



LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA FORMASI KERUH DAERAH KUANTAN-SINGINGI PROVINSI RIAU BERDASARKAN ANALISIS PETROGRAFI ORGANIK

Aditya Riyadi Putra¹, Ildrem Sjafri¹, Reza Moh Ganjar Gani¹, Nana Suwarna^{1,2}.

¹Fakultas Teknik Geologi UNPAD, Jln. Raya Bandung – Sumedang Km. 21 Jatinangor

²Badan Geologi, Jln. Diponegoro No. 57 Bandung

*Korespondensi: aditya6riyadi@gmail.com

ABSTRAK

Formasi Keruh yang terletak di bagian barat daya Cekungan Sumatera Tengah dan memiliki umur Eosen-Oligosen, tersingkap di sekitar Sungai Keruh, sekitar 10 km barat laut Kampung Petai, bagian barat laut Kabupaten Kuantan-Singingi, Provinsi Riau. Formasi Keruh ini sebagai batuan-pembawa batubara ekuivalen dengan Anggota Bawah Formasi Telisa. Lapisan batubara dalam formasi tersebut didominasi oleh litotipe *bright*, dan secara petrografis tersusun atas dominasi maseral vitrinit, diikuti oleh inertinit dan liptinit, serta bahan mineral yang terdiri atas dominasi mineral lempung dan pirit framboidal. Analisis lingkungan pengendapan batubara dilakukan melalui diagram perbandingan indeks gelifikasi (GI) dan indeks pengawetan jaringan (TPI) serta diagram perbandingan indeks muka air tanah (GWI) terhadap indeks vegetasi pembentuk batubara (VI). Hasil pengeplotan data analisis petrografi pada kedua diagram tersebut, batubara di daerah penelitian diduga terendapkan pada fasies telmatik-limnik, dengan lingkungan pengendapan berkisar dari *marsh* ke *wet forest swamp*, dan terbentuk dari dominasi tetumbuhan tingkat tinggi pada kondisi ekosistem hidrologi ombrotrofik-reotrofik.

Kata kunci: maseral, telmatik-limnik, lingkungan pengendapan, ekosistem hidrologi

ABSTRACT

The Eo-Oligocene Keruh Formation located in southwestern side of Central Sumatra Basin outcrops around Cikeruh River, about 10 km northwestern of Petai Village, northwestern part of Kuantan-Singingi Regency, Riau Province. The Keruh Formation as a coal-bearing sediments is similar to the Lower Member of Telisa Formation. Coal seams of the formation are dominated by bright lithotype, whilst petrographically, the coal seams comprise vitrinite macerals dominantly, followed by inertinite, and liptinite. Mineral matter of the coal comprises dominantly clays and framboidal pyrite. Coal depositional environment interpreted, using the gelification index (GI) versus tissue preservation index (TPI) diagram and groundwater index (GWI) versus vegetation index (VI) diagram, tends to indicate a telmatic-limnic facies at marsh to wet forest swamp range zone, within ombrotrophic-rheotrophic hydrological condition. Moreover, coal precursor was originated dominantly from angiosperm vegetation, with minor herbaceous types.

Keywords: maceral, telmatic-limnic, depositional environment, hydrologic ecosystem

1. PENDAHULUAN

Eksplorasi batubara adalah salah satu cara untuk menjaga ketersediaan batubara di Indonesia. Eksplorasi pun perlu dilakukan karena pada satu dekade terakhir, Indonesia mengalami peningkatan sampai pada angka 28,4%

dari jumlah produksi sebelumnya (Prokum ESDM, 2012). Kaitannya dengan eksplorasi, studi tentang batubara menjadi satu hal penting untuk mendukung kegiatan eksplorasi tersebut. Analisis petrografi batubara menjadi menarik untuk digunakan sebagai metode studi lingkungan pengendapannya karena dapat melihat

kandungan – kandungan batubara tersebut secara lebih terperinci. Analisis petrografi merupakan suatu ilmu yang mempelajari karakteristik komponen-komponen organik dan non-organik, asal mula, dan riwayat pembentukan batubara.

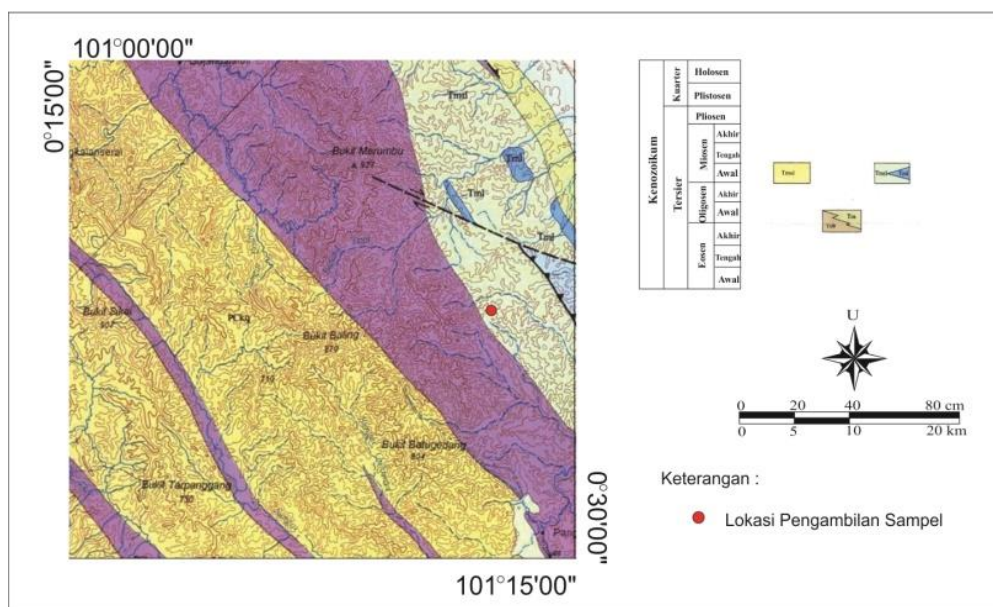
2. TINJAUAN PUSTAKA

Daerah penelitian yang terletak di sekitar Sungai Keruh (Gambar 1) ditempati oleh Anggota Bawah Formasi Telisa (Tmtl) yang berumur Miosen (Silitonga dan Kastowo, 1995). Sementara itu, oleh Kusumahbrata dan Suwarna (2003) satuan batuan tersebut diusulkan menjadi Formasi Keruh dengan umur Eo-Oligosen. Litologi

Formasi Keruh berada di bawah Formasi Lakat dan dikontrol oleh struktur geologi berupa sesar naik dan sesar geser jurus.

Litotipe dan komposisi maseral batubara merupakan salah satu parameter yang penting dalam penentuan lingkungan pengendapan batubara (Diessel, 1982, 1986, dan 1992). Perubahan fasies selama proses pengendapan bahan pembentuk batubara bisa dikaji berdasarkan hasil analisis litotipe secara makroskopis di lapangan dan analisis maseral serta mineral secara petrografis di laboratorium (Koswara drr., 2014).

Petrografi batubara merupakan salah satu metode untuk mengetahui kandungan-kandungan maseral serta



pada formasi ini tersusun atas bahan mineral yang menyusun batubara
Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian(modifikasi dari Silitonga dan Kastowo, 1995) dan lokasi sampel (bulatan merah)

konglomerat, batupasir, batulumpur perselingan batubara dengan sisipan batupasir, dan batulumpur yang kaya akan bahan organik. Berdasarkan karakteristik litologi, bagian bawah Formasi Keruh diendapkan pada sistem fluvial, bagian tengah terakumulasi pada lingkungan rawa, dan bagian atasnya pada zona banjir yaitu zona atas pada sistem delta (Kusumahbrata dan Suwarna, 2003). Secara stratigrafi,

tersebut. Maseral merupakan bahan utama penyusun batubara (Bustin drr. 1983; Taylor drr.) 1998). Terdapat beberapa faktor pengontrol keterbentukan maseral dan mineral sebagai bahan penyusun batubara, yaitu kondisi geologi, iklim, vegetasi, dan rezim hidrologi saat gambut terendapkan (Diessel, 1993 ; Bustin drr., 1983; dan Calder drr., 1991, 1993).

3. METODE

Terdapat sepuluh sampel batubara Formasi Keruh yang nantinya dianalisis kandungan maseral dan bahan mineralnya melalui mikropetrografi organik, dengan menggunakan sinar pantul putih dan juga sinar fluoresens. Setelah didapatkan hasil-nya, maka dilakukan analisis lingkungan pengendapan batubara dengan diagram GI vs. TPI, dan diagram GWI vs. VI.

Tingkat pengawetan endapan gambut sebagai bahan awal pembentuk batubara dapat direkonstruksi berdasarkan indeks pengawetan jaringan (*Tissue Preservation Index*; TPI), sementara tingkat kondisi nisbi kering (*relative dryness*; telmatik) dan basah (*wetness*; limnik) saat pembentukan gambut dapat diinter-pretasikan dari indeks gelifikasi (*Gelification Index* ; GI) (Diessel, 1986 dan 1992 ; Lamberson, 1991).

GI adalah indikator permukaan air tanah dan pH, karena proses gelifikasi membutuhkan kehadiran air yang menerus serta kehadiran mikroba memerlukan keasaman rendah (Kolcon dan Sachsenhofer, 1999). Formula dari nilai GI didapatkan dari perbandingan maseral yang terbentuk karena proses gelifikasi (vitritin dan makritin) terhadap maseral yang terbentuk karena proses oksidasi (fusinit, semifusinit, dan inertodetrinit), karena vitritin akan tumbuh dengan baik dalam keadaan lingkungan yang basah sehingga suplai oksigen terbatas yang berefek pada terbatasnya pula aktivitas oksidasi (Lamberson dr., 1991).

Calder dr. (1991) dan Calder (1993) mengusulkan indeks petrografi lain untuk menentukan fasies lingkungan pengendapan batubara, yaitu GWI (*Ground Water Index*) dan VI (*Vegetation Index*). GWI dapat menentukan rezim hidrologi saat pembentukan batubara, sementara VI dapat memperkirakan jenis vegetasi pembentuk batubara. Lebih jauh lagi GWI dapat memperlihatkan perkembangan lingkungan pengendapan

(*paleo-mires*) yang berkisar dari jenis reotrofik (*rheotrophic*) sampai ombrotrofik (*ombrotrophic*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Litotipe

Di daerah penelitian, litotipe batu-bara (Tabel 1) 60% terdiri atas jenis *bright* (B; sampel nomor 1, 3, 4, 6, 8, dan 9). Hal ini menunjukkan bahwa batubara tersebut terbentuk dari bahan yang sangat sedikit mengalami oksidasi serta pelapukan, dan selalu berada pada kondisi basah yang relatif konstan. Namun 30% batubara (sampel nomor 2, 7, dan 10) pada daerah penelitian berupa batubara dengan litotipe *banded* (BD) dan 10 % dengan jenis litotipe *dull-banded* (DB; sampel nomor 5).

Enam sampel batubara pada daerah penelitian yang memiliki litotipe *bright* di- wakili oleh satu sampel yaitu sampel ES 16 D, menunjukkan bahwa maseral – maseral yang terdapat pada batubara berlitotipe *bright* akan memiliki jumlah vitritin yang dominan, inertinit yang sangat jarang, dan sedikit bahan mineral. Karakteristik ini menginterpretasikan bahwa batubara dengan litotipe *bright* akan terbentuk pada lingkungan basah sehingga sirkulasi oksigen akan sulit untuk masuk dan akan sedikit terbentuk inertinit.

Tiga sampel batubara pada daerah penelitian menunjukkan batubara dengan litotipe *banded*. Hasil analisis petrografi pada batubara ini menunjukkan maseral vitritin yang dominan, terutama vitritin B, dan bahan mineral dengan persentase lebih banyak, contohnya pada sampel ES 16B. Hal tersebut dapat mengindikasikan terjadinya gangguan pada saat batubara terendapkan, dan kemungkinan besar batubara tersebut terbentuk pada lingkungan basah dengan pasokan bahan mineral yang signifikan.

Hanya terdapat satu sampel batubara dengan litotipe *banded*, yakni sampel ES 16G. Hasil petrografi menyata-kan bahwa batubara ini

merupakan batubara dengan bahan mineral terbanyak. Hal ini menandakan

bahwa adanya suplai bahan pengotor yang lebih banyak dari biasanya.

Tabel 1. Hasil analisis petrografi batubara daerah penelitian

No	Sampel	Litotipe	Maseral (%)														Bahan Mineral (%)					
			TI	Ds	Gl	Dt	V	Sf	Fu	idt	i	Re	Sp	Al	Cu	Lpt	L	Clay	Q	Pvr	Fpyr	Tot
1	ES 16 A	B	49,4	20,4	9,4	5,8	85	0,2	0,2	0,2	0,6	0,8	0	0	6,4	0	7,2	0	0,2	1,4	5,6	7,2
2	ES 16 B	BD	28,4	40,4	3,6	12	84,4	0	0,8	0	0,8	0	0	0	4,4	0	4,4	3,6	0	4	2,4	10
3	ES 16 D	B	48,6	25,2	5,8	12	91,6	0	0,2	0	0,2	0,4	0,6	0	1	0	2	0,2	0	4,2	1,8	6,2
4	ES 16 E	B	53	18	4	7,6	82,6	0,2	2,2	0,8	3,2	3,4	0	0,2	5,6	0	9,2	0,6	0	3,4	1	5
5	ES 16 G	DB	22,2	37,4	4	5,2	68,8	0,2	0,2	0	0,4	0,6	0	0	0,6	0	1,2	20,2	0	8,2	1,2	29,6
6	ES 16 H	B	47,2	22,4	4	12,2	85,8	0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	5	0,2	5,8	0,8	0,2	5,6	1,8	8,4
7	ES 16 H1	BD	40	39	3,2	5	87,2	0,2	0,4	0,2	0,8	1,6	0	0	2,8	0	4,4	0	0	5,8	1,8	7,6
8	ES 16 I	B	65,2	11,4	1,2	6,4	84,2	0	0,2	0,2	0,4	1	0	0	1,2	0	2,2	0	0	11	2,2	13,2
9	ES 16 J	B	52,2	18	1,4	13,2	84,8	0,2	0,2	0	0,4	0	0,2	0	4,2	0,2	4,6	0,4	1	3	5,8	10,2
10	ES 16 K	BD	3,9	36,8	2,4	39,9	83	0	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0	3,4	0	7,3	4,3	15

B	Bright	Sf	Semifusinit	Lpt	Liptodetrinit
BD	Bright Banded	Fu	Funginit	Clay	Lempung
DB	Dull Banded	idt	Inertodetrinit	Q	Kuarsa
TI	Telokolinit	i	Inertinit	Pyr	Pirit
Ds	Desmokolinit	Re	Resinit	Fpyr	Pirit Framboidal
GI	Korpokolinit	Sp	Sporinit	Tot	Total Bahan Mineral
Dt	Detrovitrit	Al	Alginit		
V	Vitrinit	Cu	Kutinit		

4.2 Petrografi Organik

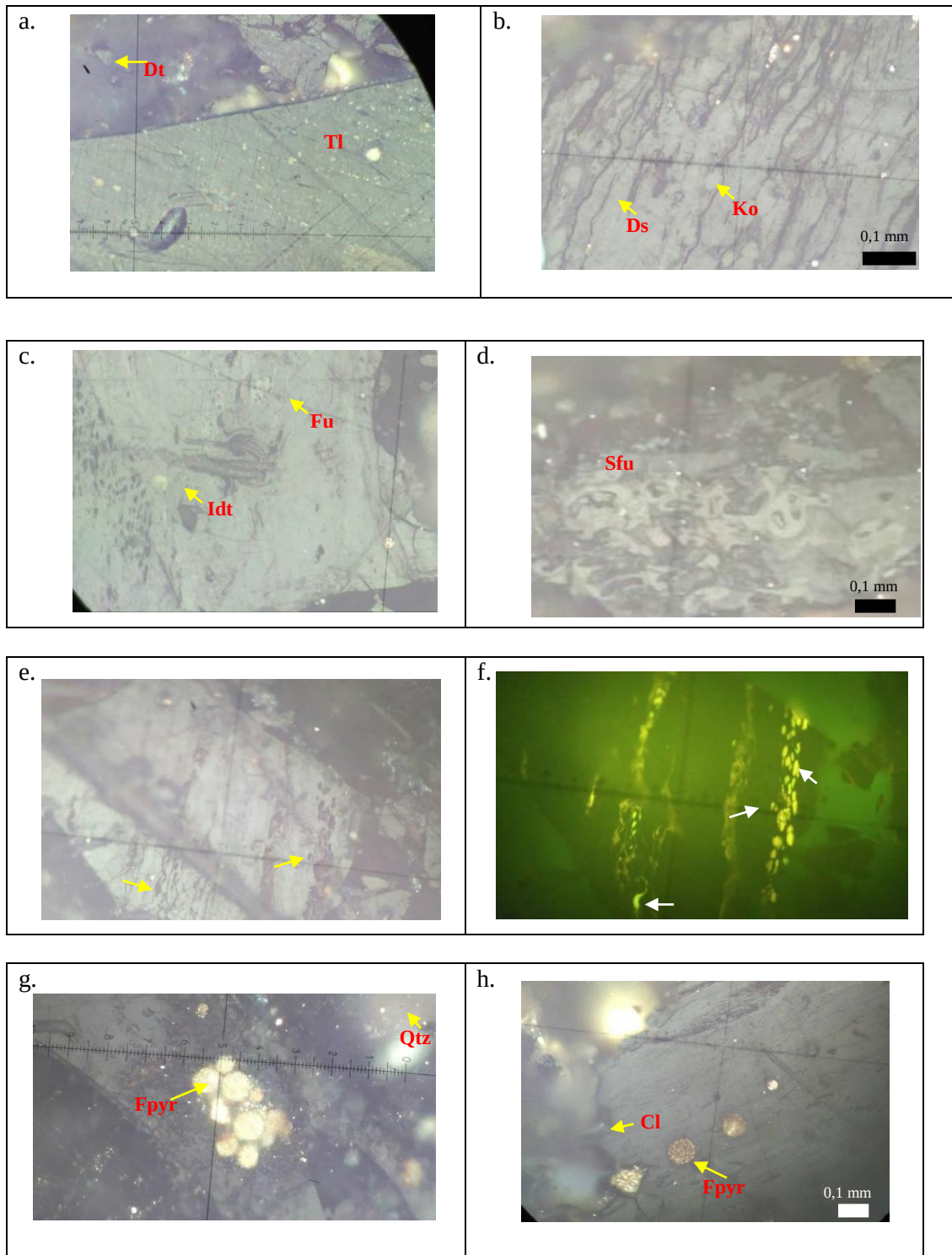
Berdasarkan hasil analisis petrografi batubara daerah penelitian, sampel batubara didominasi oleh kelompok maseral Vitrinit (68,8% - 91,6%), yang kemudian diikuti oleh Inertinit (0,2% - 3,2%) dan Liptinit (0% - 9,2%), serta Bahan Mineral (5% - 29,6%) (Tabel 1 dan Gambar 2). Kelompok maseral vitrinit tersusun oleh maseral telokolinit (22,2% - 65,2%), desmokolinit (18% - 39%), korpokolinit (1,2% - 9,4%), dan detrovitrinit (5% - 39,9%). Kelompok maseral inertinit terdiri atas maseral semifusinit (0% - 0,2%), funginit (0,2% - 2,2%), dan inertodetrinit (0% - 0,8%). Selanjutnya, kelompok maseral liptinit terdiri atas maseral resinit (0% - 3,4%), sporinit (0% - 0,2%), kutinit (0% - 6,4%), alginit (0% - 0,2%), dan liptodetrinit (0% - 0,2%), sedangkan Bahan Mineral berupa mineral lempung (0% - 0,8%), kuarsa (0% - 1%), pirit (1,4% - 28,2%), dan pirit framboidal (1% - 7,8%).

4.3 Lingkungan Pengendapan

4.3.1 Diagram GI vs. TPI

Formula dari nilai GI didapatkan dari perbandingan maseral yang terbentuk karena proses gelifikasi (vitrinit dan makrinit) terhadap maseral yang terbentuk karena proses oksidasi (fusinit, semifusinit, dan inertodetrinit), karena vitrinit akan tumbuh dengan baik dalam keadaan lingkungan yang basah sehingga suplai oksigen terbatas yang berefek pada terbatasnya pula aktivitas oksidasi (Lamberson dr., 1991).

Nilai TPI didapatkan dari formula antara perbandingan maseral yang strukturnya terawetkan (telokolinit, fusinit, dan semifusinit) dengan maseral yang struktur sel nya tidak terawetkan (telokolinit, fusinit, dan semifusinit) dengan maseral yang struktur sel nya tidak terawetkan dengan baik (desmokolinit, makrinit, dan inertodetrinit).



Gambar 2. Fotomikrograf maseral dan bahan mineral batubara a.) Dt (Detrovitrit), Tl(Telokolinit), b.) Ds (Desmokolinit), Ko(Korpokolinit) merupakan submaseral vitrinit, c.) Fu(Funginit), Idt(Inertodetrinit), d.) Sfu(Semifusinit) merupakan submaseral inertinit, e.) Ku(Kutinit), Lpt (Liptodetrinit), Re(Resinit) merupakan submaseral liptinit f.) Foto mikrograf dengan cahaya fluoresens gambar pada kolom e yang merupakan submaseral liptinit, g.) fpyr (Pirit Framboidal), Qtz(Kuarsa), h.) Cl (Mineral Lempung), Fpyr(Pirit Framboidal) merupakan bahan mineral.

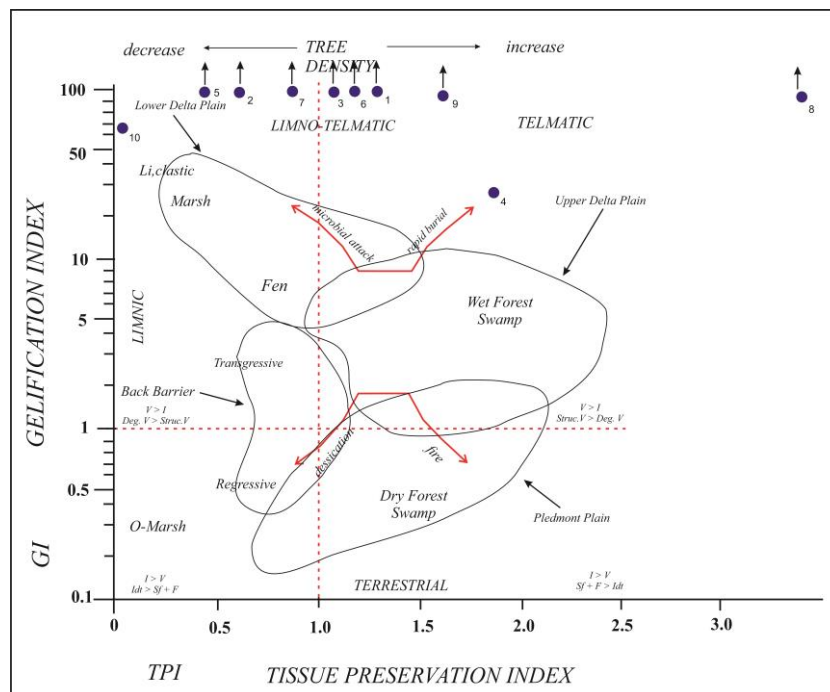
$$TPI = \frac{(\text{Telokolinit} + \text{Semifusinit} + \text{Funginit})}{(\text{Detrovitrinit} + \text{Gelokolinit} + \text{Desmokolinit} + \text{Inertodetrinit} + \text{Vitrinit})}$$

$$GI = \frac{(\text{Semifusinit} + \text{Inertodetrinit} + \text{Funginit})}{(\text{Semifusinit} + \text{Inertodetrinit} + \text{Funginit})}$$

Hasil plot data rekalkulasi indeks petrografi (Tabel 2) pada diagram GI vs. TPI (Gambar 3) menunjukkan bahwa fasies batubara pada daerah penelitian berkisar dari fasies telmatik,

Tabel 2 Rekalkulasi Indeks Petrografi

No	Sampel	Litotipe	TPI	GI	GW	VI
1	ES 16 A	B	1,391	141,7	0,453	2,321
2	ES 16 B	BD	0,521	105,5	0,901	1,46
3	ES 16 D	B	1,135	458	0,494	2,536
4	ES 16 E	B	1,822	25,81	0,313	3,267
5	ES 16 G	DB	0,485	172	1,748	2,367
6	ES 16 H	B	1,222	214,5	0,521	2,183
7	ES 16 H1	BD	0,857	109	0,395	3,768
8	ES 16 I	B	3,406	210,5	0,319	7,378
9	ES 16 J	B	1,613	212	0,475	2,74
10	ES 16 K	BD	0,066	63,85	14,69	0,123



Gambar 3. Diagram GI vs. TPI (Diessel, 1986, 1992, 1996) yang menunjukkan fasies dan lingkungan pengendapan batubara Formasi Keruh.

limno-telmatik, dan limnik. Dominasi sampel batubara yang berada pada fasies limno-telmatik menunjukkan bahwa batubara di daerah penelitian terendapkan dalam lingkungan dengan genangan air yang tidak cukup stabil, berfluktuasi. Empat sampel (nomor 1, 3, 6, dan 7) menunjukkan fasies limno-telmatik, tiga sampel (nomor 2, 5, dan 10) pada fasies limnik, dan tiga sampel (nomor 4, 8, dan 9) pada fasies telmatik (Gambar 3). berlangsung. Sampel nomor 8 yang terletak pada fasies telmatik memperlihatkan bahwa besarnya nilai TPI pada sampel ini dipengaruhi oleh besarnya nilai telokolinit. Maka dapat diinterpretasikan bahwa bahan pembentuk batubara berasal dari tumbuhan tingkat tinggi; sedangkan pada sampel nomor 10 yang berada pada fasies limnik menunjukkan bahwa batubara ini tersusun oleh dominasi detrovitrinit dan desmo-kolinit yang berasal dari tumbuhan tingkat rendah (Styan dan Bustin, 1983) dalam kondisi permukaan air yang berfluktuasi. Berdasarkan diagram tersebut maka dapat diinterpretasikan bahwa pembentukan batubara terjadi pada tiga fasies lingkungan berbeda yakni limnik, limno-telmatik, dan telmatik, dalam kisaran lingkungan pengendapan *marsh* dengan suplai klastik terbatas sampai *wet forest swamp* yang didominasi oleh lingkungan peralihan dari *marsh* sampai *wet forest swamp*.

Nilai GI yang tinggi (>5) menunjukkan bahwa permukaan air tinggi selama pembentukan gambut. Jika permukaan air tinggi pada saat pembentukan gambut, maka maseral yang paling banyak akan terbentuk adalah maseral yang sangat mudah tergelifikasi yaitu vitrinit. Sebaliknya, di saat yang bersamaan terdapat maseral yang akan sulit terbentuk, yaitu maseral yang kehadirannya dikarenakan proses oksidasi, yaitu kelompok maseral inertinit tanpa makrinit. Tingginya permukaan air akan menyulitkan oksigen untuk bersirkulasi, sehingga proses oksidasi akan sulit membentuk kelompok maseral inertinit. Nilai TPI

rendah (<0,5) menunjukkan jaringan tetumbuhan pembentuk gambut kurang baik terawetkan, namun proses humifikasi bahan pembentuk vitrinit naik (Diessel, 1986) atau suplai tetumbuhan berpohon tinggi sedikit atau kedua-duanya. Nilai TPI rendah adalah akibat jenis vegetasi (rasio angiosperma/ gymnosperma tinggi) atau karena pengawetan jaringan kurang baik. Sementara itu, nilai TPI >0,5 menunjukkan jaringan tetumbuhan terawetkan lebih baik, dan suplai tumbuhan berpohon tinggi lebih banyak.

4.3.2 Diagram GWI vs. VI

Menurut Calder (1993) diagram ini (Gambar 4) merupakan diagram yang mengalkulasikan maseral dan bahan mineral yang terdapat pada batubara yang nantinya akan diplotkan ke dalam diagram GWI vs. VI. Secara matematis nilai GWI dan VI bisa ditulis dengan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{GWI} &= \frac{(\text{Detrovitrinit} + \text{Korpokolinit} + \text{Mineral})}{(\text{Telokolinit})} \\ \text{VI} &= \frac{(\text{Telokolinit} + \text{Semifusinit} + \text{Fusinit} + \text{Resinit} + \text{Suberinit})}{(\text{Detrovitrinit} + \text{Korpokolinit} + \text{Inertodetrinit} + \text{Liptodetrinit} + \text{Alginit} + \text{Sporinit} + \text{Kutinit})} \end{aligned}$$

Indeks fasies petrografi menurut Calder (1993) telah dimodifikasi oleh Valveca dan Georgakopoulus (2000) serta Jasper (2010). Menurut mereka GWI adalah untuk menentukan rasio maseral tergelifikasikan kuat plus bahan mineral terhadap maseral tergelifikasikan lemah. Adapun VI merupakan rasio antara maseral yang berasal dari tumbuhan yang kaya akan lignin, asal hutan berpohon tinggi, yang menunjukkan lingkungan relatif tidak terlalu basah, dengan maseral yang berasal dari tumbuhan miskin akan lignin, berupa tetumbuhan *herbaceous* dan *marginal aquatic* yang menunjukkan lingkungan berair, atau

rasio vitrinit dan inertinit berstruktur plus korpokolinit, sporinit, suberinit, dan resinit terhadap jumlah gabungan detrovitrinit, inertodetrinit, dan liptodetrinit.

Nilai GWI <1,0 menunjukkan bahwa kandungan maseral pada batubara tergelifikasikan lemah dan kandungan mineral yang sedikit serta kandungan telokolinit yang melimpah. Sementara itu, nilai GWI 1,0 – 5,0 menunjukkan bahwa maseral tergelifikasikan kuat dan kandungan bahan mineral yang menengah. Nilai GWI >5,0 mengindikasikan bahwa penyusun batubara berupa maseral tergelifikasikan kuat serta bahan mineral yang melimpah.

Pada sampel batubara daerah penelitian, rasio GWI didominasi oleh nilai <1,0, yang menunjukkan bahwa batubara tersebut terbentuk pada fasies limno-telmatik dan telmatik dengan kondisi hidrologi ombrotrofik dan mesotrofik. Pada daerah penelitian juga terdapat batubara dengan nilai GWI > 5,0 yang berada pada fasies limno-telmatik (sampel nomor 5) dan limnik (sampel nomor 10) dengan kondisi hidrologi reotrofik. Maka dapat dijelaskan bahwa pada saat pengendapan sampel nomor 2, 5, dan 10, diduga terjadi kenaikan permukaan air akibat banjir, sehingga ekosistem hidrologi ombrotrofik berubah menjadi mesotrofik dan reotrofik. Hal ini didukung oleh melimpahnya kehadiran mineral lempung pada sampel batubara 2, 5, dan

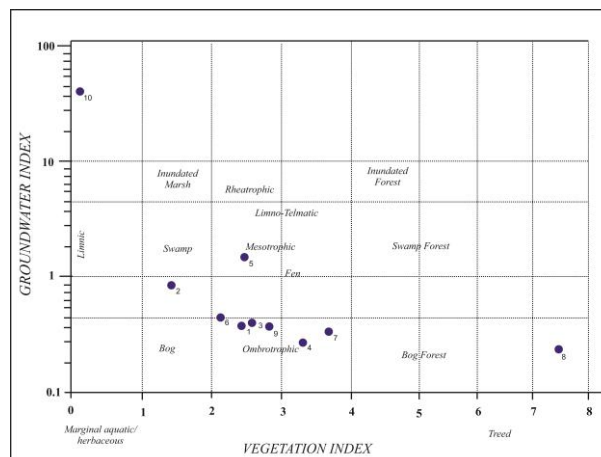
10.

Nilai VI yang rendah (< 1,0) menunjukkan zona *herbaceous* atau *marginal aquatic* (Jasper drr., 2006; Kalaitzidis drr., 2010), sehingga cenderung mengindikasikan vegetasi *herbaceous* sebagai pahan pembentuk asal batubara, dengan sedikit tetumbuhan berpohon tinggi. Sementara itu, nilai VI yang cukup tinggi (> 1,0) menunjukkan adanya pengawetan jaringan tetumbuhan di bawah kondisi lebih asam (pH tinggi) dalam suasana reduksi, yang akan menghasilkan akumulasi maseral vitrinit A (telokolinit) dalam jumlah yang signifikan. Nilai VI pada sampel batubara daerah penelitian memiliki nilai >1,0, dan hal ini menunjukkan bahwa asal tumbuhan pembentuk batubara adalah tumbuhan berpohon tinggi, yang berada pada kondisi lingkungan lebih asam. Jenis maseral yang akan banyak didapatkan adalah vitrinit A, seperti yang terdapat pada sampel nomor 8 pada Gambar 4.

Lebih jauh lagi, dengan didapatkannya mineral pirit jenis framboidal, menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan batubara Formasi Keruh ini juga mendapat pengaruh kondisi marin atau air payau.

5. KESIMPULAN

Analisis lingkungan pengendapan batubara berdasarkan GI vs. TPI menunjukkan bahwa batubara



Gambar 4 Diagram GWI vs. VI. (Calder, 1993) yang menunjukkan kondisi hidrologi lingkungan pengendapan batubara Formasi Keruh.

pada daerah penelitian terendapkan dalam kisaran lingkungan pengendapan *marsh* ke *wet forest swamp*. Didukung dengan diagram berikutnya yaitu diagram GWI vs. VI, batubara daerah penelitian memiliki tiga fase perubahan ekosistem hidrologi, didominasi dengan ekosistem ombrotrofik, dan mengalami perubahan ke reotrofik serta mesotrofik. Hal tersebut diduga karena adanya peningkatan rezim aliran yang mengakibatkan banjir sehingga banyak didapatkan mineral – mineral lempung. Ekosistem hidrologi pada daerah penelitian dipengaruhi juga oleh transgresi air laut yang menyebabkan banyaknya keterdapatan pirit framboidal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih para penulis tujuan kepada Kepala Pusat Survey Geologi, Badan Geologi beserta staf dan karyawan yang telah menyediakan sarana dan peralatan guna analisis laboratorium, khususnya kepada Bapak M. Iqbal. Selanjutnya ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada rekan-rekan seperjuangan mahasiswa geologi yang telah banyak membantu, terutama saudara Fadli, Hany, Shiddiq, Rhyhan, Ihsan, serta Retria yang telah memberi saran sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

Bustin, R.M., Cameron, A.R., Grieve, D.A., dan Kalkreuth, W.D., 1983. Coal Petrology : its Principle, Methods, and Applications. *Geological Association of Canada, Shorts courses notes* volume 3, Victoria, British Columbia, May 8-10, 1983, 273h.

Calder, J.H., Gibling, M.R., dan Mukhopadhyay, P.K., 1991. Peat Formation in a Westphalian B piedmont setting, Cumberland basin, Nova Scotia: implication for the maceral-based interpretation of reotrophic and raised paleomires.

Bulletin de la societe Geologique de France, 162, h. 283-298.

Calder, J.H., 1993. The evolution of ground-water-influenced (Westphalian B) peat-forming ecosystem in piedmont setting: The No. 3 seam, Springhill coalfield, Cumberland Basin, Nova Scotia. *Dalam: Cobb, J.C. dan Cecil, C.B. (Eds.), Modern and Ancient Coal Forming Environment, Geological Society of America, Special Papers*, 286, h. 153-180

Diessel, C.F.K., 1965. Correlation of macro- and micropetrography of some New South Wales Coal. *Dalam: Woodcock, J.T., Madigan, R.T., dan Thomas, R.G. (eds.), Proceedings-General, 8th Commonwealth Mineral and Metallurgy Congress*, 6, h.669-667.

Diessel, C.F.K., 1982. An appraisal of coal facies based on maceral characteristics. In; Mallett, C.W. (ed.), Coal resources-origin, exploration and utilization in Australia. *Australian Coal Geology*, 4, h.474-484.

Diessel, C.F.K., 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. *Proceedings, 20th New Castle Symposium on Advances in the Study of the Sydney Basin*, 246, Department of Geology, University of New Castle, Australia, h. 19-22.

Diessel, C.F.K., 1992. *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag, Berlin. 721h.

Georgakapuolus, A. dan Valveca, S., 2000. Petrographic characteristics of Neogene Lignites from the Plotemais and Servia basins, Northern Greece. *Energy Sources*, 22, h. 587-602

Jasper, K., Hartkof-Froder, C., Flajs, G., dan Littke, R., 2010. Evolution of Pennsylvanian (Late Carboniferous) peat swamps of the Ruhr Basin, Germany: comparison of palynological, coal petrographical and organic geochemical data. *International Journal of Coal Geology*, 83, h.346-365.

Kolcon, I. & Sachsenhofer, R.F., 1999: Petrography, palynology and depositional environments of the early Miocene Oberdorfe

- lignite seam (Styrian Basin, Austria). *International Journal of Coal Geology* 41, 275–308.
- Koswara, R., Suwarna, N., dan Sjafri, I., 2014. Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Muaraenim berdasarkan Petrologi Organik di daerah Darmo, Lawang Kidul, Sumatra Selatan. *Majalah Geologi Indonesia*. Vol. 29, h: 161-182.
- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., dan Kalkreuth, W., 1991, Lithotype (maceral) composition and variation Z correlated with paleo-wetland environment, Gates Formation, Northeastern British Columbia, Canada. *International Journal of Coal Geology*, 83, h.87-124.
- Prokum ESDM,. 2012. *Kajian Supply Demand Energi. Pusat Data dan Informasi energi dan Sumber Daya Mineral Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral 2012*, Jakarta. h: 3-4.
- Kusumahbrata dan Suwarna. 2003. Batubara Formasi Keruh. Pusat Survey Geologi. Bandung.
- Silitonga, P.H., dan Kastowo. 1995. *Peta Geologi Regional Lembar Solok, Sumatera, skala 1:250.000*. Edisi 2. Pusat Survey Geologi. Bandung.
- Taylor, G.,H., Teichmuller, M., Davis, A., Diessel, C.,F.,K., Littke, R., & Robert, P.,1998, *OrganicPetrology*, Gebruder Borntraeger, Berlin. 704 pp.