



Artikel

Analisis Lingkungan Pengendapan Batubara PT. Marunda Graha Mineral Kabupaten Murung Raya Mineral, Kalimantan Tengah

Wahyudi Zahar^{1*}, Nizam Hawa², Komang Anggayana³, Agus Haris Widayat³

¹ Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi 36122.

² Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10 Lb. Siliwangi, Kec. Coblong, Kota Bandung, Jawa Baarat 40132

³ Kelompok Keahlian Eksplorasi Sumberdaya Bumi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10 Lb. Siliwangi, Kec. Coblong, Kota Bandung, Jawa Baarat 40132

* Korespondensi: wahyudizahar@unja.ac.id

Abstrak : Batubara di Indonesia sebagian besar dimanfaatkan sebagai sumber energi. Namun, ada beberapa syarat dan kriteria yang harus dipenuhi agar batubara dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin sebagai sumber energi. Suatu batubara perlu dilakukan suatu pengujian untuk mendapatkan data kualitas, sehingga batubara tersebut layak dan dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Lingkungan pengendapan dan peringkat kematangan suatu batubara merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas suatu batubara. Lingkungan pengendapan dapat diidentifikasi melalui karakteristik bahan organik pembentuk batubara yang dapat diamati di bawah mikroskop, sedangkan peringkat kematangan batubara dapat diperoleh melalui pengujian dengan metode reflektansi vitrinit. Pada penelitian ini dilakukan analisis petrografi untuk mendapatkan data komponen organik (maseral) dan komponen anorganik (mineral matter), yang selanjutnya digunakan untuk merekonstruksi lingkungan pengendapan batubara. Dilakukan pula uji reflektansi vitrinit untuk mendapatkan data peringkat kematangan batubara. Hasil diagram TPI-GI dan GWI-VI mengindikasikan bahwa sampel batubara berasal dari lingkungan pengendapan Wet Forest Swamp (telmatic) dan tipe gambut ombrotrophic. Keadaan lingkungan yang basah dengan tipe gambut ombrotrophic diakibatkan oleh tingginya intensitas hujan musiman sehingga muka air tanah naik. Hasil analisis data reflektansi vitrinit berdasarkan standar ASTM D388:1998 menunjukkan peringkat kematangan batubara High Volatile B Bituminous.

Kata kunci: lingkungan pengendapan, maseral, mineral matter, rank, reflektansi vitrinit.

Abstract : Coal in Indonesia is predominantly used as an energy source. However, there are some terms and criteria which must be met in order to be utilized as much as possible of coal as an energy source. A coal necessary for an examination to obtain quality data, so that the coal is feasible and can be utilized as needed. Depositional environment and a coal maturity level (rank) are all factors that affect the quality of the coal. Depositional environment can be identified through the characteristics of the coal-forming organic material that can be observed under a microscope, while the coal maturity level (rank) can be obtained through testing with vitrinite reflectance method. In this research conducted petrographic analysis to obtain the organic component data (maceral) and inorganic components (mineral matter), which is then used to reconstruct the depositional environment of coal. Vitrinite reflectance test is also conducted to obtain data coal maturity level (rank). Results of TPI-GI and GWI-VI diagram indicates that sample from Wet Forest Swamp (telmatic), depositional environment of coal and the type of peat is ombrotrophic. Moist environment with the type of peat is ombrotrophic caused by the high intensity of the seasonal rains so that the ground water level rises. Results of data analysis based on vitrinite reflectance standard ASTM D388:1998, shows the coal maturity level (rank) of High Volatile B Bituminous Coal.

Keywords : depositional environment, maceral, mineral matter, rank, vitrinite reflectance

Published By:

Teknik Kebumian, Universitas Jambi

Address:

Jl. Jambi – Muara Bulian km 15, Mendalo Darat, 36122

Email:

jtk@unja.ac.id

Article History:

Submitted

01 February 2020

First Revision

09 March 2020

Second Revision

28 March 2020

Accepted

18 April 2020

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi merupakan hal fundamental yang sangat sering diberitakan saat ini. Batubara merupakan salah satu sumber energi yang digunakan di Indonesia. Listrik, industri semen, industri lain (metalurgi, tekstil, kertas pulp), dan industri kecil, merupakan sektor utama yang sangat membutuhkan pasokan batubara dari Indonesia, dimana sektor listrik dan industri semen merupakan konsumen utama dalam negeri. Produksi batubara di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, baik untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri (domestik) maupun untuk pemenuhan permintaan luar negeri (ekspor). Namun, peningkatan jumlah



sumberdaya dan cadangan tidak seimbang dengan produksi yang terus dilakukan. Hal ini tentu saja harus mendapat perhatian agar produksi batubara dapat terus berjalan sehingga pemenuhan kebutuhan baik dalam maupun luar negeri dapat terpenuhi. Penemuan sumberdaya dan cadangan baru dengan proses eksplorasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan jumlah sumberdaya dan cadangan.

Batubara memiliki karakteristik yang berbeda untuk setiap daerah pengendapannya. Tumbuhan asal pembentuk, lingkungan pengendapan, dan kontrol dari proses geologi merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik batubara. Maseral batubara adalah salah satu komponen yang menentukan karakteristik batubara sebagai representasi jenis tumbuhan asal pembentuk.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisis secara menyeluruh mengenai komposisi mikroskopi batubara dan hubungannya dengan kemampukokasan batubara (Zahar, W dkk., 2017). Analisis yang dilakukan berupa korelasi komposisi mikroskopi dengan analisis kimiawi batubara (proksimat & ultimat) dan *free swelling index* (FSI). Hasil analisis sebelumnya menunjukkan bahwa batubara di PT Marunda Graha Mineral (MGM) memiliki korelasi yang sedang hingga kuat pada parameter karbon tertambat, persentase kandungan karbon, kandungan lengas, reflektansi vitrinit, dan kandungan abu terhadap nilai FSI. Tingginya nilai parameter karbon tertambat (0,62), persentase komposisi karbon (0,57), persentase komposisi nitrogen (0,38) dan hidrogen (0,14), serta kandungan maseral vitrinit (0,04) dan inertinit (0,03) memiliki efek positif terhadap peningkatan nilai FSI. Sebaliknya, parameter-parameter yang memberikan efek negatif terhadap FSI mencakup kandungan lengas (0,53), reflektansi vitrinit (0,44), kandungan abu (0,41), total sulfur (0,37), persentase komposisi oksigen (0,31), kandungan maseral liptinit (0,30), dan zat terbang (0,09)

Pada penelitian ini, penulis akan membahas tentang komposisi maseral dan mineral dalam batubara yang kemudian digunakan untuk melakukan rekonstruksi lingkungan pengendapannya sehingga diketahui secara keseluruhan karakteristik batubara di PT MGM baik dari segi kualitas maupun sejarah lingkungan pengendapannya. Dalam penentuan lingkungan pengendapan pada penelitian ini sampel batubara yang digunakan diperoleh dari Seam 4 pada Blok Central Kawi, Maruwei Timur, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk memberikan sumbangan pemikiran dalam mengetahui hubungan komposisi maseral dan mineral dengan lingkungan pengendapan pada batubara yang diendapkan di daerah tepi Cekungan Barito.

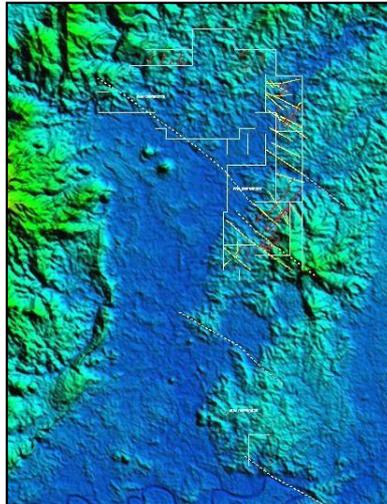
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan berupa gabungan antara kualitatif dan kuantitatif, data yang diperoleh baik primer maupun sekunder diolah menggunakan Microsoft excel untuk dilakukan perhitungan perbandingan dan persentase kandungan mikroskopi yang dituangkan dalam bentuk diagram batang dan juga di tampilkan dalam bentuk diagram scatter plot (TPI VS GI) yang nantinya memperlihatkan kecenderungan lingkungan pengendapan dari hasil analisis. Selain menentukan lingkungan pengendapan, pada penelitian ini juga membahas tentang tingkat kematangan batubara seam 4 yang berada pada PT MGM. Sampel yang digunakan diperoleh dari seam 4 PT MGM, Blok Central Kawi, Maruwei Timur, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah dengan jumlah 12 (dua belas) sampel. Seluruh sampel dilakukan analisis maseral untuk diketahui komposisi mikroskopi (organik & mineral) untuk mengetahui penyusun batubara tersebut. Selain analisis komposisi mikroskopi, analisis reflektansi vitrinit juga dilakukan untuk mengetahui besaran nilai reflektan yang telah dicapai batubara di lokasi tersebut, yang nantinya dapat diketahui tingkat kematangannya. Diakhir penelitian, data-data yang telah didapat akan di simpulkan untuk menentukan lingkungan pengendapan batubara. Sehingga diharapkan Hasil dari penelitian ini dapat berguna untuk memberikan sumbangan pemikiran dalam mengetahui hubungan komposisi maseral dan mineral dengan lingkungan pengendapan pada batubara yang diendapkan di daerah tepi Cekungan Barito.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

Sampel batubara diperoleh dari singkapan dipermukaan dan termasuk kedalam Formasi Batu Ayau dengan susunan batuanannya terdiri dari, batupasir, batulempung, batulanau (umumnya karbonatan), terdapat sisipan batubara bituminous dan lignit dengan penyebaran setempat. Diendapkan pada lingkungan laut terbuka sampai dangkal dengan umur Eosen Akhir – Oligosen Awal (Wain, 1989). Dilokasi pengambilan sampel ditemukan struktur geologi berupa struktur sinklin dan antiklin dengan sumbu NNE-SSW, dan struktur sesar naik (*thrust fault*) dalam ukuran yang relative kecil dengan arah sesar yang sama dengan sumbu lipatan (NNE-SSW). Struktur geologi yang terjadi diperkirakan akibat tegasan yang berarah N135°E – N315°E (Gambar 1)



Gambar 1. Struktur Geologi daerah penelitian dan sekitarnya dengan tegasan utama struktur berarah SE-NW.

Pada Peta Geologi Lembar Muara Teweh (Supriatna, dkk, 1995), Formasi Batu Ayau terendapkan pada Cekungan Mahakam Hulu, terbentuk saat pemekaran cekungan pada *Middle-Late Eocene* (Abidin, 1993). Formasi tersebut disusun oleh batupasir konglomerat, batupasir, batulanau, sisipan batubara, dan mudstone yang terendapkan pada lingkungan *fluvial-deltaic* sampai *outer-shelf* (Wain, dkk, 1989; Abidin, dkk, 1993). Selanjutnya, pada periode *Oligocene* terjadi transgresi yang membentuk lingkungan *marine* dan diikuti semakin dalamnya cekungan. Selama transgresi, terendapkan Formasi Ujong Bilang selaras di atas Formasi Batu Ayau yang dicirikan oleh endapan sedimen karbonat berupa batupasir gampingan dan batulempung. Formasi Ujong Bilang memiliki dua anggota yaitu batugamping foraminifera Batubelah dan batupasir gampingan Lemmuring (Wain, 1989; Abidin, 1993). Formasi Batu Ayau lebih muda daripada Formasi Halog, dan Formasi Batu Kelau menjari dengan Formasi Batu Halog (Gambar 2).

Karakteristik Megaskopis Batubara

Parameter-parameter yang dideskripsikan antara lain adalah warna, kilap, berat, litotipe, kekerasan, kandungan resin, pirit, dan lempung. Secara umum sampel memiliki warna hitam pekat dengan kilap cemerlang dan bersifat brittle atau mudah pecah (rapuh). Memiliki pengotor berupa batulempung yang terdapat pada rekahan-rekahan (cleat) batubara. Kandungan lempung ini nantinya dapat menjadi pengotor dan mengganggu pelaksanaan analisis mikroskopi batubara jika tidak dilakukan penanganan lebih lanjut. Karakteristik megaskopis ke 12 (dua belas) sampel yang di analisis dapat dilihat pada tabel 1. Sampel diambil dari kedalaman 67,10 m hingga kedalaman 68,80 m menggunakan pengeboran inti (*coring*). Setiap sampel diambil dengan jarak 10 cm agar hasil analisis yang didapat mewakili keseluruhan dari karakteristik sampel.

Tabel 1. Deskripsi sampel seam 4

Kode Sampel	Kedalaman			Lithologi	Deskripsi Sampel
	From	To	Panjang		
ACK004/CK/BD01	67,10	67,20	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD03	67,30	67,40	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD04	67,40	67,50	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD05	67,50	67,60	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD06	67,60	67,70	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD09	68,00	68,10	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu. (di bagian bawah terdapat pengotor berupa serat kayu)
ACK004/CK/BD10	68,10	68,20	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD12	68,30	68,40	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor menyebar pada rekahan berupa batulempung warna abu-abu.
ACK004/CK/BD13	68,40	68,50	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, tidak terdapat pengotor.
ACK004/CK/BD14	68,50	68,60	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor setempat berupa batulempung warna coklat.
ACK004/CK/BD15	68,60	68,70	0,10	CO	Hitam pekat, cemerlang, brittle, agak berat, pengotor setempat berupa batulempung warna coklat & abu-abu.
ACK004/CK/BD16	68,70	68,80	0,10	CO	Hitam pekat, kusam dominan, brittle, agak berat, pengotor setempat berupa batulempung warna coklat & abu-abu.



Karakteristik Mikroskopis Batubara

Pengujian reflektansi vitrinit dilakukan di bawah mikroskop polarisasi refleksi yang tersambung dengan microphotometer. Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel memiliki nilai reflektansi vitrinit rata-rata $R \bar{r}$ 0,65%, dengan nilai reflektansi vitrinit tertinggi $R \bar{r}$ 0,71% dan terendah $R \bar{r}$ 0,59%. Untuk menginterpretasikan peringkat kematangan batubara dengan metode reflektansi vitrinit, maka dipakai standar ASTM D388:1998, yang ditunjukkan pada tabel 2.

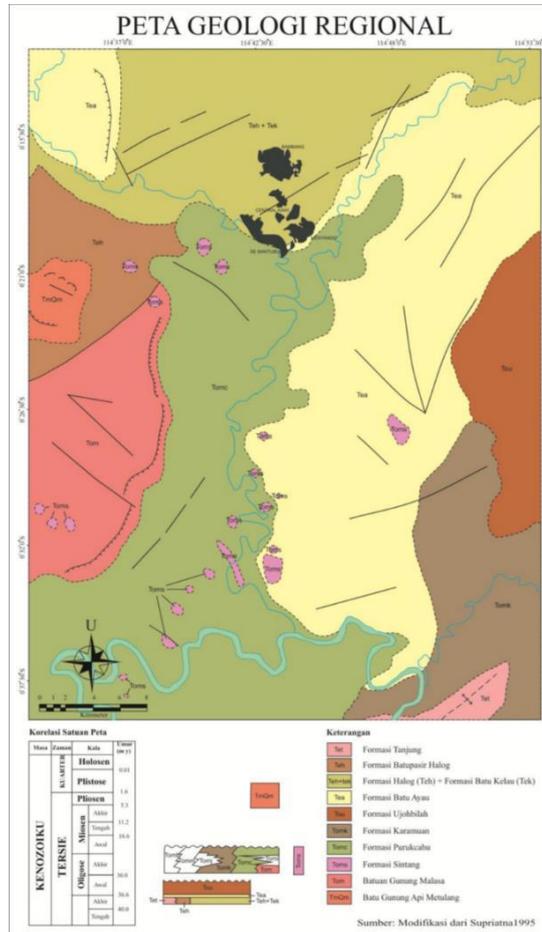
Analisis komposisi maseral digunakan untuk menentukan presentasi kandungan maseral dan mineral dari suatu sampel batubara. Dalam pengamatan ini digunakan mikroskop sinar pantul merk Zeiss dan point counter swift dengan pembesaran 400 kali. Sedangkan untuk identifikasi grup maseral liptinit digunakan sinar ultraviolet (fluorescence), yaitu dengan mengganti filter dan lampunya. Klasifikasi maseral batubara menggunakan nomenklatur menurut ICCP System 2001. Jumlah pengamatan yang dilakukan terhadap masing-masing bidang poles dalam penelitian ini adalah sebanyak 300 pengamatan tersebar di seluruh permukaan sampel (tabel 2). Dari 12 sampel, grup maseral yang paling dominan adalah vitrinit, yaitu antara 81,33 % sampai 88,33 % dengan rata-rata 85,11 % (semua proporsi maseral dinyatakan dalam % volume). Diikuti oleh grup maseral inertinit dengan rata-rata 5,81 %, grup maseral liptinit dengan rata-rata 4,33 %, dan mineral matter dengan rata-rata 4,75 %. Kandungan vitrinit yang tinggi (>80 %) menunjukkan bahwa batubara pada seam 4, Blok Central Kawi berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat kayu, seperti batang, dahan, akar, dan serat daun, yang sesuai dengan kondisi batubara di Indonesia pada umumnya yang hampir seluruhnya didominasi oleh maseral vitrinit, dengan nilai rata-rata 85,69% (Anggayana, 2005; Widodo, 2008; Izzan, 2014). Kandungan inertinit menunjukkan bahwa batubara berasal dari sedikit tumbuhan yang sudah terbakar (charcoal) dan sebagian dari hasil proses oksidasi maseral lainnya yang disebabkan oleh jamur dan bakteri. Kandungan liptinit menunjukkan bahwa batubara berasal dari jenis tanaman tingkat rendah seperti spora dan ganggang serta bagian kecil dari tumbuhan seperti kutikula dan resin, yang mempunyai cukup kandungan hidrogen.

Grup maseral vitrinit didominasi oleh sub-grup maseral telovitrinit (rata-rata 57,5 %), lalu diikuti oleh sub-grup maseral detrovitrinit (rata-rata 24,69 %) dan sub-grup maseral gelovitrinit (rata-rata 2,92 %). Proporsi sub-grup maseral telovitrinit yang relatif tinggi mengindikasikan bahwa komponen batubara masih mempunyai struktur jaringan sel yang baik dan banyak yang masih utuh atau kurang tergelififikasi di bawah kondisi air.

Dilihat secara vertikal maka terdapat variasi proporsi sub-grup maseral telovitrinit antara lapisan batubara bagian atas, tengah, dan bawah. Proporsi sub-grup maseral telovitrinit lapisan batubara bagian atas (rata-rata 59,58 %), bagian tengah (rata-rata 56,75 %), dan bagian bawah (rata-rata 56,17 %). Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa lapisan batubara masih mempunyai struktur jaringan sel yang baik pada bagian atas. Sedangkan pada bagian tengah dan bawah, lapisan batubara sudah mulai rusak menjadi detrital atau tergelififikasi di bawah kondisi air. Hal ini juga dapat menjadi indikasi awal bahwa gambut telah mengalami evolusi dari tipe eutrofi ke oligotrofi dengan aktivitas bakteri yang tinggi menjadi rendah.

Sub-grup detrovitrinit didominasi oleh maseral collodetrinit dengan rata-rata 15,39 % dan sedikit terdapat maseral vitrodetrinit dengan rata-rata 9,31 %. Maseral collodetrinit merupakan hasil gelifikasi dari maseral vitrodetrinit dengan tingkat gelifikasi yang masih rendah. Sub-grup maseral detrovitrinit merupakan komponen yang terbentuk dari pecahan-pecahan (detrital) maseral grup vitrinit. Disamping itu maseral vitrodetrinit dan collodetrinit merupakan komponen yang diyakini berasal dari tumbuhan perdu dan kayu yang mudah terdekomposisi (Teichmueller, 1989). Dilihat secara vertikal maka terdapat variasi proporsi sub-grup maseral detrovitrinit antara lapisan batubara bagian atas, tengah, dan bawah. Proporsi sub-grup maseral detrovitrinit lapisan batubara bagian atas (rata-rata 23,83 %), bagian tengah (rata-rata 27,33 %), dan bagian bawah (rata-rata 22,92 %). Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa lapisan batubara didominasi oleh tumbuhan perdu pada bagian tengah. Sedangkan pada bagian atas dan bawah, lapisan batubara didominasi oleh tumbuhan yang lebih bervariasi. Hal ini juga dapat menjadi indikasi awal bahwa gambut telah mengalami evolusi dari tipe eutrofi yang banyak dibentuk oleh tumbuhan air dan didominasi oleh tumbuhan perdu menjadi tipe mesotrofi-oligotrofi dengan tumbuhan yang bervariasi.

Sub-grup maseral gelovitrinit didominasi oleh maseral corpogelinit (1,92%) dan gelinit (1%). Proporsi sub-maseral gelovitrinit yang persentasenya relatif kecil ini memberikan indikasi bahwa batubara Maruwei Timur mengalami proses gelifikasi yang tidak intensif. Hal ini disebabkan oleh kondisi reduksi di bawah air sehingga proses gelifikasi berlangsung tidak intensif.



Gambar 2. (kiri) Peta geologi regional daerah penelitian Lembar Muara Tewe (Supriatna, 1995) dan posisi endapan batubara yang diteliti.;

No	Kode	Tel	Coll	Vitro	Colid	Corp	Gel	Fusi	Semif	Fungi	Secre	Macri	Micri	Inerto	Cuti	Suber	Spori	Resin	Exuda	Algin	Py	Clv	Σ	R r (%)		
1	BD16	18,667	39,333	7,333	14,333	5,333	3,000	1,000	1,333	0,000	0,000	0,000	0,667	1,000	1,000	0,667	0,667	0,333	0,000	3,333	1,333	100,0	0,610			
2	BD15	19,333	42,333	7,000	13,667	2,333	2,000	2,333	2,000	0,000	0,000	0,000	0,333	0,333	1,333	1,000	1,333	0,667	0,333	0,000	2,667	1,000	100,0	0,683		
3	BD14	41,667	7,667	9,000	17,333	4,333	1,333	1,000	0,333	0,667	0,000	0,000	0,000	1,333	0,333	2,000	2,333	0,333	0,333	7,667	1,667	100,0	0,709			
4	BD13	38,667	19,000	7,333	15,667	4,000	1,333	1,667	1,333	0,000	0,333	0,667	0,333	1,333	0,333	1,333	0,667	0,000	0,000	6,333	1,333	100,0	0,704			
5	BD12	38,667	24,333	8,000	15,667	1,667	2,000	0,333	0,667	1,000	0,000	1,000	0,333	0,000	1,333	0,000	1,000	0,000	0,000	6,000	0,000	100,0	0,620			
6	BD10	38,667	18,667	10,667	15,333	0,667	1,000	2,333	2,333	1,000	0,000	0,333	0,333	0,000	1,000	0,333	2,667	0,333	0,000	4,333	0,000	100,0	0,636			
7	BD09	32,333	26,000	12,333	15,000	0,667	0,333	3,667	3,000	0,333	0,000	0,667	0,333	0,000	1,333	0,667	1,333	0,000	0,000	1,667	0,333	100,0	0,668			
8	BD06	46,667	3,667	15,333	17,000	1,333	0,333	3,000	1,667	0,000	0,000	1,667	0,333	0,000	2,000	0,333	2,333	0,667	0,000	0,333	1,667	1,667	100,0	0,659		
9	BD05	47,000	19,000	7,667	10,667	0,333	0,000	1,667	2,333	0,333	0,000	1,000	0,333	0,333	2,000	1,333	1,333	0,333	0,000	4,000	0,000	100,0	0,592			
10	BD04	46,000	6,333	10,000	19,667	0,667	0,333	5,667	1,333	0,667	0,333	1,333	0,333	0,000	1,000	0,667	2,000	0,333	0,000	3,333	0,000	100,0	0,625			
11	BD03	43,000	19,333	7,000	15,667	1,000	0,333	3,333	0,667	0,333	0,000	0,667	0,000	1,333	0,000	1,000	1,000	0,333	0,000	2,000	3,000	100,0	0,647			
12	BD01	42,000	15,667	10,000	14,667	0,667	0,000	3,667	1,667	0,667	0,333	1,000	0,667	0,667	0,333	2,333	1,000	0,333	0,000	1,667	2,000	100,0	0,601			

Tabel 2. (kanan) hasil analisis mikroskopi

Sub-grup maseral detrovitrinit dan gelovitrinit mempunyai proporsi yang relatif tinggi (rata-rata 27,61 %) sehingga diduga batubara pada seam 4, Blok Central Kawi terbentuk dari tumbuhan perdu yang cukup signifikan atau dari tumbuhan berkayu dengan aktivitas bakteri yang tinggi. Tumbuhan perdu mudah mengalami dekomposisi selama tahap humifikasi sehingga akan membentuk komponen detrital. Sedangkan aktivitas bakteri yang tinggi juga mampu mengubah sel-sel tumbuhan kayu menjadi detrital maseral.

Grup maseral inertinit terdiri dari fusinit (rata-rata 2,47 %), semifusinit (rata-rata 1,56 %), funginit (rata-rata 0,42 %), secretinit (rata-rata 0,08 %), macrininit (rata-rata 0,75 %), micrininit (rata-rata 0,33 %), dan inertodetrinit (rata-rata 0,19 %). Maseral inertinit merupakan komponen yang teroksidasi oleh karena berkurangnya kelembaban gambut. Kandungan inertinit yang relatif rendah menunjukkan batubara berasal dari lingkungan pengendapan yang basah dan tingkat oksidasi yang rendah (Stach et al., 1982). Sehingga sedikitnya maseral inertinit pada seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur menunjukkan bahwa pada saat pengendapannya kelembaban gambut selalu terjaga dengan baik.

Terdapat variasi vertikal nilai rata-rata maseral inertinit yaitu cenderung tinggi pada lapisan atas. Lapisan batubara bagian atas mengandung inertinit rata-rata 7,33 %, lapisan tengah rata-rata 6,08 %, dan lapisan bawah rata-rata 4 %. Variasi ini mengindikasikan bahwa lapisan batubara telah mengalami tingkat oksidasi



yang semakin naik dengan bertambahnya ketebalan gambut. Maseral funginit hadir dengan prosentase pada lapisan bagian bawah (rata-rata 0,44 %) dan bagian atas (rata-rata 0,39 %). Hal ini mengindikasikan aktivitas jamur lebih intensif terjadi pada bagian bawah, karena mempunyai kondisi yang lembab. Berdasarkan kandungan inertinit yang rendah dan pola variasi inertinit dan funginit maka dapat diduga pada waktu penggabutan, bagian atas cenderung tidak terendam air daripada bagian bawah. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan tipe gambut dari *low moor* dan eutrofi menjadi *high moor* dengan kondisi mesotrofi-oligotrofi.

Grup maseral liptinit didominasi oleh maseral sporinit (rata-rata 1,61 %) dan cutinit (rata-rata 1,31 %), serta terdapat sedikit maseral resininit (rata-rata 0,67 %), suberinit (rata-rata 0,53 %), exudatinit (rata-rata 0,17 %), dan alginit (0,06%). Sehingga sedikitnya maseral liptinit pada seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur menunjukkan bahwa kandungan hidrogen pada batubara sangat rendah. Kandungan mineral matter yang teramati dalam analisis petrografi umumnya adalah mineral lempung dan pirit. Komponen mineral matter antara lain, pirit (rata-rata 3,72 %) dan lempung (rata-rata 1,03 %). Rata-rata keseluruhan kandungan mineral matter 4,75 %. Dilihat secara vertikal maka terdapat variasi proporsi mineral matter antara lapisan batubara bagian atas, tengah, dan bawah. Proporsi mineral matter lapisan batubara bagian atas (rata-rata 4 %), bagian tengah (rata-rata 3,92 %), dan bagian bawah (rata-rata 6,33 %). Berdasarkan variasi tersebut, dapat diindikasikan bahwa lapisan batubara pada bagian bawah lebih terendam air dibandingkan dengan lapisan batubara pada bagian atas dan diduga tipe gambut berubah dari Low Moor menjadi High Moor.

Komposisi maseral semua sampel menunjukkan perubahan dari tumbuhan perdu menjadi tumbuhan utuh dan berkayu. Hal ini mengindikasikan bahwa rawa gambut berkembang menjadi rawa yang didominasi oleh tumbuhan berkayu dalam kondisi oligotrofi dengan sedikit dipengaruhi oleh aktivitas bakteri dan jamur karena berada dalam kondisi lingkungan mesotrofi. Dengan demikian pola perubahan tipe gambut untuk seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur berdasar rumpun tumbuhan pembentuk, sama dengan pola yang didasarkan pada tingkat oksidasi yang ditunjukkan oleh komposisi maseral inertinit. Komposisi maseral dapat mencerminkan rumpun tumbuhan pembentuk rawa gambut. Maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan kayu adalah telovitrinit, fusinit, semifusinit, telogelinit, suberinit, dan resininit. Sementara maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan perdu adalah detrovitrinit, detrogelinit, inertodetrinit, sporinit, cutinit, liptodetrinit, dan alginit. Namun, karena prosentase selain telovitrinit dan detrovitrinit sangat kecil sehingga asal tumbuhan hanya diinterpretasikan dari kedua maseral tersebut.

Peringkat Batubara

Peringkat batubara merupakan tahapan yang telah dicapai oleh batubara dalam proses pembatubaraan. Tahapan ini sangat dipengaruhi oleh proses diagenesa yang melibatkan faktor tekanan, panas, dan waktu. Tekanan yang terus meningkat dalam proses diagenesa akan lebih mempengaruhi sifat fisik batubara, sementara panas dan waktu akan lebih mempengaruhi sifat kimia batubara. Salah satu sifat fisik batubara yang dapat digunakan sebagai indikator peringkat batubara adalah nilai reflektansi vitrinit. Nilai reflektansi vitrinit dapat digunakan sebagai indikator peringkat, karena selalu ada korelasi yang kuat antara dua variabel tersebut (Hoffman & Jenker 1932, dalam Stach et.al., 1982).

Di bawah mikroskop polarisasi refleksi semua maseral akan memantulkan cahaya dengan intensitas tertentu yang tergantung peringkat batubara. Reflektansi maseral liptinit dan inertinit pada dasarnya dapat digunakan sebagai indikator peringkat batubara. Walaupun demikian, kedua grup maseral tersebut tidak digunakan sebagai standar penentuan peringkat dikarenakan butiran maseral yang umumnya kecil dibandingkan vitrinit. Disamping itu, maseral liptinit dan inertinit tidak menunjukkan relief yang baik dalam sayatan poles.

Penentuan peringkat batubara berdasarkan klasifikasi ASTM D388:1998 (dalam Stach et.al, 1982) dapat dilihat dalam Tabel 3. Semua sampel batubara menunjukkan peringkat batubara High Volatile B Bituminous dengan \bar{R}_r 0,59 % pada sampel BD05 sampai \bar{R}_r 0,71 % pada sampel BD14. Peringkat batubara cenderung sama dari semua sampel, dengan rata-rata R 0,65%. Hal ini disebabkan karena kedua belas sampel tersebut berasal dari satu seam yang sama. Tetapi dapat dilihat bahwa peringkat batubara cenderung lebih tinggi pada sampel BD14 dibandingkan dengan sampel BD05. Hal ini disebabkan secara stratigrafi, sampel BD14 berada pada daerah yang lebih bawah/dalam dari sampel BD05. Dengan demikian, semakin dalam sampel maka peringkat cenderung lebih tinggi, karena proses diagenesa yang lebih intensif dibandingkan dengan sampel yang secara stratigrafi lebih dekat dengan permukaan.

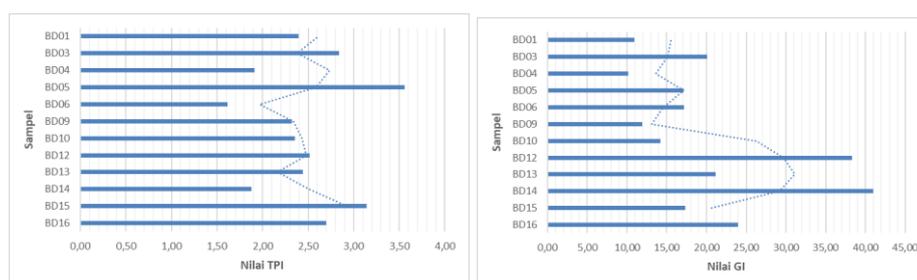

Tabel 3. Hasil Uji Reflektansi Vitritin dan Peringkatnya

NO	Sampel	Kedalaman (m)	RT (%)	Peringkat
1	BD01	67.1	0.601	High Volatile Bituminous B
2	BD03	67.3	0.647	High Volatile Bituminous B
3	BD04	67.4	0.625	High Volatile Bituminous B
4	BD05	67.5	0.592	High Volatile Bituminous B
5	BD06	67.6	0.659	High Volatile Bituminous B
6	BD09	68.0	0.668	High Volatile Bituminous B
7	BD10	68.1	0.636	High Volatile Bituminous B
8	BD12	68.3	0.620	High Volatile Bituminous B
9	BD13	68.4	0.704	High Volatile Bituminous B
10	BD14	68.5	0.709	High Volatile Bituminous B
11	BD15	68.6	0.683	High Volatile Bituminous B
12	BD16	68.7	0.610	High Volatile Bituminous B

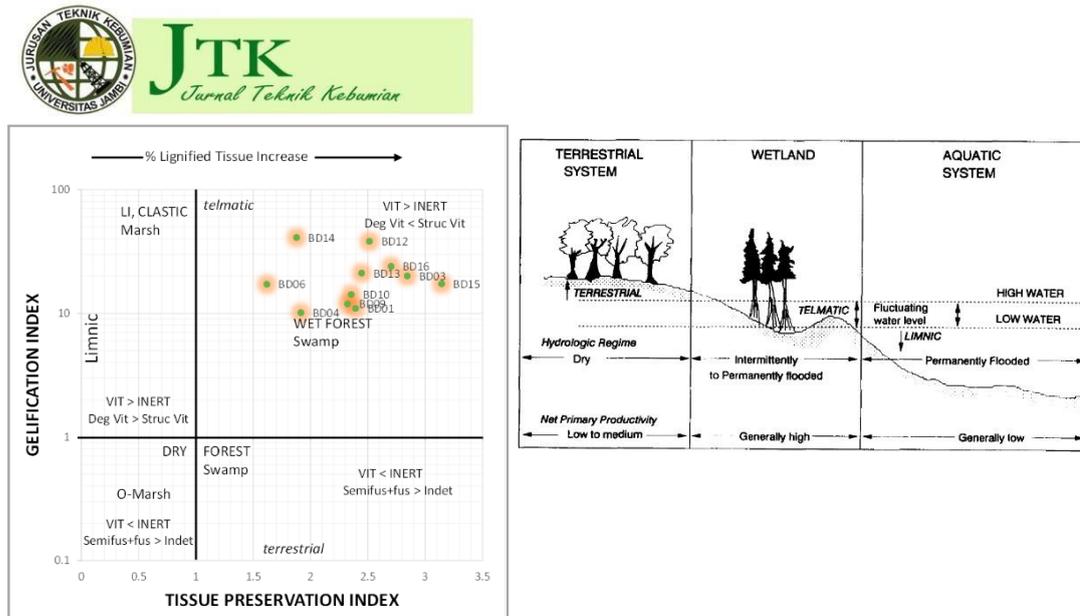
Fasies dan Lingkungan Pengendapan Batubara

Fasies dan lingkungan pengendapan batubara salah satunya dapat ditunjukkan dengan diagram pengawetan struktur jaringan (TPI-GI). *Tissue Preservation index* (TPI) menunjukkan perbandingan struktur jaringan yang masih terjaga terhadap struktur jaringan yang sudah terdekomposisi. *Gelification index* (GI) merupakan perbandingan komponen yang tergelifikasi terhadap komponen yang terfusinitkan. TPI juga dapat menunjukkan tingkat humifikasi gambut dalam proses pembatubaraan. Sementara itu GI berhubungan dengan kontinuitas kondisi gambut di bawah air. Lamberson et.al. (1991) melakukan modifikasi terhadap GI dalam Diessel (1986), bahwa disamping menunjukkan tingkat gelifikasi (reduksi) juga merupakan kebalikan indeks oksidasi.

Hasil penelitian TPI dan GI telah ditunjukkan dalam Tabel 4. Untuk seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur umumnya memiliki nilai TPI dan GI yang relatif tinggi dengan TPI rata-rata 2,47 % (antara 1,62 % sampai 3,56 %) dan GI rata-rata 20,28 % (antara 10,12 % sampai 41 %). Nilai TPI bervariasi secara vertikal, walaupun tidak ditunjukkan oleh semua sampel. Sementara bagian atas mempunyai harga TPI rata-rata 2,44 dan bagian bawah rata-rata 2,51. Dengan demikian terlihat bahwa struktur jaringan sedikit lebih terjaga pada lapisan batubara bagian bawah dibandingkan terhadap bagian atas. Harga TPI yang bervariasi secara vertikal tersebut mengindikasikan terjadinya perubahan komposisi tumbuhan dan tipe gambut secara vertikal. Ada kecenderungan variasi nilai TPI dan GI diantara setiap sampel yang berselingan (Gambar 3) tetapi perbedaan nilai tersebut tidak terlalu signifikan. Hal tersebut menunjukkan adanya suatu siklus berupa pengaruh air yang tinggi pada nilai TPI dan GI tinggi dan pengaruh air yang rendah pada nilai TPI dan GI rendah, yang diakibatkan oleh siklus hujan di daerah tropis dan terjadi sepanjang tahun.


Gambar 3 Variasi nilai TPI dan GI pada 12 sampel yang dianalisis.

Tingkat pengawetan jaringan tumbuhan yang teridentifikasi dalam batubara dapat dikaitkan dengan tipe pengawetan pada gambut resin. Tipe gambut di Kalimantan umumnya bervariasi secara vertikal yang menunjukkan adanya perubahan spesies tumbuhan pembentuk. Pada lapisan gambut bawah umumnya berupa gambut saprik, semakin ke atas umumnya akan berubah menjadi tipe gambut hemik dan terakhir berupa gambut fibrik (Dehmer, 1993; Esterle & Ferm, 1994; dalam Amijaya & Littke, 2004). Gambut saprik didominasi oleh hasil biodegradasi lignin dengan sedikit jaringan yang terawetkan. Gambut fibrik terbentuk dari material yang banyak mengandung selulosa dan lignin yang terawetkan. Variasi vertikal tersebut juga menunjukkan perubahan tipe gambut dari *Low Moor* menjadi *High Moor*.



Gambar 4. (kiri) Plot Sampel Batubara pada Diagram TPI dan GI (Lamberson et.al., 1991). **Gambar 5.** (kanan) Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Pengaruh Muka Air Tanah (Lamberson, 1991; dalam Mitsch and Gosselink, 1986)

Dilihat dari tingkat pengawetan jaringan pada batubara di seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur, rata-rata TPI menunjukkan nilai yang cukup tinggi. Dengan demikian, pengawetan jaringan batubara Maruwei Timur serupa dengan tipe gambut resen di Kalimantan yang menunjukkan tipe mesotrofi-oligotrofi. Harga GI untuk batubara Maruwei Timur cukup tinggi sebanding dengan tingkat oksidasi yang tinggi pula dan tercermin dalam komposisi grup maseral inertinit dimana komposisi maseral funginit cukup besar. Tingkat gelifikasi dan oksidasi tersebut juga mengindikasikan tipe gambut mesotrofi-oligotrofi dengan kondisi *High Moor*. Nilai TPI dan GI untuk Maruwei Timur setelah diplot ke dalam diagram Lamberson et.al. (1991) seperti dalam Gambar 4 terlihat bahwa semua titik cenderung terletak dalam zona *Wet Forest Swamp* dengan kondisi gambut yang terendam, dimana air input telmatic berasal dari luar gambut berupa hujan musiman dengan intensitas yang sangat tinggi. Diessel (1986) memaparkan kondisi-kondisi yang mempengaruhi lingkungan pengendapan (Gambar 5), yaitu hidrologi, dekomposisi, dan karakteristik vegetasi pada lingkungan yang secara umum dalam kondisi basah (wetland environment), dimana kondisi hidrologi dibagi berdasarkan muka air tanah, yaitu *terrestrial*, *telmatic*, dan *limnic*. Tiap lingkungan pengendapan mempunyai asosiasi dan menghasilkan karakter batubara yang berbeda.

Gambut dapat terakumulasi pada berbagai morfologi seperti rawa, dataran dan cekungan banjir, bagian luar saluran sungai dan lain-lain. Permukaan cenderung selalu basah dan jarang mengalami periode kemarau sehingga menghasilkan endapan batubara yang mengkilap dengan nilai TPI dan GI relatif tinggi serta didominasi oleh maseral telovitritinit serta secara kualitas memiliki kandungan abu dan sulfur yang rendah dibanding batubara pada lingkungan lain.

Dilihat dari harga GI yang tinggi maka dapat diinterpretasikan bahwa batubara terbentuk dari gambut yang cukup lembab atau kondisi yang jenuh air. Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa batubara Maruwei Timur terbentuk dalam lingkungan pengendapan *Wet Forest Swamp* (*telmatic*).

Pengaruh Air Tanah dan Derajat Vegetasi

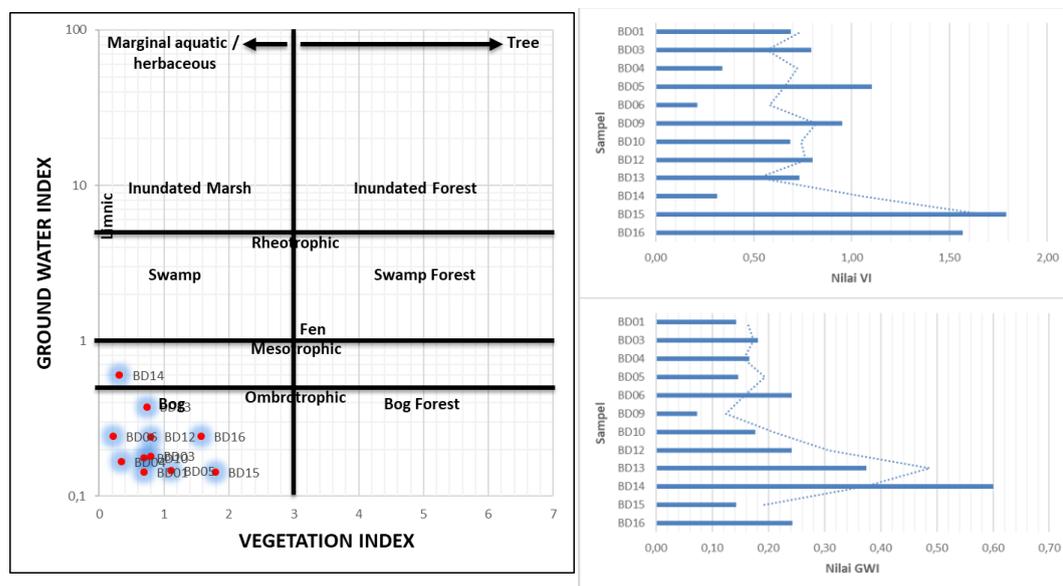
Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui tipe gambut adalah diagram yang dikenalkan oleh Calder et.al. (1991). Diagram ini menggunakan dua parameter yaitu tingkat pengaruh air tanah dan derajat vegetasi. Tingkat pengaruh air tanah dinyatakan sebagai GWI (*Ground Water Index*), yaitu besaran yang menyatakan intensitas kondisi rheotrofi (eutrofi). Disamping itu besaran GWI juga sekaligus menyatakan perbandingan antara komponen yang tergelifikasi kuat terhadap yang tergelifikasi lemah. Derajat vegetasi dinyatakan sebagai VI (*Vegetation Index*), yaitu besaran yang menyatukan perbandingan antara maseral yang berasal dari tumbuhan hutan (kayu) terhadap tumbuhan perdu (herbaceous).

Harga GWI dan VI untuk Maruwei Timur setelah diplot ke dalam diagram Calder et.al. (1991) dapat dilihat pada gambar 6. Dalam diagram tersebut terlihat bahwa hampir semua titik cenderung terletak dalam zona bog yang dipengaruhi oleh marsh ombrotrofi dan satu titik terletak dalam zona fen yang dipengaruhi marsh mesotrofi. Dari diagram tersebut terlihat adanya perubahan tipe gambut, yaitu cenderung dari mesotrofi



kemudian berkembang ke gambut oligotrofi. Secara umum, dari diagram tersebut terlihat sebagian besar sampel terendapkan dalam tipe gambut oligotrofi dan satu sampel terendapkan dalam tipe gambut mesotrofi. Dibandingkan dengan hasil yang dinyatakan dalam pembahasan sebelumnya terdapat persamaan yaitu tipe gambut berubah dari mesotrofi ke oligotrofi.

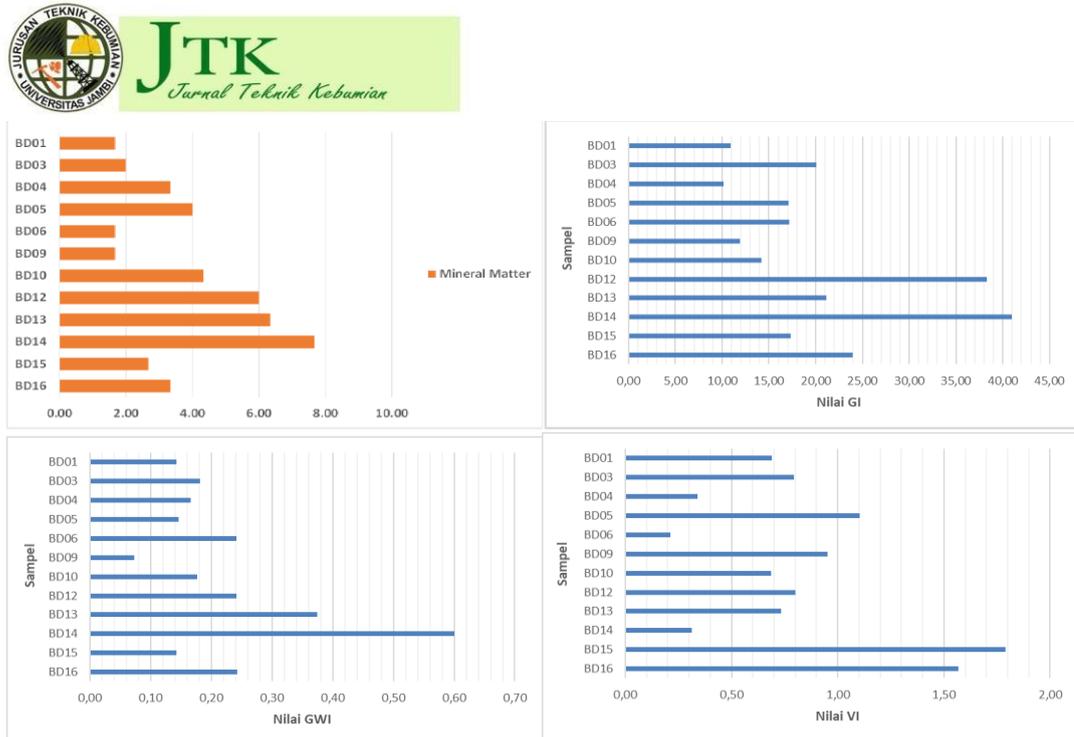
Hasil plot diagram Calder et.al. (1991) mendukung terhadap plot yang telah dilakukan pada diagram Lamberson et.al. (1991). Dalam diagram Lamberson diduga kuat batubara Maruwei Timur terendapkan dalam lingkungan *Wet Forest Swamp* (telmatic) yang tidak terpengaruh oleh pasang surut air laut dan selalu terendam oleh air tanah yang berasal dari hujan tropis yang turun di sepanjang tahun. Terdapat variasi GWI-VI pada setiap sampel dan berbentuk suatu siklus yang mengindikasikan adanya pengaruh air yang kadang intensitasnya cukup tinggi dan kadang rendah yang terjadi karena hujan musiman (Gambar 7). Dengan demikian dalam lingkungan ini tumbuh gambut yang pada umumnya bersifat mesotrofi-oligotrofi selama proses pengendapannya. Hal ini diperkuat oleh diagram Calder yang mengindikasikan tipe rawa mesotrofi-oligotrofi.



Gambar 6. Diagram VI dan GWI, Calder et.al. (1991), Gambar 7. Variasi nilai VI dan GWI

Korelasi antara Mineral Matter, GI, GWI, dan VI

Gambar 8 sampai Gambar 11 menunjukkan kecenderungan (trend) dari jumlah *mineral matter*, nilai GI, nilai GWI, dan nilai VI, dengan suatu siklus. Terdapat kesamaan trend dari *mineral matter*, GI, dan GWI, yaitu semakin bertambahnya kedalaman sampel, jumlah mineral matter, nilai GI, dan nilai GWI juga ikut bertambah. Sedangkan nilai VI mempunyai *trend* yang berkebalikan dengan jumlah *mineral matter*, nilai GI, dan nilai GWI, yaitu semakin bertambahnya kedalaman sampel, nilai VI semakin berkurang. Jumlah mineral matter, nilai GI dan nilai GWI yang bertambah seiring dengan kedalaman, mengindikasikan bahwa keberadaan mineral matter dan GI dipengaruhi oleh GWI. Pengaruh air tanah pada saat penggabutan mengakibatkan terbawanya mineral matter masuk ke dalam gambut, sehingga ketersediaan mineral matter cukup tinggi saat intensitas air tanah naik. Ketersediaan air juga mempengaruhi tingkat gelifikasi dari tumbuhan, dimana semakin tinggi pengaruh air tanah maka tingkat gelifikasi dari tumbuhan juga semakin tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pembahasan sebelumnya dimana jumlah gelovitritin semakin meningkat seiring bertambahnya kedalaman dan tipe gambut berubah dari *low moor* menjadi *high moor*.



Gambar 8. (kiri atas) Kecenderungan (Trend) Mineral Matter dari Top ke Bottom. **Gambar 9.** (kanan atas) Kecenderungan (Trend) Nilai GI dari Top ke Bottom. **Gambar 10.** (kiri bawah) Kecenderungan (Trend) Nilai GWI dari Top ke Bottom. **Gambar 11.** (kanan bawah) Kecenderungan (Trend) Nilai VI dari Top ke Bottom.

KESIMPULAN

- Sampel batubara yang diperoleh dari seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah ini mempunyai peringkat yang relatif tinggi, yaitu High Volatile B Bituminous berdasarkan klasifikasi ASTM D388:1998.
- Hasil analisis dari komposisi maseral menunjukkan bahwa batubara pada seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur berasal dari jenis tumbuhan yang beragam dengan didominasi oleh tumbuhan berkayu.
- Nilai TPI dan GI yang tinggi dan didukung dengan plot diagram TPI-GI oleh Lamberson et.al. (1991), mengindikasikan bahwa batubara pada seam 4, Blok Central Kawi, Maruwei Timur terendapkan dalam lingkungan Wet Forest Swamp (telmatic).
- Nilai VI dan GWI yang rendah dan didukung dengan plot diagram VI-GWI oleh Calder et.al. (1991) serta hasil analisis maseral yang menunjukkan masih banyaknya struktur kayu yang terawetkan, mengindikasikan tipe gambut cenderung bersifat ombrotofi (High Moor).
- Kondisi lingkungan Wet Forest Swamp (telmatic) yang terjadi pada gambut ombrotrofi (High Moor) diakibatkan oleh kenaikan muka air tanah akibat curah hujan yang tinggi dan terjadi sepanjang tahun pada hutan tropis khususnya di Pulau Kalimantan.

PUSTAKA

- Abidin, H.Z., Pieters, P.E., Sudana, D. 1993. Geological Map the Muara Longpahagai Sheet area, Kalimantan, Scale 1:250.000, *Geological research and Development Centre*, Bandung.
- American Society for Testing and Materials. 1998. ASTM D388: Standard Classification of Coals by Rank. USA.
- Amijaya & Litke. 2004. Microfacies and Depositional Environment of Tertiary Tanjung Enim Low Rank Coal, South Sumatera Basin, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, Vol.61, Elsevier.
- Australian Standart – AS 2586. 1986. Coal Maceral Analysis. NSW: The Standart Association of Australian Standart House.
- Calder et.al. 1991. Peat Formation in a Westphalian B Piedmont Setting, Cumberland Basin, Nova Scotia: Implications for the Maceral-Based Interpretation of Rheotrophic and Raised Paleomires. *Bulletin of Social Geology France*.
- Diessel, C.F.K. dan Pickel, W. 2013. *6th ICCP Course Organic Petrology, Course Notes Vol. 1 & 2*, Germany: Postdam
- Diessel, C.F.K. 1991. On The Correlation between Coal Facies and Depositional Environments. The University of Newcastle.
- Diessel, C.F.K., 1986. The correlation between coal facies and depositional environments. *Advances in the Study of the Sydney Basin. Proc. 20th Symp. Univ. Newcastle*, pp. 19-22
- Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. (Eds). 1986. *Wetlands*. Van Nostrand Reinold, New York.
- Lamberson, M.N., Bustin, R.M. and Kalkreuth, W., 1991. Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleowetland environments, Gates Formation, northeastern British Columbia, Canada. *Int. J. Coal Geol.*, 18: 87-124.
- Stach, E., Mackowsky, M.TH., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmuller, R. 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebrüder Borntraeger*, Berlin-Stuttgart.
- Supriatna, S., Sudrajat, A., Abidin, H.Z. 1995. Peta Geologi Lembar Muaratewe, Kalimantan, Skala 1:250.000, *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi*, Bandung
- Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Robert, P., Litke, R. 1998. *Organic Petrology*. Berlin, Stuttgart: Gebrüder Borntraeger.
- Teichmuller, M., 1989. The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. In: P.C. Lyons and B. Alpern (Editors), *Peat and Coal: Origin, Facies and Depositional Model*. *Int. J. Coal Geol.*, 12: 1-87.
- Wain, T. dan Berod, B. 1989. The Tectonic and paleogeographic evolution of the Upper Kutei Basin, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 18th Annual Convention*, p. 55 – 78.
- Zahar, W., Fitri, M., Anggayana, K., Widayat, A.H. 2017. Pengaruh Komposisi Mikroskopi dan Kimiawi Batubara Terhadap Hasil Analisis *Free Swelling Index* Sebagai Salah Satu Parameter Penentu *Cokeability* Batubara Daerah Murung Raya, *Prosiding TPT Perhapi 2017*, Balikpapan.