menjadi acuan dalam menentukan nilai Brittleness Index (BI).

Brittleness indeks (BI)

BI serpilh adalah sifat kerapuhan dari serpilh yang merupakan informasi yang sangat penting untuk menunjang dalam penentuan kelayakan suatu serpilh dapat berperan sebagai sumber gas serpilh. Dalam menghitung nilai tingkat kerapuhan atau brittleness index (BI) suatu batuan dihitung berdasarkan rumus yang diajukan oleh Wang dan Gale (2009) sebagai berikut :

$$BI = \frac{\text{kuarsa} + \text{karbonat}}{\text{kuarsa} + \text{karbonat} + \text{lempung} + \text{material organik}}$$



Sumber: Perez dan Marfurt, 2014

Gambar 4. Klasifikasi nilai BI pada batuan sedimen

Nilai BI dihubungkan dengan potensi gas serpilh dapat digolongkan menjadi tiga atau empat tingkatan (Wang dan gale, 2009; Perez dan Marfurt, 2014 ; Gambar 4) yaitu :

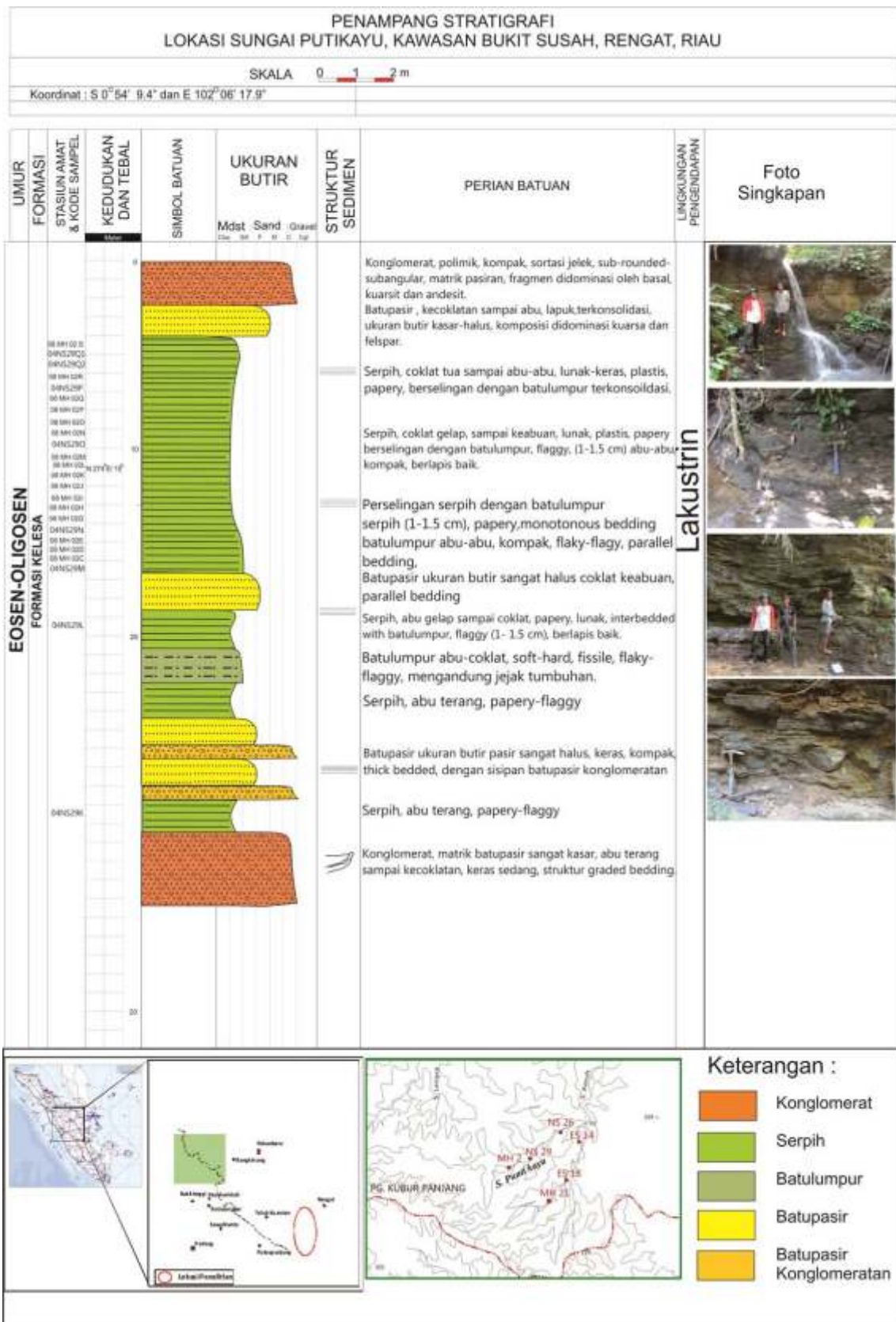
- < 30% (<16%) = rendah/ductile
- 30–50 (16-32%) = sedang/ Less ductile dan less brittle
- > 50% (>48%) = tinggi/baik/ brittle

HASIL PENELITIAN

Stratigrafi daerah Penelitian

Batuan penyusun Formasi Kelesa (Gambar 5) di daerah penelitian tersusun atas batuan konglomerat, batupasir, batulumpur dan serpilh. Secara keseluruhan di daerah Kuburan Panjang ketebalan batuan penyusun Formasi Kelesa di Sungai Punt Kayu sekitar 80 meter. Sementara itu serpilh bagian atas dari Formasi Kelesa mempunyai ketebalan sekitar 30 meter. Runtutan batuan dari bawah ke atas menunjukkan perulangan antara lapisan serpilh, batupasir dan batulumpur yang dibatasi oleh konglomerat pada bagian atas dan bawahnya.

Patra (2014), menyatakan bahwa di daerah penelitian yaitu di wilayah Kuburan Panjang secara litologi dapat dipisahkan menjadi beberapa satuan batuan yaitu dari yang tertua ke yang muda adalah Satuan Batupasir X yang tersusun oleh batupasir dan konglomerat.



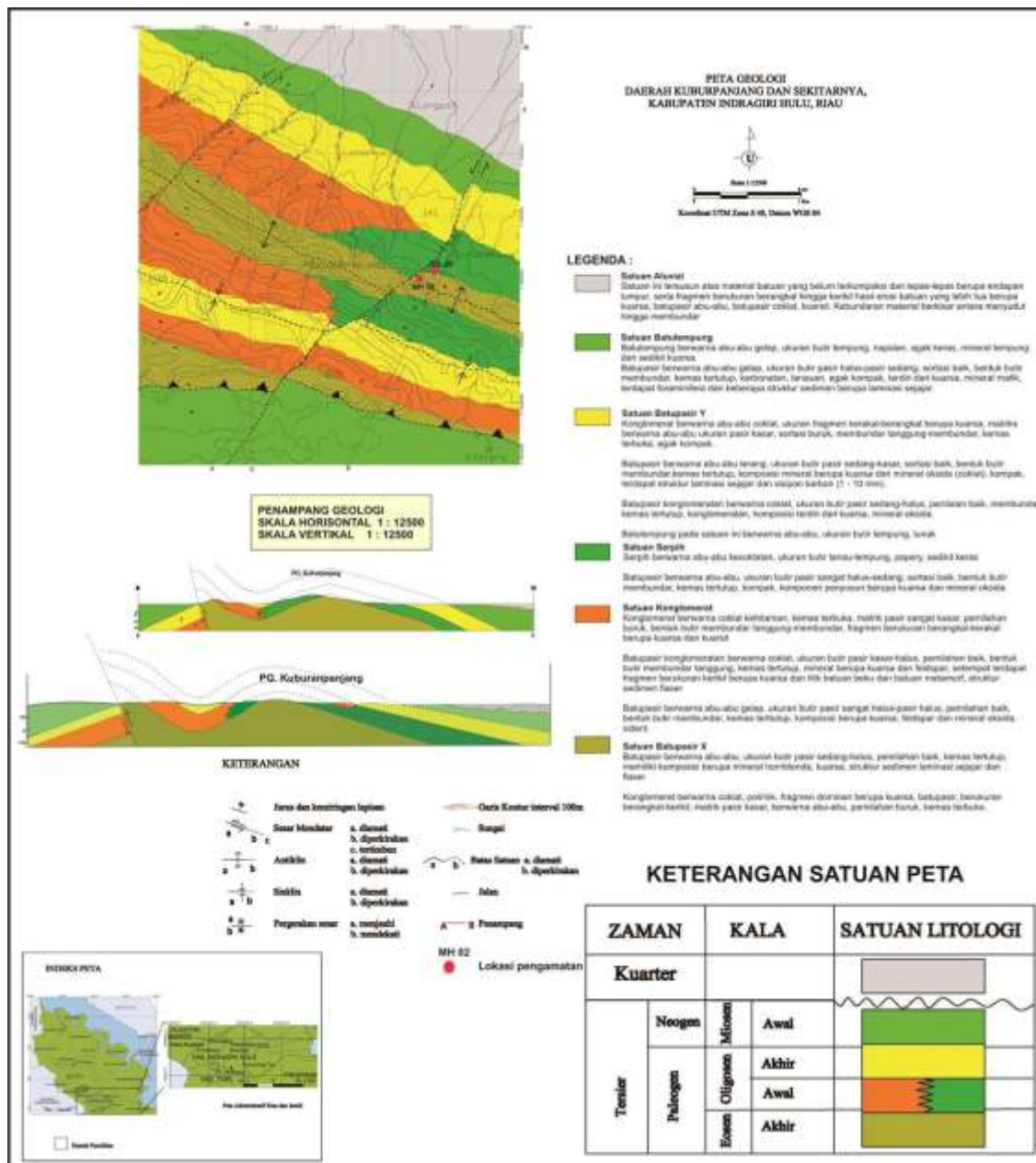
Sumber : gambar olahan penulis

Gambar 5. Penampang stratigrafi Formasi Kelesa bagian atas di Sungai Putikayu

Satuan Konglomerat terdiri atas konglomerat, batupasir konglomeratan dan batupasir, Satuan Serpilh (serpilh dan batupasir), Satuan Batupasir Y, terdiri dari batupasir, konglomerat dan batupasir konglomeratan, Satuan Batulempung yang tersusun atas batulempung dan batupasir dan Satuan Aluvial yang terdiri dari endapan yang belum terkompakkan seperti lumpur fragmen-fragmen batuan dari batupasir, kuarsa, dan kuarsit (Gambar 6).

Lapisan yang paling dominan di Formasi Kelesa bagian atas adalah serpilh yang mempunyai ketebalan sekitar 30

meter. Serpilh, coklat gelap, sampai keabuan, lunak, plastis, laminasi berselingan dengan batulempur, *flaggy*, abu-abu, kompak, berlapis baik 1-1.5 cm (Gambar 7). Batupasir, kecoklatan sampai abu, lapuk, terkonsolidasi, ukuran butir halus, komposisi fragmen didominasi kuarsa dan felspar. Konglomerat, polimik, kompak, sortasi jelek, menyudut tanggung-membulat tanggung, matrik pasir, fragmen didominasi oleh basal, kuarsit dan andesit. Perselingan batulempur dan batupasir sangat halus batupasir coklat dengan sisipan berwarna abu terang, *platy-flaggy*, lunak-keras, berlapis baik, peralapisan sejajar.



Gambar 6. Peta Geologi rinci daerah Kuburan Panjang



Sumber: Dok. Penulis

Gambar 7. Singkapan serpih di Sungai Puti Kayu, Kuburan Panjang, Riau.

Kekayaan Material Organik

Kekayaan material organik batuan serpih Formasi Kelesa di sungai Punt Kayu diinterpretasi berdasarkan data TOC yang telah dilakukan terhadap 23 percontoh batuan (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis TOC, kekayaan material organik serpih Formasi Kelesa mempunyai nilai TOC dari 1,18% sampai 7,17% yang menunjukkan kemampuan serpih termasuk kategori sangat baik. Gambar 8 memperlihatkan distribusi kekayaan material organik dari lapisan serpih termuda sampai tua di daerah penelitian. Siklus pengayaan material organik dapat dilihat di daerah penelitian menjadi dua siklus yang sangat signifikan yaitu di bagian atas dan bagian bawah dari distribusi TOC (Gambar 8). Siklus itu menunjukkan bahwa serpih bagian atas mempunyai kandungan kekayaan organik yang lebih baik di bandingkan pada bagian bawah.

Kekayaan material organik pada serpih tidak hanya diendapkan pada lingkungan *marine* tetapi juga *non-marine* bahkan lingkungan transisi, tetapi yang paling banyak adalah lingkungan fasies lakustrin (Zhang, dr., 2008; Zou, dr., 2011 dalam Ju, dr., 2014). Sebagai percontoh di Amerika Utara sumber gas serpih 1/3 berasal dari serpih yang diendapkan pada lingkungan *marine*, sedangkan 2/3 dari lingkungan transisi dan darat termasuk lakustrin (Zhang, dr., 2012). Serpih di daerah penelitian diendapkan pada lingkungan lakustrin, sehingga material organiknya sangat dipengaruhi oleh material organik dari darat dan lakustrin itu sendiri.

Tingkat Kerapuhan Serpih

Dari hasil analisis XRD (Tabel 2) terlihat komponen yang dominan menyusun serpih adalah kuarsa, illit, kaolinit, dickite, phengite dan phillipsite (Gambar 9). Masing-masing hampir hadir di setiap percontoh batuan. Mineral lain yang hadir adalah kalsit, anortit, siderit dalam jumlah yang kecil.

Kandungan mineral getas pada serpih Formasi Kelesa bagian atas terdiri atas mineral kuarsa dan karbonat khususnya dolomit. Kedua mineral tersebut secara signifikan akan sangat mempengaruhi tingkat kegetasan serpih atau nilai *Brittleness Index* (BI) serpih itu.

Menurut Wang dan Gale (2009), mineral utama yang mempengaruhi *brittleness*, adalah kuarsa dan dolomit. Mineral lainnya yang mempengaruhi secara minor antara lain: (fosfat, pirit, dan organisme yaitu kalsit, silika dan kerang).

DISKUSI

Tabel 3 menunjukkan percontoh serpih Formasi Kelesa bagian atas mempunyai nilai BI berkisar antara 35,72 – 63,19 % yang tergolong ke dalam kategori sedang sampai baik (sedikit lunak/*less ductile* - rapuh/*brittle*). Hasil tersebut menunjukkan adanya fluktuasi dari kehadiran mineral-mineral yang getas. Fluktuasi tersebut disebabkan oleh suatu sistem pengendapan dan suplai mineral-mineral getas yang berbeda-beda di setiap lapisan serpihnya. Tabel dan gambar memperlihatkan adanya perubahan nilai BI yang berbeda. Nilai BI yang berbeda tersebut dipengaruhi oleh mineral karbonat yang hadir pada serpih tersebut.

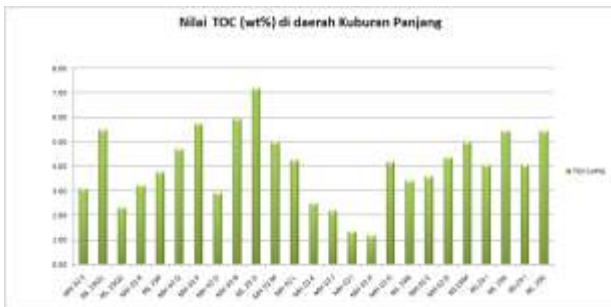
Kehadiran mineral karbonat dan kuarsa sangat mempengaruhi tingkat kegetasan serpih. Jika kita lihat pada sampel-sampel tersebut nilai karbonat 0 akan menghasilkan nilai BI yang kurang dari 50 meskipun masih dalam kisaran tingkat BI sedang. Sementara itu kuarsa juga merupakan mineral yang hampir sama pengaruhnya terhadap nilai BI, sampel yang mengandung mineral karbonat kecil tetapi kandungan kuarsa cukup besar maka nilai BI juga akan bagus. Lain halnya dengan kehadiran mineral lempung, dari semua sampel kandungan mineral lempung hampirimbang rata meskipun ada yang berbeda. Tabel 3, menunjukkan kandungan mineral lempung tidak begitu mempengaruhi secara signifikan terhadap nilai BI.

Tabel 1. Hasil Analisis *Rock-Eval Pyrolysis* (REP) dan *Total Organik Carbon* (TOC) serpilh di daerah penelitian.

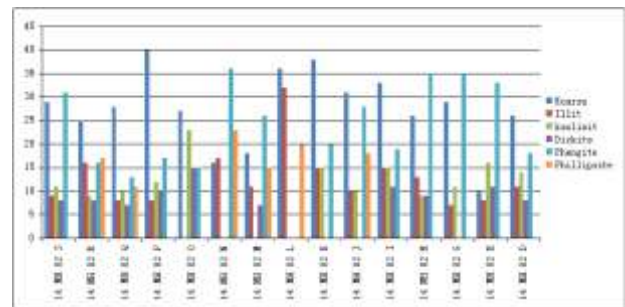
No.	Sample ID	Lithology	TOC (wt.%)	mg/g ¹ rock			Tmax (°C)	OI Production Index (IOP)	Potensial Yield (S ₁ +S ₂)	Hydrogen Index	Geyser Index
				S ₁	S ₂	S ₃					
1	MH 02 S	Shale, orange	3,09	0,01	17,56	2,57	431	0,001	13,59	369	33,12
2	NS 29 O ₁	Shale, orange, papery	1,14	0,10	15,22	-	415	0,003	11,31	181	-
3	NS 29 O ₂	Shale, yellow, papery	2,01	0,07	6,19	-	416	0,003	3,04	162	-
4	MH 02 R	Shale, orange	3,22	0,03	19,02	1,12	435	0,001	23,26	302	34,79
5	NS 29 P	Shale, yellow, papery	3,74	0,04	14,02	-	435	0,003	14,16	396	-
6	MH 02 L	Shale, orange	4,71	0,12	48,62	2,22	432	0,003	43,75	327	45,21
7	MH 02 P	Shale, orange	1,27	0,15	15,10	1,17	415	0,007	10,21	176	14,33
8	MH 02 T	Shale, orange	2,52	0,08	40,42	0,20	437	0,007	11,70	133	27,42
9	MH 02 V	Shale, orange, clayey	3,03	0,06	48,66	1,38	424	0,001	42,72	386	25,30
10	NS 29 O	Shale, orange, papery	2,17	0,20	46,44	-	420	0,004	43,54	342	-
11	MH 02 M	Shale, orange	4,58	0,18	35,61	-	438	0,007	31,57	171	-
12	MH 02 L	Shale, orange	4,25	0,04	27,91	1,49	435	0,001	23,55	356	33,24
13	MH 02 K	Shale, orange	3,47	0,07	19,07	2,17	434	0,007	15,75	491	18,35
14	MH 02 J	Shale, orange	1,79	0,03	1,45	1,19	415	0,001	1,55	15	51,76
15	MH 02 I	Shale, orange	1,07	0,02	10,52	0,19	415	0,003	11,12	132	17,17
16	MH 02 H	Shale, orange	1,16	0,02	1,76	0,13	411	0,003	1,61	101	6,11
17	MH 02 G	Shale, orange	4,16	0,07	10,04	0,47	415	0,003	10,12	330	20,45
18	NS 29 H	Shale, orange, papery	2,40	0,05	11,80	-	427	0,004	11,35	147	-
19	NS 29 E	Shale, orange	4,28	0,04	45,14	3,44	431	0,003	33,01	381	36,14
20	MH 02 D	Shale, orange	4,24	0,28	31,71	1,79	427	0,004	51,54	1,91	41,22
21	NS 29 M	Shale, orange, clayey	4,58	0,18	35,61	-	438	0,007	31,52	171	-
22	NS 29 L	Shale, orange, clayey	4,66	0,16	28,22	-	436	0,003	28,18	346	-
23	NS 29 K	Shale, yellow, papery	1,45	0,17	41,74	-	441	0,007	41,04	371	-

Sumber: data olahan penulis

Keterangan :
 TOC : Total Karbon Organik
 S₁ : Hidrokarbon Bebas
 S₂ : Kuantitas HC yang dilepaskan Kerogen
 PI : Indeks Produksi (S₁/S₁+S₂)
 Tmax : Temperatur maks (°C) untuk pembentukan HC dari kerogen
 HI : Indeks Hidrogen
 PY : Jumlah HC (S₁ + S₂)



Sumber: gambar olahan penulis



Sumber: gambar olahan penulis

Gambar 8. Diagram Histogram yang menunjukkan nilai TOC dari percontoh serpilh di daerah penelitian dari lapisan muda-tua (MH 02 S- NS 29K)

Gambar 9. Komposisi mineral berdasarkan hasil analisis XRD (Tabel 2) pada percontoh serpilh di daerah Kuburan Panjang

Tabel 2. Hasil analisis XRD dari percontoh serpilh di daerah penelitian

No	Sample	Quartz	Illite	Hallogastite	Diagenite	Other	Sum	Quartz	Illite	Hallogastite	Diagenite	Other	Sum	Quartz	Illite	Hallogastite	Diagenite	Other	Sum
1	MH 02 S	15	5	10	1		31	5					31						
2	NS 29 O ₁	25	2	9	3	11	50	2					52						
3	MH 02 J	25	3	17	7	11	63						63						
4	MH 02 T	45	1	12	11		79						79						
5	MH 02 U	47		23	22		92						92						
6	MH 02 V	17	17		25		59	1					60						
7	MH 02 W	18	11		15	11	55	6					61						9
8	NS 29 E	25	22		20		67						67						
9	MH 02 H	15	15	15			45						45						
10	MH 02 I	11	10	11		16	48						48						
11	MH 02 J	33	25	13			71						71						4
12	MH 02 K	27	15	9	9		60						60						
13	MH 02 L	21	7	11			39						39						11
14	NS 29 E	22	2	12			36						36						
15	MH 02 F	12	11	14	4		41	5					46						1

Sumber : data olahan penulis

Oleh karena itu kandungan mineral kuarsa dan karbonat sangat mempunyai efek yang signifikan terhadap nilai BI pada serpih di daerah penelitian.

Dalam mempelajari serpih sebagai batuan yang bisa berperan sebagai batuan induk hidrokarbon ataupun non-konvensional hidrokarbon kandungan mineral lempung dan mineral getas (kuarsa dan karbonat) mempunyai peran yang sangat penting. Keduanya merupakan faktor penentu dalam melihat prospektifitas serpih sebagai sumber non-konvensional hidrokarbon terkait dengan metode eksploitasi gas serpih yaitu metode *hydraulic fracturing*. Pada umumnya *play shale* gas yang produktif menghasilkan gas setidaknya memiliki 7 (tujuh) kriteria (Wylie et al., 2008 dalam Sosrowidjojo, 2009). Tabel 4. menjelaskan ketujuh criteria *variabel play*.

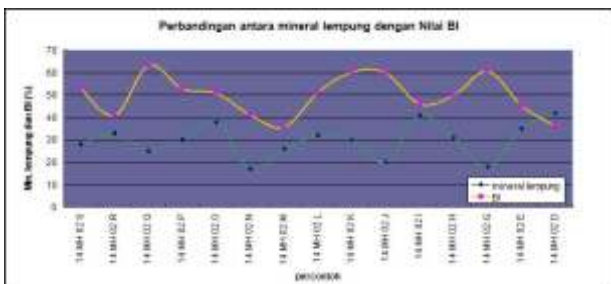
Berdasarkan Tabel 4. Kandungan mineral lempung yang baik untuk serpih yang mempunyai potensi sebagai gas serpih adalah <40%. Hasil analisis XRD percontoh serpih di daerah penelitian memperlihatkan bahwa kandungan mineral lempung pada percontoh serpih Formasi Kelesa bagian atas menunjukkan hampir semuanya < 40 % kecuali percontoh 14 MH 02 I dan 14 MH 02 D, sehingga secara keseluruhan kandungan mineral lempung pada serpih termasuk kategori yang dapat diterima sebagai persyaratan untuk potensi gas serpih.

Gambar 10 memperlihatkan hubungan antara kandungan mineral lempung dengan nilai BI pada

Tabel 3. Nilai *Brittleness Indeks* (BI) dari serpih di daerah penelitian

No.	Kode Sampel	Komposisi (%)				Brittleness Index (BI) (%)
		Kuarsa	Mineral lempung	Karbonat	TOC / material Organik	
1	14 MH 02 S	25	28	0	3.09	57.56
2	14 MH 02 R	25	33	0	3.22	40.86
3	14 MH 02 I	76	25	23	6.71	65.19
4	14 MH 02 P	40	30	0	5.34	52.81
5	14 MH 02 D	37	39	15	2.92	50.65
6	14 MH 02 H	36	37	0	5.91	41.30
7	14 MH 02 M	36	26	0	6.39	36.72
8	14 MH 02 L	36	32	2	4.25	51.18
9	14 MH 02 K	38	30	11	2.47	60.14
10	14 MH 02 J	31	20	2	2.35	50.75
11	14 MH 02 I	33	41	3	1.34	45.95
12	14 MH 02 H	26	31	6	1.38	49.86
13	14 MH 02 G	29	18	5	4.18	60.52
14	14 MH 02 E	30	35	22	3.58	45.34
15	14 MH 02 D	26	42	0	4.34	35.94

Sumber : data olahan penulis



Sumber : gambar olahan penulis

Gambar 10. Perbandingan mineral lempung dengan nilai BI pada percontoh serpih

serpih di daerah penelitian yang memperlihatkan hubungan yang kurang selaras artinya ketika kandungan mineral lempung tinggi tidak selalu nilai BI tinggi juga. Sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan antara mineral lempung dan BI kurang korelatif atau korelasi negatif.

Mineral lempung sebagian besar terbentuk akibat pelapukan silikat aluminium, namun masih mungkin dapat terbentuk dalam lingkungan sedimentasi (pada tahap awal diagenesis) atau pada lingkungan pasca-penguburan (pada tahap diagenesis lanjut). Sebagian mineral lempung merupakan produk proses-proses hidrotermal. Sebagian lagi dapat terbentuk akibat presipitasi dari larutan ion dan akibat kristalisasi suatu gel. Kaolinit, dan ilit tampaknya terbentuk akibat pelapukan berbagai jenis batuan di bawah kondisi iklim yang beragam. Kaolinitisasi dipicu terjadi pada lingkungan “asam”, misalnya pada lingkungan air tawar. Mineral lempung yang terkandung pada serpih Formasi Kelesa bagian atas didominasi oleh kehadiran kaolinit illit (7 - 32 %), (9 - 23%), dickit (7 - 11%) dan nacrit merupakan mineral lempung yang paling sedikit.

Kehadiran mineral lempung yang merupakan faktor terhadap nilai BI dipengaruhi oleh kelimpahan dari mineral lempung jenis illit dan kaolinit. Illit yang hadir hampir disetiap percontoh mempunyai tingkat keterpengaruhan yang lebih tinggi dibandingkan kaolinit yang lebih sedikit hadir pada percontoh lapisan serpih (Tabel 2 dan Gambar 11).

Sulfida besi karbonat besi (siderit), silikat besi (klorit) serta oksida besi membentuk suatu deretan mineral yang berkorelasi dengan peningkatan potensi oksidasi. Kehadiran mineral-mineral tersebut, sekalipun dalam jumlah yang kecil, jika benar-benar merupakan material yang terbentuk pada saat terjadinya sedimentasi, merupakan indikator dari kondisi oksidasi dari lingkungan pengendapan.



Sumber : gambar olahan penulis

Gambar 11. Perbandingan kelimpahan antara illit dan kaolinit pada lapisan serpih Formasi Kelesa bagian atas.

Sementara itu Gambar 12 memperlihatkan hubungan antara kandungan kuarsa dengan nilai BI yang menunjukkan korelasi yang lebih positif. Kandungan kuarsa tinggi memperlihatkan nilai BI yang tinggi juga meskipun ada tiga titik yang kurang korelatif yaitu 14 MH 02 J, MH 02 I, MH 02 H dan MH 02 D. Hubungan yang kurang korelatif tersebut mungkin adanya faktor kandungan mineral lain yang lebih dominan yaitu kandungan karbonat yang lebih dominan mempengaruhi nilai BI. Gambar 13 memperlihatkan bahwa percontoh MH 02 I, MH 02 H, dan MH 02 D nilai BI dipengaruhi oleh kandungan mineral karbonat terbukti dengan hubungan yang korelatif jika dibandingkan dengan kuarsa. Mineral karbonat lebih mempengaruhi terhadap nilai BI meskipun kuarsa juga mempunyai peran yang dapat mempengaruhi nilai BI.

Berdasarkan nilai BI dan kandungan mineral lempungnya maka dapat di jelaskan bahwa serpilh Formasi Kelesa bagian atas di daerah penelitian dapat memenuhi syarat sebagai serpilh yang apabila berpotensi sebagai gas serpilh dapat dieksploitasi menggunakan metode *hydraulic fracturing*.

KESIMPULAN

Serpilh Formasi Kelesa Bagian Atas mempunyai kandungan mineral-mineral getas (kuarsa dan karbonat) yang cukup fluktuatif. Berdasarkan nilai *Brittleness Indexnya* (BI) maka serpilh Formasi Kelesa bagian atas mempunyai tingkat kegetasan yang cukup bagus. Apabila serpilh tersebut berpotensi sebagai gas serpilh maka serpilh tersebut secara karakteristik mempunyai kemungkinan untuk dapat memenuhi persyaratan jika menggunakan metode *hydraulic fracturing* dalam eksploitasinya. Nilai BI yang bagus tersebut tidak terlepas dari peran mineral-mineral getas yang terkandung dalam serpilh terutama kehadiran kuarsa dan karbonat. Mineral lempung yang terkandung dalam serpilh memiliki peran lebih kecil terhadap nilai BI

dibandingkan dengan kehadiran mineral kuarsa dan karbonat. Mineral lempung jenis illit lebih mempengaruhi dibandingkan kaolinit dan lainnya dalam memenuhi kuota kandungan mineral lempung untuk perhitungan BI. Sementara itu kandungan karbonat memiliki peran lebih signifikan dibandingkan mineral lempung dan kuarsa, meskipun kuarsa juga mempunyai kontribusi terhadap nilai BI yang signifikan. Ketiganya mempunyai peran yang tidak dapat dipisahkan dalam hal mempengaruhi nilai BI.

Fluktuasi kandungan mineral getas di serpilh tersebut merupakan akibat dari proses pengendapan yang dinamis. Lingkungan pengendapan sangat mempengaruhi akan terakumulasinya suatu mineral baik kuarsa ataupun karbonat. Kuarsa merupakan mineral yang umum dijumpai pada batuan sedimen tetapi karbonat bisa jadi karena adanya faktor air laut yang berperan atau adanya kondisi oksidasi sehingga terbentuk kondisi oleh pengaruh kimiawi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dewan Redaksi, rekan-rekan tim lapangan (Asep Kurnia Permana, Yusup Iskandar dan Jumbawan) sehingga tulisan dan data dapat diolah menjadi suatu tulisan ilmiah.

Tabel 4. Persyaratan ideal *play shale gas*

Variabel <i>Play</i>	Persyaratan yang diinginkan
Zona Ketebalan	>30 meter
Kematangan termal	Berada dalam kisaran gas window (Ro 1.1 - 1.4%)
Total Organik Content	TOC > 3 %
Kandungan Hidrogen	HI < 150
Kandungan Gas	Tinggi > 100 scf/ton
Kandungan Lempung	Moderat (< 40%) dengan (<i>very low mixed layer component</i>)
Komposisi Getas	Dindikasikan dari <i>Poisson's Ratio</i> (rendah) dan <i>Young Modulus</i> (tinggi)

Sumber: *Wylie et al., 2008*



Sumber : gambar olahan penulis

Gambar 12. Perbandingan antara kandungan kuarsa dengan nilai BI pada percontoh serpilh



Sumber : gambar olahan penulis

Gambar 13. Perbandingan antara kandungan mineral karbonat dengan nilai BI pada percontoh serpilh

ACUAN

- Clarke, M.C.G., 1982, Notes on a Geological traverse from Padang to Medan, Sumatera. Unpublished Report, NSFP Rep. Ser. Vol. 4, No. 4/83, Directorate of Mineral Resources, Bandung, Indonesia, 11/10/83.
- De Coster, G.L., 1974, The Geology of The Central and South Sumatera Basins. *IPA 3rd Annual Convention Proceedings*
- Eubank, R.T., dan Makki, A.C., 1981, Structural geology of The Central Sumatera Back Arc Basin, *IPA 10th Annual Convention Proceedings*
- Heidrick, T.L., dan Aulia, K., 1993, A Structural and Tectonic Model of The Coastal Plains Block, Central Sumatera Basin, Indonesia, *IPA 22nd Annual Convention Proceedings*.
- Hermiyanto, .H., Panggabean, H, Herdamawan dan Syafri, I, 2015, Dinamika Kehadiran Material Organik Pada Lapisan Serpilh Formasi Kelesa di Daerah Kuburan Panjang, Cekungan Sumatera Tengah, Riau. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Vol.16 Nomor 4*, h.171 - 181.
- Heryanto, R. dan Hermiyanto, H., 2006, Potensi Batuan Sumber (Source Rock) Hidrokarbon di Pegunungan Tigapuluh, Sumatera Tengah. *Jurnal Geologi Indonesia, Vol.1, No.1*, h.37-48.
- http://eprints.undip.ac.id/43216/1/naskah_publikasi.pdf ; Farizi, F "Analisis Potensi Shale Gas Formasi Tanjung Cekungan Barito, Kalimantan Selatan Menggunakan Data Petrografi, SEM , Geokimia, XRD , dan Seismik 2.
- Ju YW., Wang, G., Bu, H., Li, Q., Yan, Z., 2014, China Organic Rich Shale Geologic Features and Special Shale Gas Production Issues, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 6*, 196-207.
- Patra E, 2014, Geologi daerah Kuburanpanjang dan Sekitarnya, Kabupaten Indragiri Hulu, Riau, Skripsi pada Institut Teknologi Bandung, (tidak dipublikasikan).
- Perez, M dan K.J. Marfurt, 2014 *Mineralogy-based brittleness prediction from surface seismic data: Application to the Barnett Shale. Interpretation*, Vol. 2, No. 4 (November 2014); p. T255–T271, Society of Exploration Geophysicists and American Association of Petroleum Geologists.
- Rahmalia, D., 2012, Shale Gas Potential in Indonesia “More to The East”, *Pocceedings, Indonesian Petroleum Association Thirty-Sixth Annual Convention & Exhibition*, May 2012.
- Silitonga, P.H dan Kastowo1995. *Peta Geologi Lembar Solok skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Simandjuntak, T.O., Budhitrinsa, T., Surono., Gafoer, S., dan Amin, T.C., 1994. *Peta Geologi Lembar Muarabungo, Sumatera skala 1:250.000*. Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sosrowidjojo, Imam B., 2009, Evaluating and Developing Coalbed Methane Resources, Bahan Kursus (Tidak dipublikasikan).
- Susanto, E., Suwarna, N. dan Hermiyanto, H., 2004. Penelitian Fosil Fuel dan Paleontologi, Kajian Oil shale, di Sumatera Bagian Tengah. Laporan Internal, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suwarna, N., Budhitrinsa, T., Santosa, S., dan Andi Mangga, S., 1994. *Geological Map of the Rengat Quadrangle, Sumatera, scale 1 : 250.000*. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Waples, D.W., 1985, *Geochemistry in Petroleum Exploration*. Brown and Ruth Labotaries, Inc. Denver, Colorado.
- Wang, F. P., and J. F. W. Gale, 2009, *Screening criteria for shale-gas systems: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 59.
- Yarmanto, Muswar, I., Kadar, D., dan Johansen, S. 2006, *Re-Appraisal of Shallow Marine Reservoirs In The Central Sumatera Basin, Sixty-Five Years After First 71. Hydrocarbon Discovery. Jakarta2006 International Geosciences Conference and Exhibition*, Jakarta.
- Zhang, DW., Li YX., Zhang JC., Qiao DW., Jiang WL., Zhang JF., 2012, *National Survey and Assesment of Shale Gas Resources Potential in China, Beijing: Geologic Publishing House in Chinese*.