Jurnal Geosains West Science
Vol. 4, No. 03, Oktober 2026, pp. 511~526

Penentuan Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Karakteristik Dan Maseral Batubara di Daerah Rantih, Kecamatan Talawi, Kota Sawah Lunto, Sumatera Barat

Citra Yulia Puspa[1], Nola Syahrani[2], Neha Arimbi Putri[3], Muhammad Farhan[4], D.M. Magdalena Ritonga[5], Muhammad Zelandi[6]
[1-6] Program Studi Teknik Geologi, Universitas Jambi

Article Info

Article history:

Received Oct, 2026
Revised Oct, 2026
Accepted Oct, 2026

Kata Kunci:

Batubara, Maseral, Lingkungan Pengendapan, TPI–GI, GWI–VI, Lower Delta Plain

Keywords:

Coal, Maceral, Depositional Environment, TPI–GI, GWI–VI, Lower Delta Plain

ABSTRAK

Batubara terbentuk dari akumulasi material organik pada lingkungan pengendapan tertentu, sehingga karakteristik maseral dan kondisi geologi dapat digunakan untuk mengidentifikasi lingkungan pembentukannya. Penelitian ini bertujuan menentukan lingkungan pengendapan batubara di Desa Rantih, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Sumatera Barat berdasarkan karakteristik maseral dan kondisi geologi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif melalui pemetaan geologi lapangan dan analisis petrografi batubara. Populasi penelitian berupa lapisan batubara pada daerah penelitian, sedangkan sampel berupa batubara yang diperoleh melalui pengambilan sampel pada singkapan batubara yang diamati di lapangan. Analisis dilakukan menggunakan mikroskop sinar pantul berdasarkan klasifikasi ICCP untuk menentukan komposisi maseral, kemudian dihitung nilai Tissue Preservation Index (TPI), Gelification Index (GI), Groundwater Index (GWI), dan Vegetation Index (VI). Hasil penelitian menunjukkan dominasi vitrinit sebesar 62,7%, dengan nilai TPI 0,65, GI 3,61, GWI 0,07, dan VI 0,46. Plot TPI–GI menunjukkan lingkungan limnic, sedangkan GWI–VI menunjukkan lingkungan bog. Integrasi karakteristik maseral, struktur sedimen, dan litofasies menginterpretasikan lingkungan pengendapan sebagai Lower Delta Plain. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis petrografi maseral dengan parameter fasies batubara dan data geologi untuk menghasilkan interpretasi lingkungan pengendapan yang lebih komprehensif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batubara terbentuk pada rawa tergenang berkarakter limnic–bog dalam sistem Lower Delta Plain dengan kondisi reduksi yang mendukung proses gelifikasi dan pengawetan material organik.

ABSTRACT

Coal is formed from the accumulation of organic material in specific depositional environments; therefore, maceral characteristics and geological conditions can be used to identify its depositional environment. This study aims to determine the depositional environment of coal in Rantih Village, Talawi District, Sawahlunto City, West Sumatra, based on maceral characteristics and geological conditions. The study employed a quantitative and qualitative approach through geological field mapping and coal petrographic analysis. The research population consisted of coal seams in the study area, while coal samples were collected from observed coal outcrops in the field. Petrographic analysis was conducted using reflected-light microscopy based on the International Committee for Coal and

Organic Petrology (ICCP) classification to determine maceral composition. Tissue Preservation Index (TPI), Gelification Index (GI), Groundwater Index (GWI), and Vegetation Index (VI) were subsequently calculated to interpret the depositional environment. The results show that the coal is dominated by vitrinite (62.7%), with TPI, GI, GWI, and VI values of 0.65, 3.61, 0.07, and 0.46, respectively. The TPI–GI plot indicates a limnic environment, while the GWI–VI plot indicates a bog environment. Integration of maceral characteristics, sedimentary structures, and lithofacies indicates a Lower Delta Plain depositional environment. The novelty of this study lies in integrating maceral petrography, coal facies parameters, and geological data to provide a more comprehensive interpretation of the coal depositional environment. The results indicate that the coal formed in a water-saturated limnic–bog environment within a Lower Delta Plain system under reducing conditions that promoted gelification and preservation of organic matter.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:

Name: Muhammad Zelandi, S.T., M.T.
Institution: Program Studi Teknik Geologi Universitas Jambi
Email: muhammadzelandi@unja.ac.id

1. PENDAHULUAN

Batubara adalah batuan sedimen yang mudah terbakar dan berasal dari tumbuhan serta memiliki warna coklat hingga hitam karena pengaruh proses fisika dan kimia yang memengaruhi kandungan karbon (Sukandarrumidi, 1995). Batubara merupakan salah satu sumber energi dunia yang termasuk ke dalam komoditas energi yang semakin menarik. Walaupun cadangan batu bara Indonesia bukan yang terbesar di dunia, jumlah cadangan batu bara relatif signifikan dibandingkan sumber daya fosil lainnya. Total cadangan batu bara adalah 22,6 miliar ton atau 2,2% dari total cadangan global (BP 2018). Pada daerah penelitian tepatnya di Kota Sawahlunto memiliki potensi sumber daya cadangan batubara yang terdapat pada kota Sawahlunto menurut (Badan Geologi, 2025) adalah pada tahun 2025 sebesar 3,42 Juta Ton. Tingginya potensi sumber daya cadangan di daerah tersebut memberikan kontribusi yang besar bagi ekonomi nasional. Penambahan kapasitas penambangan dengan mengikuti standart menjadi hal yang penting untuk peningkatan ekonomi nasional dengan melihat karakteristik batubara di cekungan ombilin ini yang memiliki peringkat sub-bituminus hingga antrasit (Daulay & Santoso, 2008).

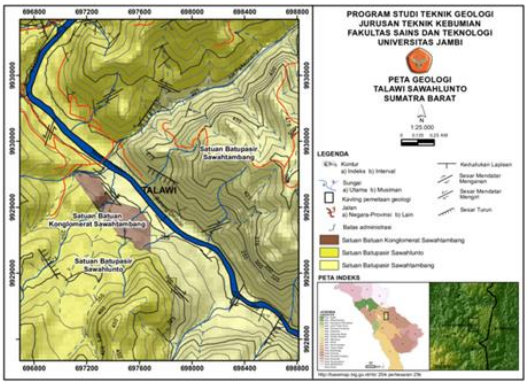
Cekungan Ombilin merupakan salah satu cekungan *intramontane* yang berkembang dalam sistem *island arc* di Pulau Sumatera. Cekungan ini memiliki dimensi relatif kecil dibandingkan cekungan sedimentasi lainnya, tetapi menunjukkan karakteristik yang unik serta kompleks secara tektonik. Pembentukannya berlangsung pada Awal Tersier sebagai akibat dari proses konvergensi oblique Lempeng Indo-Australia terhadap bagian barat Lempeng Eurasia Selatan atau Sundaland. Aktivitas tektonik memiliki peranan penting dalam pembentukan Cekungan Ombilin sekaligus mengontrol perkembangan lingkungan dan proses sedimentasi yang berlangsung di dalamnya.

Terdapat dua proses besar yang berperan pada evolusi cekungan Ombilin ini yaitu, magmatisme yang menghasilkan bukit barisan dan terbentuknya sistem Sesar Sumatera. Lokasi

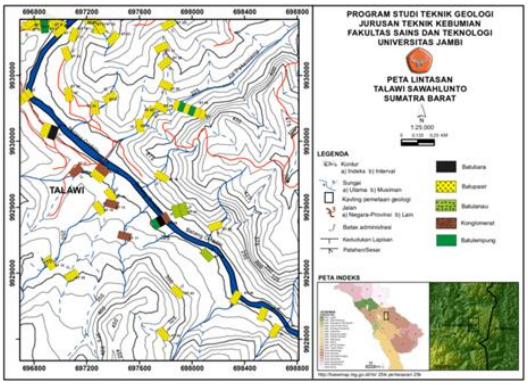
pengamatan adalah cekungan ombilin dalam pemikiran suatu cekungan sedimentasi atau secara morfologi termasuk pada bagian Tinggian padang yang berada diantara pegunungan bukit barisan dalam kerangka barat-timur tektonik lempeng sekarang (Mulyana, 2005).

Cekungan Ombilin memiliki potensi sumberdaya batubara berumur Tersier. Cekungan Ombilin terletak pada bagian tengah Zona Pegunungan Bukit Barisan yang terbentuk pada periode awal Tersier. Untuk pertambangan batubara di cekungan ombilin sudah dilakukan sejak 1891 di daerah Sawahlunto (Koning, 1985). Batubara terbentuk dari sisa tumbuh-tumbuhan yang mengalami proses humifikasi, batubara memiliki warna coklat hingga hitam, setelah itu terjadi proses fisika dan kimia sehingga mengakibatkan pengayaan kandungan karbonnya dan berlangsung selama jutaan tahun. Komposisi utama dari batubara yaitu terdiri dari karbon dan hidrogen, selain itu juga terdapat kandungan mineral nitrogen (Anggayana, 2002).

Pada daerah penelitian yang berada pada daerah Rantih dan sekitarnya yang dimana secara administrasi termasuk ke dalam Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat didapatkan 3 satuan batuan yaitu satuan batupasir sawahtambang, satuan batuan konglomerat sawahtambang dan satuan batupasir sawahlunto seperti pada Gambar 1. Bisa dilihat pada (Gambar 1) di daerah penelitian ini terdapat banyak struktur geologi yang dapat mempengaruhi lingkungan pengendapan yang ada pada daerah tersebut. Litologi yang mendominasi seperti pada (Gambar 2) pada daerah penelitian adalah batupasir.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian



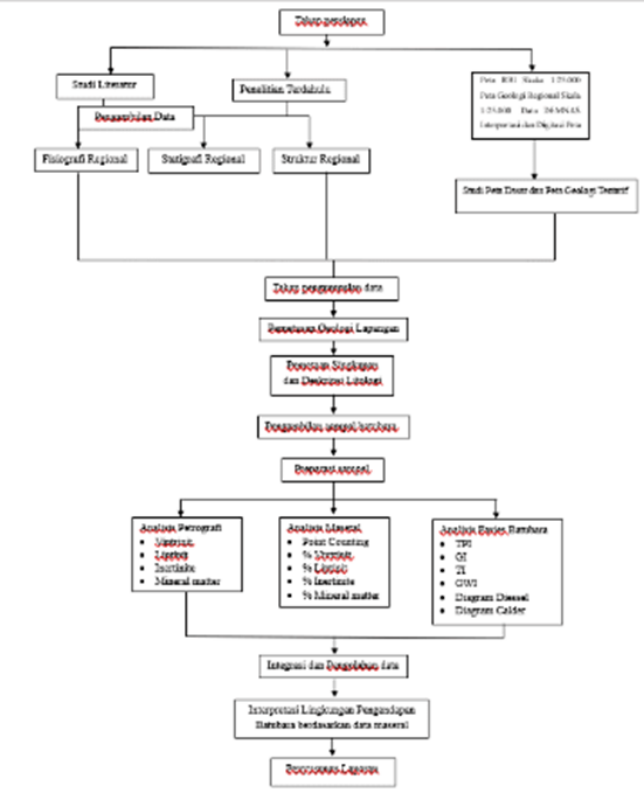
Gambar 2. Peta Lintasan Daerah Penelitian

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di daerah desa Rantih dan sekitarnya yang secara administrasi termasuk ke dalam Kecematan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatra Barat. Dimana bertujuan untuk mengindentifikasi lingkungan pengendapan batubra berdasarkan karakteristik maseral

penyusun batubara. Secara geologi, daerah penelitian berada pada sub-cekungan talawi yang merupakan bagian dari cekungan ombilin berada padang formasi sawahlunto berumur eosen yang merupakan satuan pembawa batubara utama di cekungan Ombilin.

Penelitian mengunakan motode kuantitatif-kulitatif (Gambar 3) yang menghubungakan pemetaan geologi lapangan dan analisis petrografi maseral batubara pendekatan ini digunakan untuk memperoleh hubungan antara kondisi geologi daerah penelitian dengan karakteristik maseral sehingga dapat digunakan dalam interpretasi lingkungan pengendapan batubara. Penelitian diawali dengan studi litelatur untuk memperoleh informasi mengenai geologi regional Cekungan Ombilin, Stratigrafi Formasi Sawahlunto, karakteristik batubara, konsep lingkungan pengendapan batubara, serta klasifikasi dan analisis maseral sebagai dasar interpretasi. Tahap berikutnya berupa pemetaan geologi lapangan yang meliputi pengamatan geomorfologi, identifikasi litologi, deskripsi singkapan, pengukuran penampang statigrafi, pengukuran struktur geologi, serta pengamatan karakteristik lapisan batubara. Selain itu, dilakukan pengukuran ketebalan seam, identifikasi litologi pengapit (*roof* dan *floor*), Pengamatan struktur sedimen, dan hubungan antar litospasies sebagai dasar dalam menginterpretasikan lingkungan pengendapan.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Sampel batubara yang diperoleh selama kegiatan lapangan selanjutnya akan dianalisis secara petrografi menggunakan mikroskop sinar pantul (*reflected light microscope*) berdasarkan klasifikasi *international Committe for Coal and organic petrology* (ICCP). Hasil analisis digunakan untuk menentukan presentase vitrinit, liptinit, inertinit dan kandungan mineral matter. Interpretasi lingkungan pengendapan dikakukan dengan menghitung paramater fasies batubara berupa *Tissue Preservation Indeks* (TPI) yang dapat di lihat pada (Persamaan 1), *Gelification Indeks* (GI) Pada (Persamaan 2), *Vegetation Indeks* (VI) pada (Persamaan 3), dan *Groundwater Indeks* (GWI) Pada

(Persamaan 4). Nilai indeks tersebut selanjunya diplot pada diagram diessel dan diagram calder untuk menentukan lingkungan pengendapan batubara berdasarkan pembentuk gambut. Seluruh hasil analisis kemudian diintegrasikan dengan data geologi lapangan sehingga diperoleh interpretasu lingkungan pengendapan batubara di daerah desa Rantih, Kota Sawahlunto.

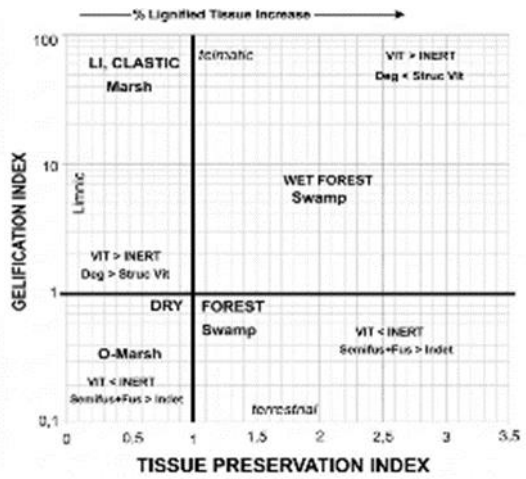
$$\text{TPI} = \frac{Telovitrinite + Teloinertinite}{Detrovitrinite + Gelovitrinite + Inertodetrinite + Geloinertinite} \quad (1)$$

$$\text{GI} = \frac{Vitrinite + Geloinertinite}{Teloinertinite + Detroinertinite} \quad (2)$$

$$\text{GWI} = \frac{Corpogelinite + Mineral\ Matter}{Gelinite + Collotelinite + Detrovitrinite} \quad (3)$$

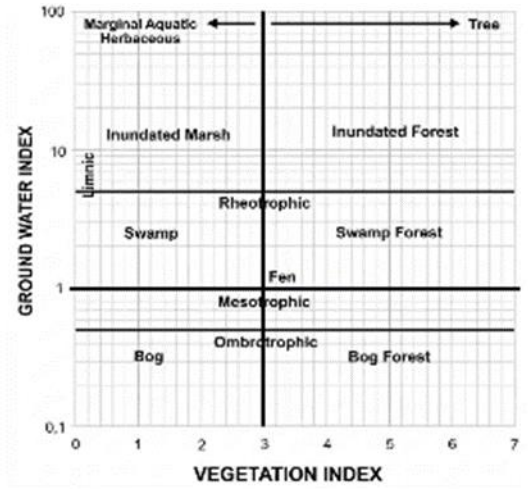
$$\text{VI} = \frac{Telovitrinite + Semifusinite + Fusinite + Suberinite + Resinite}{Detrovitrinite + Inertodetrinite + Liptodetrinite + Sporinite + Cutinite} \quad (4)$$

Diagram TPI (*Tissue Preservation Index*) merupakan suatu perbandingan antara struktur jaringan pada maseral yang terawetkan dan yang tidak terawetkan atau terdekomposisi. GI (*Gelification Index*) merupakan suatu perbandingan antara maseral yang terbentuk karena proses gelifikasi dan maseral yang terbentuk akibat proses oksidasi serta berhubungan dengan kontinuitas kelembaban pada lahan gambut. Semakin tinggi nilai GI, semakin besar pula pengaruh kondisi rawa yang jenuh akan air dan bersifat reduksi selama proses pembentukan batubara (Diessel, 1986).



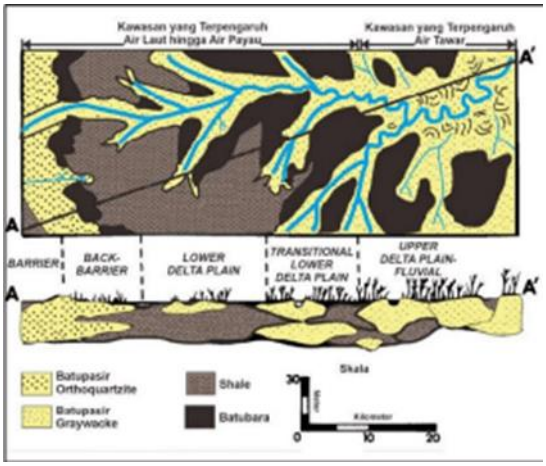
Gambar 4. Diagram TPI-GI (Diessel 1986 dalam Lamberson 1991).

Diagram GWI (*Ground Water Index*) merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan pengaruh muka air tanah atau kondisi hidrologi selama proses pembentukan gambut. VI (*Vegetation Index*) merupakan parameter yang digunakan untuk menginterpretasikan jenis vegetasi penyusun gambut berdasarkan komposisi maseral penyusun batubara (Calder et al., 1991).

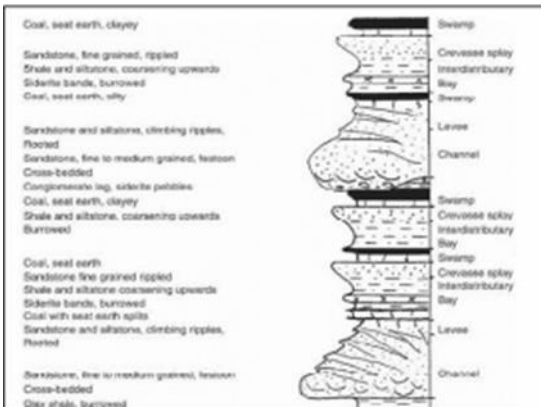


Gambar 5. Diagram GWI-VI (Calder et al., 1991).

Model lingkungan pengendapan Batubara di daerah delta (Horne, 1978) (Gambar 6) mengklasifikasikan lingkungan pengendapan batubara dalam sistem delta menjadi *upper delta plain-fluvial, transitional lower delta plain, lower delta plain*, *barrier* dan *back-barrier* yang masing-masing dicirikan oleh karakteristik sedimentologi serta asosiasi fasies yang berbeda. Model vertikal lingkungan pengendapan batubara (Gambar 7) dapat menggambarkan perubahan lingkungan atau fasies pengendapan secara vertikal dalam suatu urutan stratigrafi.



Gambar 6. Model Lingkungan Pengendapan Batubara di Daerah Delta (Horne, 1978).



Gambar 7. Model Vertikal Lingkungan Pengendapan Batubara Transitional Lower Delta Plain (Horne, 1978).

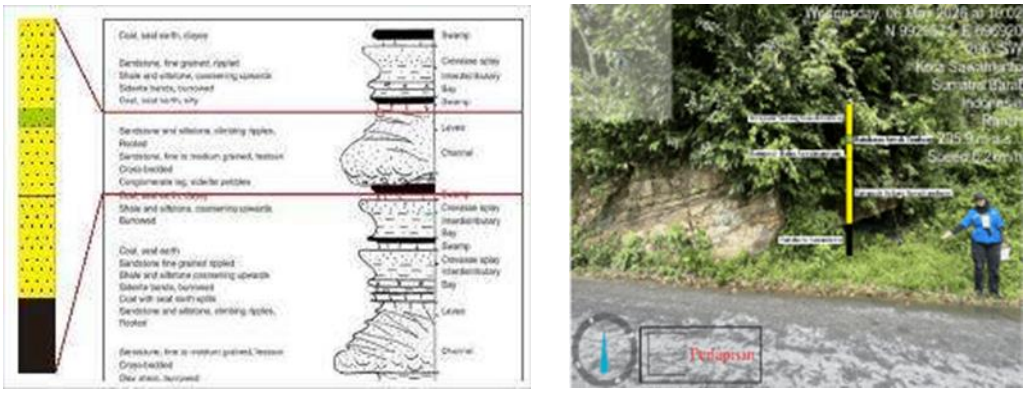
Tabel 1. Tata Nama Maseral (ISO 7404-part 1, 1994).

Grup	Sub-Grup	Maceral for Sub-bituminous, Bituminous, Antracite	Maceral for lignite
Vitrinite	Telovitrinite	Telinite	Textinite
Huminite	Telohuminite	Collotelinite	Ulminite
	Detrovitrinite	Vitrodetrinite	Attrinite
	Detrohuminite	Collodetrinite	Densinite
	Gelovitrinite	Corpogelinite	Corpohuminite
	Gelohuminite	Gelinite	Gelinite
Inertinite	Maceral with plant cell structure	Fusinite	
		Semifusinite	
		Funginite	
	Maceral lacking plant cell structure	Secretinite	
		Macrinite	
		Micrinite	
	Fragmental inertinite	Inertodetrinite	
Liptinite	Strictly a bitumen rather than a maceral	Cutinite	
		Suberinite	
		Sporinite	
		Resinite	Corporesinite
			Fluorinite
		Exudatinite	
		Cholorophyllinite	
		Alginite	Telalginite
			Lamalginite
		Liptodetrinite	
		Bituminite	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Lapanfan Formasi Sawahlunto

Penentuan lingkungan pengendapan Batubara pada Lokasi penelitian dilakukan melalui analisis litofasies dan analisis maseral Batubara. Interpretasi litofasies pada penelitian ini menggunakan penampang stratigrafi terukur serta identifikasi struktur pada batuan sedimen. Dengan mengacu pada klasifikasi lingkungan pengendapan Horne (1978).



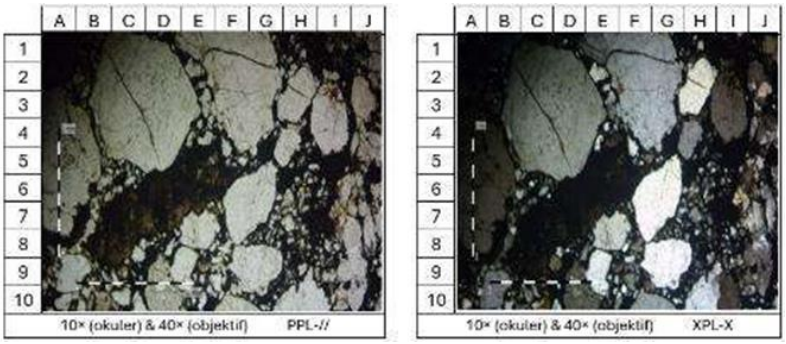
Gambar 8. Penampang Stratigrafi Terukur, Singkapan Batubara (A)

Berdasarkan penampang stratigrafi terukur (Gambar 8), terdapat satu seam batubara, yang berada pada posisi *Floor,* diatas batubara tersebut terdapat litologi batupasir halus hingga sangat halus, disusul oleh batulanau di lapisan keduanya, lalu di tutup oleh lapisan batupasir halus lagi di bagian atas, mencirikan lingkungan *swamp, channel* dan *leeve.* Berdasarkan perbedaan ukuran butir tersebut, penampang ini menunjukkan dua pola sedimentasi, yaitu *fining upward* pada lapisan kedua hingga keempat, sedangkan *coarsening upward* pada lapisan keempat hingga kelima, yang mengindikasikan adanya perubahan kuat arus pada transportasi sedimen.



Gambar 9. Struktur Flute Cast (B) Struktur Laminasi (C)

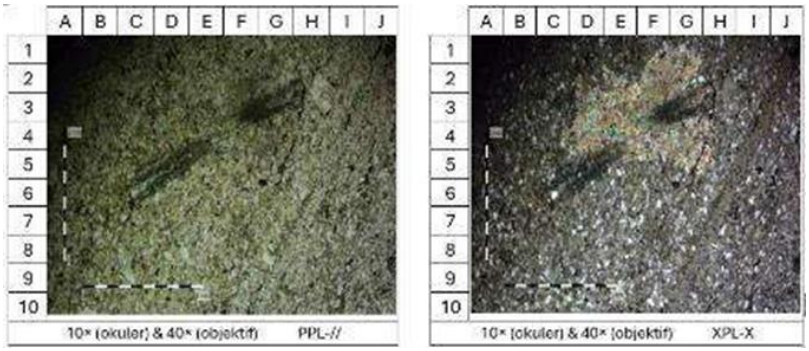
Berdasarkan hasil pengamatan singkapan, ditemukan struktur sedimen berupa perlapisan, laminasi, dan struktur flute cast, yang berkembang pada batuan penyusun disekitar batubara, perlapisan menunjukkan adanya perubahan kondisi lingkungan pengendapan secara vertikal dan mencerminkan proses sedimentasi yang berlangsung secara bertahap. Keberadaan lapisan batubara yang berasosiasi dengan sedimen klastik menunjukkan adanya pergantian antara kondisi akumulasi material organik pada rawa dengan pengendapan material sedimen dari sistem sungai atau *deltaic.* Struktur Flute Cast juga menandakan adanya arus sungai purba yang mengerosi lapisan sedimen klastik pada daerah penelitian, terdapat pula lapisan pita-pita batubara diantara batupasir halus pada singkapan batubara yang mencirikan bahwa lingkungan pengendapan berkembang dalam sistem lower delta plain.



Gambar 10. Sayatan tipis batuan PPL dan XPL dari batupasir kuarsa formasi sawahtambang.

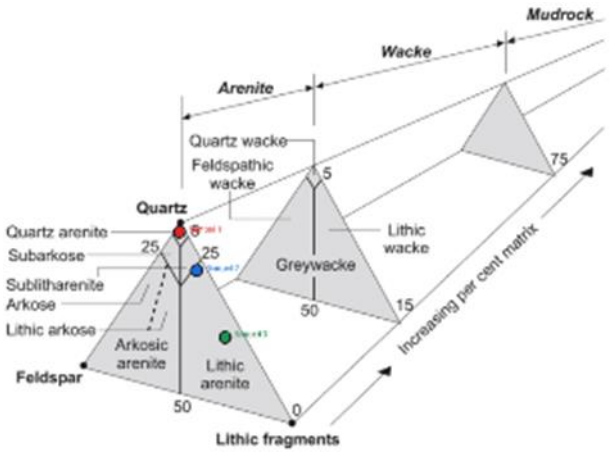
Sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik pada (Gambar 10) pembesaran 40x dengan warna abu-abu hingga putih keabu-abuan pada PPL dan warna interferensi abu-abu keputihan orde I pada XPL, ukuran butir 0,2-3,0 mm (pasir halus-granula), matriks <0,0625mm (lanau-lempung) dan semen

<0,1mm, derajat kebundaran *subangular*, derajat kebulatan *subhedral*, kemas terbuka, sortasi buruk, kontak *point contact* hingga *long contact*, tipe porositas *intergranular*, terdiri dari butiran kuarsa dan feldspar, matriks lempung dan material halus/fragmen batuan, dan semen silika dan oksida besi.



Gambar 12. Sayatan tipis batuan PPL dan XPL dari batupasir halus formasi sawahlunto.

Sayatan tipis batuan sedimen silisiklastik pada (Gambar 12) perbesaran 40x dengan warna abu-abu kehijauan hingga abu-abu kecoklatan pada PPL dan warna interferensi abu-abu hingga putih kekuningan orde I pada XPL, ukuran butir 0,05-0,5 mm (lanau-pasir sangat halus), matriks <0,0625 mm (lempung-lanau) dan semen <0,1 mm, derajat kebundaran *angular-subangular*, derajat kebulatan *subhedral*, kemas tertutup, sortasi baik-sedang, kontak *point contact*, tipe porositas *intergranular*, terdiri dari butiran kuarsa dan feldspar, matriks mineral lempung dan material silisiklastik halus, dan semen silika dan mineral lempung.



Gambar 13. Klasifikasi Batupasir (Pettijohn, 1975)

Berdasarkan (Gambar 13) klasifikasi batuan sedimen berdasarkan komposisi kuarsa (Q), feldspar (F), dan fragmen litik (L). Hasil plotingan menunjukkan sampel 1 (Gambar 10) termasuk Quartz Arenite, sampel 2 (Gambar 11) termasuk Sublitharenite, dan sampel 3 (gambar 12) termasuk Lithic arenite.

3.2 Reflektansi Vitrinit

Berdasarkan hasil pengukuran reflektansi vitrinit (Tabel 2) pada sampel Batubara yang di ambil, diperoleh nilai Ro (%random) dari sampel sebesar 0,65%, termasuk dalam peringkat High Volatile Bituminus C. (Stach dkk., 1982). Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses pembatubaraan

telah mencapai tahap bituminisasi yang ditandai oleh kandungan volatile matter yang masih tergolong relatif tinggi.

Tabel 2. Data Reflektan

Ro,ran (Mean random reflectance of vitrinite in oil)			
Nilai Rata-rata (%)	Kisaran (%)	Standar Deviasi	Jumlah Pengukuran
0,65	0,57-0,75	0,04	100

3.3 Maseral dan Material Mineral

Komposisi penyusul Batubara atau maseral dari sampel Batubara (Tabel 3) yang diteliti menunjukkan kandungan Vitrinite sebesar 62,7%, Liptinite sebesar 19,6%, Inertinite sebesar 17,5% dan material mineral sebesar 3,4%.

Kelompok maseral Vitrinite terdiri dari maseral Collodetrinite sebesar (24,0%), Collotelinite sebesar (37,5%), dan Corpogelinite sebesar (1,2%). Berdasarkan dominasi Collotelinite dan Collodetrinite, Batubara ini kemungkinan terbentuk dari tanaman kayu yang mengalami gelifikasi yang cukup intensif dalam lingkungan rawa yang jenuh air dan bersifat reduksi (kekurangan oksigen), persentase Collodetrinite yang relative tinggi menunjukkan bahwa jaringan tumbuhan mengalami fragmentasi sebelum terawetkan, sedangkan kandungan Corpogelinite yang rendah mengindikasikan bahwa proses gelifikasi lanjut tidak berkembang secara dominan.

Kelompok maseral Liptinite terdiri dari maseral Cutinite (3,5%), Suberinite (0,2%), Sporinite (3,5%), Resinite (3,5%), Exsudatinite (0,8%), dan Liptodetrinite (8,1%). Kandungan Liptinite yang mencapai 19,6% menunjukkan bahwa selain didominasi oleh jaringan kayu (Vitrinite), Batubara ini juga mengandung bagian tumbuhan yang kaya hydrogen seperti daun, spora, kutikula, resin dan fragmen halus material organik. Dominasi Liptodetrinite mengindikasikan bahwa sebagian material organik mengalami fragmentasi sebelum tertimbun, sedangkan keberadaan Cutinite, Sporinite, dan Resinite menunjukkan bahwa vegetasi di sekitar rawa berkembang dengan baik dan kondisi pengendapan yang cukup tenang sehingga bagian-bagian tumbuhan halus masih dapat terwetkan.

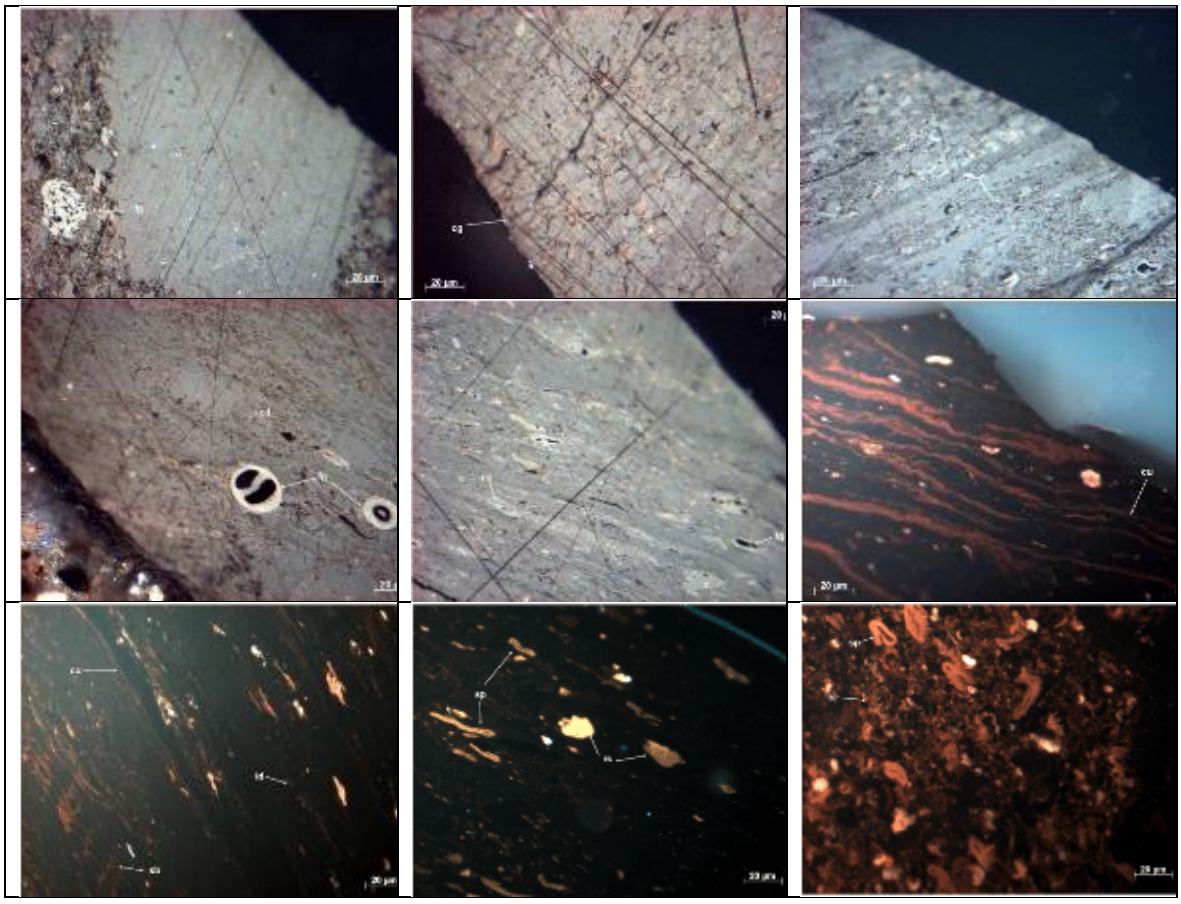
Kelompok maseral Inertinite terdiri dari maseral Funginite (6,2%), Micrinite (3,9%), Macrinite (0,2), dan Inertodetrinite (7,2%). Kandungan Inertinite sebesar 17,5% menunjukkan sebagian material organik mengalami oksidasi, dekomposisi, atau degradasi sebelum tertimbun sempurna, sehingga sebagian material tumbuhan mengalami pembusukan oleh jamur dan fragmentasi, kondisi tersebut bukan kondisi utama, melainkan hanya sesekali terjadi.

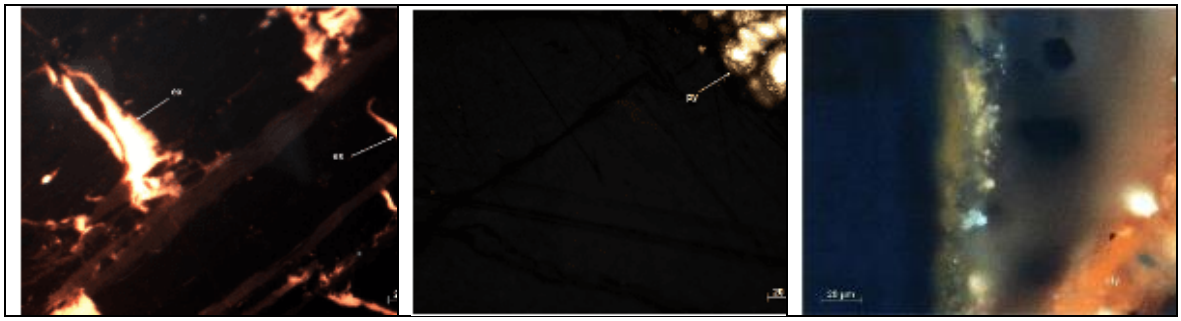
Material mineral atau mineral matter yang terdapat pada Batubara terdiri dari Lempung (2,0%) dan Pirit (1,4%). Keberadaan lempung dalam jumlah kecil menunjukkan adanya sedikit masukan sedimen halus ke dalam rawa, sedangkan pirit mengindikasikan bahwa selama pengendapan berkembang kondisi reduksi yang mengandung aktivitas bakteri pereduksi sulfat dan pembentukan mineral sulfida yang dapat dilihat pada (Tabel 3) dan (Gambar 10).

Tabel 3. Data Maseral dan Material Mineral

GRUP MASERAL	VOLUME (%)	VOLUME % (mmf)	SUBGRUP MASERAL	MASERAL	VOLUME (%)	VOLUME % (mmf)
VITRINIT	60,6	62,7	Telovitrinite	Telinite	-	-
				Collotelinite	23,2	24,0
			Detrovitrinite	Vitrodetrinite	-	-
				Collodetrinite	36,2	37,5
			Gelovitrinite	Corpogelinite	1,2	1,2

			Gelinite	-	-
LIPTINIT	19,0	19,7	Cutinite	3,4	3,5
			Suberinite	0,2	0,2
			Sporinite	3,4	3,5
			Resinite	3,4	3,5
			Exsudatinite	0,8	0,8
			Chlorophylinite	-	-
			Alginite	-	-
			Liptodetrinite	7,8	8,1
			Bituminite	-	-
INERTINIT	17,0	17,6	Fusinite	-	-
			Semifusinite	-	-
			Funginite	6,0	6,2
			Micrinite	3,8	3,9
			Macrinite	0,2	0,2
			Secretinite	-	-
			Inertodetrinite	7,0	7,2
MATERIAL MINERAL	3,4	-	Lempung	2,0	-
			Pirit	1,4	-
			Oksida besi	-	-
			Lainnya	-	-
TOTAL	100	100		100	100





Gambar 10. Fotomikro maseral Batubara Collotelinite (co), Collodetrinite (cd), Funginite (fg), Corpogelinite (cg), Inertodetrinite (id), Micrinite (mi), Cutinite (cu), Suberinite (sb), Liptodetrinite (Id), Sporinite (sp), Resinite (rs), Exsudatinite (ex), Pirit bertekstur framboidal (py), Lempung (cly).

3.4 Perhitungan dan Ploting Pada Diagram TPI-GI dan GWI-VI

Tabel 4. Jumlah Persentase Menggunakan Formula Diessel, 1986.

Parameter Diagram	Volume (%)
Tissue Preservation Index	0,65
Gelification Index	3,61

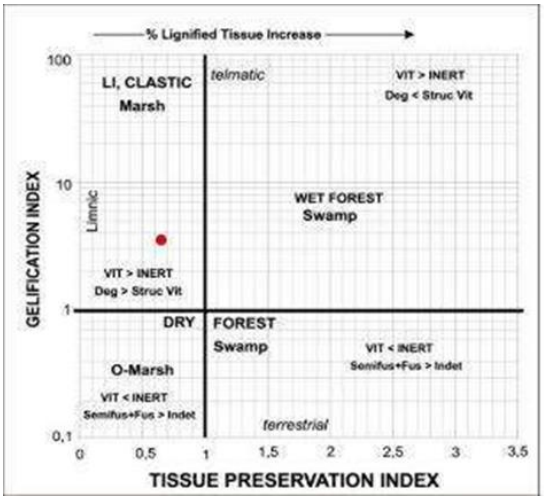
TPI (Tissue Preservation Index) merupakan suatu perbandingan antara struktur jaringan pada maseral yang terawetkan dan yang tidak terawetkan atau terdekomposisi (Diessel, 1986). Berdasarkan perhitungan nilai persentase TPI (Tabel 4) didapat nilai 0,65% atau < 1 yang menunjukkan bahwa jaringan tumbuhan pada gambut penyusun batubara tidak terawetkan dengan baik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses dekomposisi berlangsung cukup intensif sehingga sebagian besar jaringan tumbuhan telah mengalami fragmentasi menjadi material organik halus

GI (*Gelification Index*) merupakan suatu perbandingan antara maseral yang terbentuk karena proses gelifikasi dan maseral yang terbentuk akibat proses oksidasi serta berhubungan dengan kontinuitas kelembaban pada lahan gambut (Diessel, 1986). Berdasarkan perhitungan nilai persentase GI (Tabel 4) didapat nilai 3,61 atau >1 yang menunjukkan bahwa proses gelifikasi berlangsung dengan baik di lingkungan pengendapan yang minim oksigen (reduksi) dan tingkat kejenuhan air yang tinggi sehingga proses pembusukan material organik berlangsung lebih lambat dan material terawetkan dengan baik. Hal ini didukung oleh dominasi maseral vitrinit sebesar 60,6% yang merupakan kelompok maseral hasil proses gelifikasi tumbuhan.

Dengan demikian, meskipun nilai TPI menunjukkan bahwa sebagian jaringan tumbuhan telah mengalami fragmentasi akibat proses dekomposisi, nilai GI yang tinggi menunjukkan bahwa setelah material organik tersebut tertimbun, kondisi lingkungan tetap mendukung proses gelifikasi terbentuk sehingga material organik dapat terawetkan dan berkembang menjadi batubara. Menurut Diessel (1992), semakin tinggi nilai GI, semakin besar pula pengaruh kondisi rawa yang jenuh akan air dan bersifat reduksi selama proses pembentukan batubara.

Berdasarkan hasil plotingan pada diagram TPI dan GI (Gambar 11), nilai TPI sebesar 0,65% dan GI sebesar 3,61% menempatkan sampel batubara pada lingkungan pengendapan limnic. Posisi tersebut menunjukkan bahwa batubara tersebut terbentuk pada lingkungan rawa air tawar dengan tingkat kejenuhan air yang tinggi. Lingkungan seperti ini menyebabkan proses gelifikasi berlangsung lebih dominan dibandingkan proses oksidasi sehingga material organik dapat terawetkan dan berkembang menjadi batubara. Hasil interpretasi ini sejalan dengan analisis maseral

yang menunjukkan dominasi kelompok vitrinite yang mengindikasikan bahwa kondisi reduksi selama pembentukan gambut berperan sangat penting dalam proses pembatubaraan.



Gambar 11. Plot nilai persentase pada diagram TPI dan GI (Diessel, 1986 dalam Lamberson et al., 1991). \

Tabel 5. Jumlah Persentase Menggunakan Formula Calder et al, 1991.

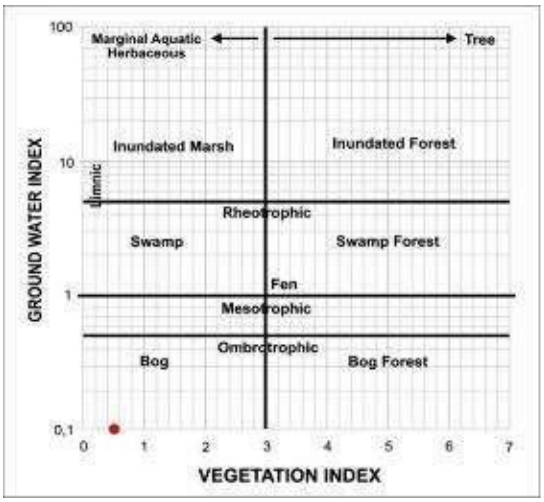
Parameter Diagram	Volume (%)
Ground Water Index	0,07
Vegetation Index	0,46

GWI (*Ground Water Index*) merupakan parameter yang digunakan untuk menggambarkan pengaruh muka air tanah atau kondisi hidrologi selama proses pembentukan gambut (Calder et al., 1991). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai GWI (Tabel 5) sebesar 0,07 atau <1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pengaruh air tanah selama pembentukan gambut relatif rendah dan kondisi hidrologi cenderung stabil. Meskipun demikian, lingkungan pengendapan tetap berada dalam kondisi tergenang sehingga proses gelifikasi tetap berlangsung dengan baik. Hal ini didukung oleh nilai GI yang tinggi, yang menunjukkan kondisi rawa tetap didominasi oleh lingkungan reduksi yang mendukung pengawetan material selama proses pembatubaraan.

VI (Vegetation Index) merupakan parameter yang digunakan untuk menginterpretasikan jenis vegetasi penyusun gambut berdasarkan komposisi maseral penyusun batubara (Calder et al., 1991). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai VI (Tabel 5) sebesar 0,46 atau <1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa vegetasi penyusun gambut tidak didominasi oleh tumbuhan berkayu, tetapi lebih banyak berasal dari tumbuhan bawah dan material organik halus yang telah mengalami fragmentasi. Interpretasi ini sesuai dengan hasil analisis maseral yang menunjukkan dominasi Collodetrinite dibandingkan Collotelinite, serta kandungan Liptodetrinite yang relatif tinggi. Dengan demikian, gambut penyusun batubara diperkirakan berasal dari campuran vegetasi yang telah mengalami dekomposisi dan terfragmentasi sebelum tertimbun, sehingga struktur asli jaringan pada tumbuhan tidak lagi terawetkan dengan baik.

Berdasarkan hasil ploting pada diagram GWI dan VI (Gambar 12), nilai VI sebesar 0,46 dan GWI sebesar 0,07 menempatkan sampel batubara pada lingkungan Bog. Lingkungan Bog merupakan rawa yang umumnya memperoleh suplai air terutama dari air hujan (ombrotrophic),

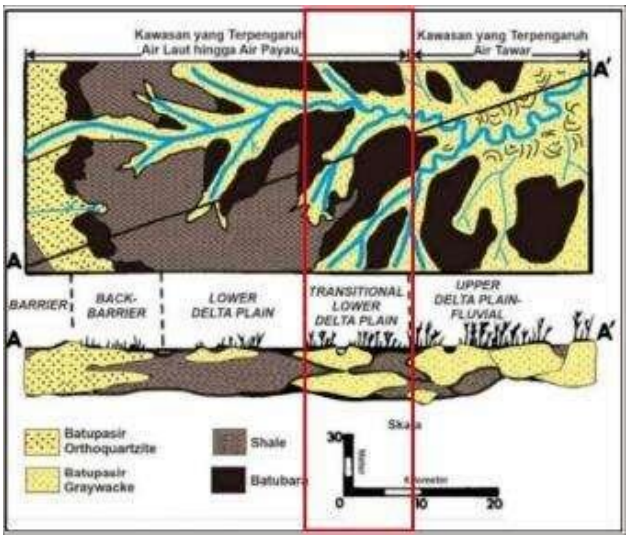
sehingga masukan sedimen maupun mineral dari luar relatif kecil. Kondisi tersebut menyebabkan lingkungan pengendapan menjadi lebih asam, miskin unsur hara, dan memiliki kadar oksigen yang rendah sehingga mendukung proses pengawetan material organik. Hasil interpretasi ini sesuai dengan data petrografi yang menunjukkan material mineral hanya sebesar 3,4%, yang terdiri atas lempung sebesar 2,0% dan pirit sebesar 1,4%. Kandungan mineral yang rendah menunjukkan bahwa selama pembentukan gambut tidak banyak terjadi masukan material anorganik ke dalam rawa. Sementara itu, keberadaan pirit mengindikasikan bahwa selama proses pengendapan berkembang kondisi reduksi yang memungkinkan aktivitas bakteri pereduksi surfat membentuk mineral sulfida. Kondisi ini juga didukung oleh dominasi maseral vitrinit serta nilai GI yang tinggi, sehingga menunjukkan bahwa lingkungan rawa tetap jenuh air dan mampu mengawetkan material organik dengan baik selama proses pembatubaraan.



Gambar 12. Plot nilai persentase pada diagram GWI dan VI (Calder et al., 1991).

Interpretasi lingkungan berdasarkan diagram (Calder et al., 1991)menunjukkan bahwa gambut berkembang pada lingkungan Bog, sedangkan diagram Lamberson mengindikasikan kondisi pembentukan gambut pada lingkungan Limnic, perbedaan tersebut tidak menunjukkan adanya pertentangan, melainkan karena kedua diagram menginterpretasikan aspek yang berbeda. Diagram Lamberson menekankan kondisi proses pembentukan gambut berdasarkan tingkat keterawetan jaringan tumbuhan dan gelifikasi, sedangkan diagram Calder menginterpretasikan tipe rawa berdasarkan kondisi hidrologi dan vegetasi penyusun gambut. Oleh karena itu, kedua hasil tersebut saling melengkapi dalam menjelaskan lingkungan pengendapan pembentuk batubara.

Berdasarkan analisis litofasies pada penampang stratigrafi terukur dan identifikasi struktur sedimen mengacu pada klasifikasi lingkungan pengendapan Horne (1978) (Gambar 13), dapat disimpulkan bahwa lokasi penelitian berada pada lingkungan Transitional Lower Delta Plain dengan dominan pengaruh air tawar dibandingkan air laut atau air payau, Kesimpulan ini sejalan dengan hasil analisis diagram TPI-GI dan GWI-VI yang mengindikasikan lingkungan pembentukan batubara pada rawa yang selalu tergenang dengan sedikit pengaruh sedimen klastik (clastic marsh-limnic).



Gambar 13. Model lingkungan pengendapan batubara daerah delta (Horne, 1978).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis petrografi dan interpretasi lingkungan pengendapan, sampel batubara memiliki nilai reflektansi vitrinit 0,65% yang termasuk dalam peringkat High Volatile Bituminus C, dengan komposisi maseral didominasi oleh vitrinit 62,7%, diikuti liptinit 19,6% dan inertinit 17,5%, sedangkan material mineral sebesar 3,4%. Nilai TPI sebesar 0,65 menunjukkan bahwa jaringan tumbuhan telah mengalami dekomposisi dan fragmentasi, sedangkan nilai GI sebesar 3,61 menunjukkan proses gelifikasi yang berlangsung baik pada kondisi tergenang dan reduksi. Hasil plot TPI-GI mengindikasikan lingkungan limnic, sedangkan plot GWI-VI dengan nilai GWI 0,07 dan VI 0,46 menunjukkan lingkungan Bog. Keberadaan material mineral berupa lempung 2,0% dan pirit 1,4% menunjukkan adanya sedikit masukkan material klastik serta kondisi reduksi selama pembentukan gambut. Berdasarkan analisis litofasies dan struktur sedimen, lingkungan pengendapan diinterpretasikan sebagai Lower Delta Plain, sehingga secara keseluruhan batubara diperkirakan terbentuk pada rawa tergenang dengan karakter limnic-bog yang berkembang dalam sistem Lower Delta Plain, dengan kondisi reduksi yang mendukung pengawetan dan gelifikasi material organik.

DAFTAR PUSTAKA

Arinaldo, D., Citraningrum, M., Tumiwa, F., & Mursanti, E. (2019). *Dinamika batu bara Indonesia: Menuju transisi energi yang adil*. Institute for Essential Services Reform.

Badan Geologi. (2025). *Neraca sumber daya dan cadangan mineral dan batubara Indonesia tahun 2025*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/neraca-sumber-daya-dan-cadangan-mineral-dan-batubara-indonesia-tahun-2025

British Petroleum. (2018). *BP statistical review of world energy 2018* (67th ed.).

Calder, J. H., Gibling, M. R., & Mukhopadhyay, P. K. (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 de la Société Géologique de France, 162*(2), 283–298.

Daulay, B., & Santoso, B. (2008). Characteristics of selected Sumatran Tertiary coals regarding their petrographic analyses. *Indonesian Mining Journal, 11*(1), 1–18. https://doi.org/10.30556/imj.Vol11.No1.2008.599

Diessel, C. F. K. (1986). The correlation between coal facies and depositional environments. In *Advances in the study of the Sydney Basin: Proceedings of the 20th Symposium* (pp. 19–22).

Diessel, C. F. K. (1992). *Coal-bearing depositional systems*. Springer-Verlag.

Horne, J. C., Ferm, J. C., Caruccio, F. T., & Baganz, B. P. (1978). Depositional models in coal exploration and mine planning in the Appalachian region. *AAPG Bulletin, 62*(12), 2379–2411.

International Organization for Standardization. (1994). *ISO 7404-1:1994: Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite—Part 1: Vocabulary*.

Koning, T. (1985). Petroleum geology of the Ombilin intermontane basin, West Sumatra. In *Proceedings of the 14th Annual Convention of the Indonesian Petroleum Association* (pp. 117–136). Indonesian Petroleum Association.

Lamberson, M. N., Bustin, R. M., & Kalkreuth, W. (1991). Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleo-wetland environments, Gates Formation, northeastern British Columbia, Canada. *International Journal of Coal Geology, 18*(1–2), 87–124. https://doi.org/10.1016/0166-5162(91)90045-K

Mulyana, B. (2005). Tektonostratigrafi Cekungan Ombilin Sumatera Barat. *Bulletin of Scientific Contribution, 3*(2), 92–102.

Stach, E., Murchison, D. G., Taylor, G. H., & Zierke, F. (1982). *Stach's textbook of coal petrology* (3rd rev. and enl. ed.). Gebrüder Borntraeger.

Sukandarrumidi. (1995). *Batubara dan gambut*. Gadjah Mada University Press.