



Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



KARAKTERISTIK DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA EOSEN FORMASI BATU AYAU CEKUNGAN KUTEI ATAS BAGIAN BARAT DI DAERAH MURUNG RAYA DAN SEKITARNYA, KALIMANTAN TENGAH

Yoga Suryanegara¹⁾, Vijaya Isnaniawardhani²⁾, Edy Sunardi²⁾

¹⁾ PT. Cokal – Indonesia dan Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Geologi – UNPAD, Bandung

²⁾ Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Geologi – Universitas Padjadjaran, Bandung

ABSTRAK

Endapan batubara di daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Batu Ayau yang merupakan bagian dari Kelompok Tanjung pada Cekungan Kutei Atas bagian Barat. Diidentifikasi terdapat sebanyak 22 lapisan batubara dimana 4 (empat) lapisan batubara merupakan seam utama yaitu (dari bawah ke atas): seam B (1.05m), C (1.19m), D (1.43m) dan J (1.44m). Deskripsi megaskopis lapisan batubara: berwarna hitam yang didominasi pita terang (*bright*) – sangat terang (*very bright*), pecah blocky – concoidal, dan *abundant* cleat. Berdasarkan analisa maseral, batubara Eosen ini dapat diklasifikasikan sebagai tipe Vitrinite A. Rank batubara di daerah penelitian adalah *low – medium volatile bituminous – semi antrasite* (Rv: 1.75 – 2.0 dengan VM-daf: 13.78% – 28.14%) dan memiliki kualitas batubara metalurgi dengan CSN 8.5. Fasies sedimen pembawa batubara berupa perselingan fasies batupasir dengan batulanau dengan sisipan lapisan batubara. Fasies batulanau sisipan batubara diinterpretasikan merupakan endapan rawa yang dipengaruhi oleh aktivitas limpas banjir sedangkan fasies batupasir merupakan tipe endapan *channel* dan *point bar*. Kedua fasies sedimen ini diendapkan pada lingkungan *fresh water* atau sistem lingkungan pengendapan fluvial dengan pola *meandering* dan/atau *braided system* yang dipengaruhi oleh floodplain. Lingkungan pengendapan ini terbagi menjadi empat siklus sekuen lingkungan pengendapan fluvial. Berdasarkan analisa kualitas conto diketahui bahwa proses coalification batubara secara vertikal dikontrol oleh proses *burial depth* dan secara lateral dikontrol oleh adanya struktur geologi yang diidentifikasi sebagai bagian akhir dari Adang Flexure serta oleh adanya intrusi batuan beku Sintang yang tidak tersingkap ke permukaan.

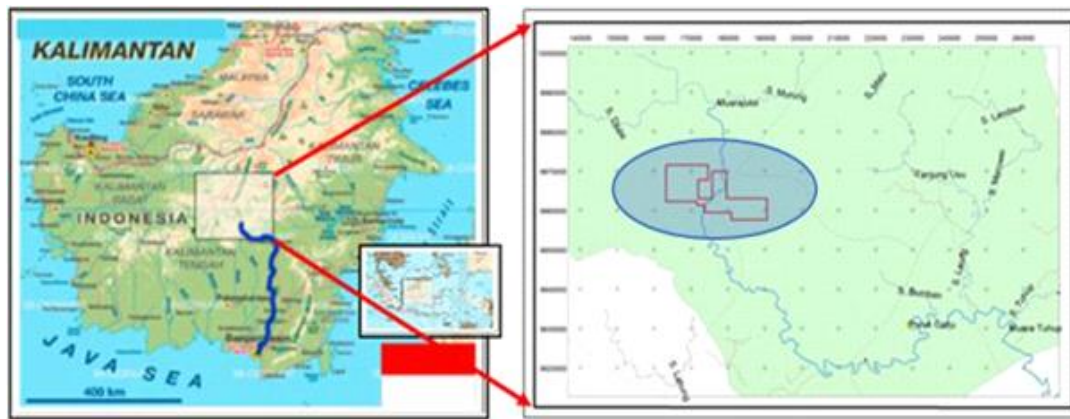
Kata kunci: Batubara Eosen, Type, Rank, Batubara Metalurgi, Fluvial System, Coalification.

PENDAHULUAN

Lokasi penelitian merupakan bagian dari area konsesi Ijin Usaha Pertambangan (IUP) PT. Bumi Barito yang secara administratif terletak di dalam Kecamatan Sumber Barito, Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah (gambar 1). Daerah ini terletak dibagian utara (bagian hulu) aliran Sungai Barito.

Menurut Satyana dan Budiantoro (1995) formasi batuan sedimen berumur Paleogen (termasuk formasi sedimen pembawa batubara berumur Eosen) di region Kalimantan Tengah belum banyak diteliti oleh para ahli secara detil dan menyeluruh.

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui aspek-aspek karakteristik endapan batubara Eosen di region bagian barat Cekungan Kutei Bagian Atas, termasuk diantaranya: *type*, *rank*, dan kualitas, serta aspek lingkungan dan sekuen pengendapannya. Pengetahuan atas karakteristik endapan batubara ini diharapkan dapat menambah rujukan informasi mengenai deposit endapan hidrokarbon yang berguna dalam kegiatan industri eksplorasi dan ekstraksi sumber daya batubara di region Kalimantan Tengah bagian Utara.



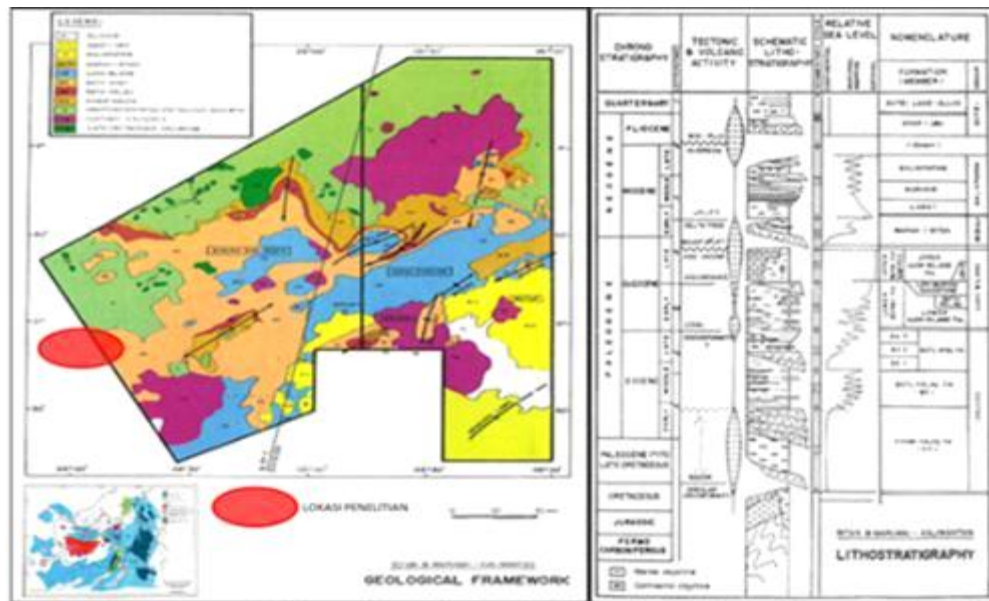
Gambar 1: Lokasi Penelitian (area arsiran biru), konsesi IUP PT. Bumi Barito Mineral

GEOLOGI REGIONAL

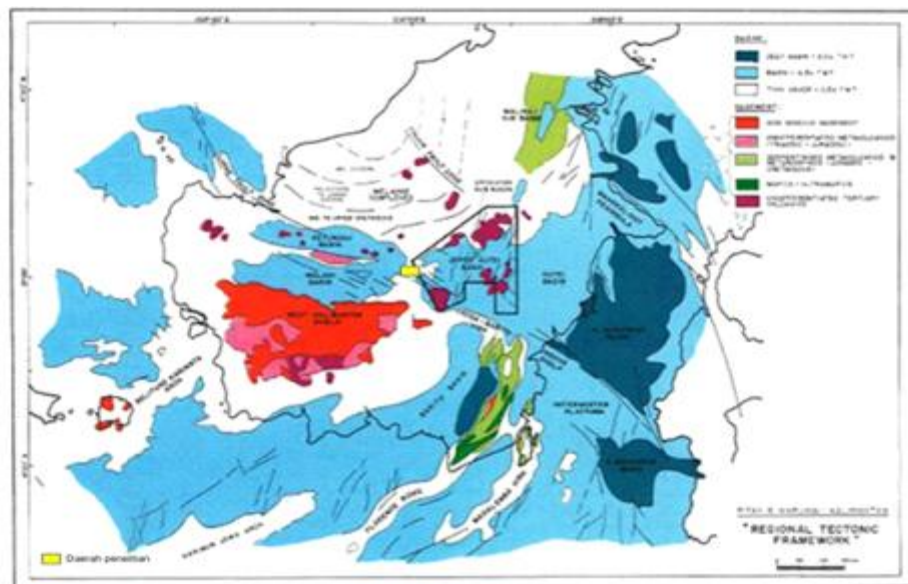
Wain dan Berod (1989), Moss dan Chambers (1998), Satyana dan Budiantoro (1995 dan 2010), Daulay (2000), dan Nas C. (2005 dan 2010), serta Friederich et al. (1999 dan 2016), menyatakan bahwa sedimen pembawa batubara (coal bearing sediment) di dan sekitar daerah penelitian merupakan bagian dari Formasi Batu Ayau. Formasi ini termasuk dalam Kelompok Tanjung yang secara regional terletak di sebelah Barat Cekungan Kutai Atas. Cekungan ini melampar mulai dari area sekitar aliran Sungai Barito bagian Utara, di sekitar Sungai Mahakam bagian Barat dan di sekitar area Muara Wahau atau secara regional dibatasi oleh: Punggungan Mangkalihat di utara, Tinggian Kuching di barat, Punggungan Paternoster di selatan dan baratdaya, dan di arah timur cekungan terbuka ke arah laut. Cekungan ini merupakan cekungan tersier terdalam di Indonesia dengan ketebalan sedimen yang diendapkan sekitar 14.000 meter pada bagian deposenternya. Menurut Guritno dan Chambers (1999) dan Satyana (2006), selama Paleosen hingga Eosen Awal, pada wilayah ini terjadi pengangkatan dan juga erosi. Episode ini membentuk terban-terban rift yang terisi sedimen sungai dan danau, pensesaran bongkah pada tepi bukaan, serta intrusi gunungapi pada bagian tengah bukaan. Pada Kala Oligosen Tengah proses pemekaran lantai samudra di Laut Sulawesi

menyebabkan terbentuknya zona rendahan pada Cekungan Kutai. Proses ini mengakibatkan pengendapan *post-rift-sag* yang disertai proses transgresi (gambar 2). Berdasarkan peta geologi regional dan kesebandingan *tektonostratigrafi* Cekungan Kutai Bagian Atas yang disusun oleh Wain dan Berod (1989), formasi batuan sedimen di daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Kiham Haloq yang berumur Eosen Awal (gambar 3). Menurut Nas dan Hidartan (2010), secara regional, endapan batubara Eosen di dan sekitar daerah penelitian terbentuk pada kondisi struktur geologi ekstensional (rift basin) dengan lingkungan pengendapan transgresif yang dipengaruhi oleh adanya intrusi/batuan orogenesis Sintang dan proses pengangkatan yang membentuk zona struktur *Adang Flexure*.

Terdapat sekitar 22 lapisan batubara yang ditemukan selama kegiatan eksplorasi berlangsung, dimana hanya 4 (empat) seam diantaranya yang merupakan lapisan seam utama. Tebal lapisan seam utama berkisar antara 0.8 – 1.5 meter. Rank batubara umumnya tinggi, kadar lengas rendah dan kalori yang tinggi. Di samping itu, endapan batubara ditemukan memiliki kandungan kualitas atau *grade* dengan sifat metalurgi yang dapat digunakan dalam industri pengolahan peleburan logam.



Gambar 3. Peta geologi dan tabel stratigrafi regional daerah penelitian (Wain dan Berod, 1989)



Gambar 2. Daerah penelitian dalam kerangka tektonik Cekungan Kutei Atas (Wain dan Berod, 1989)

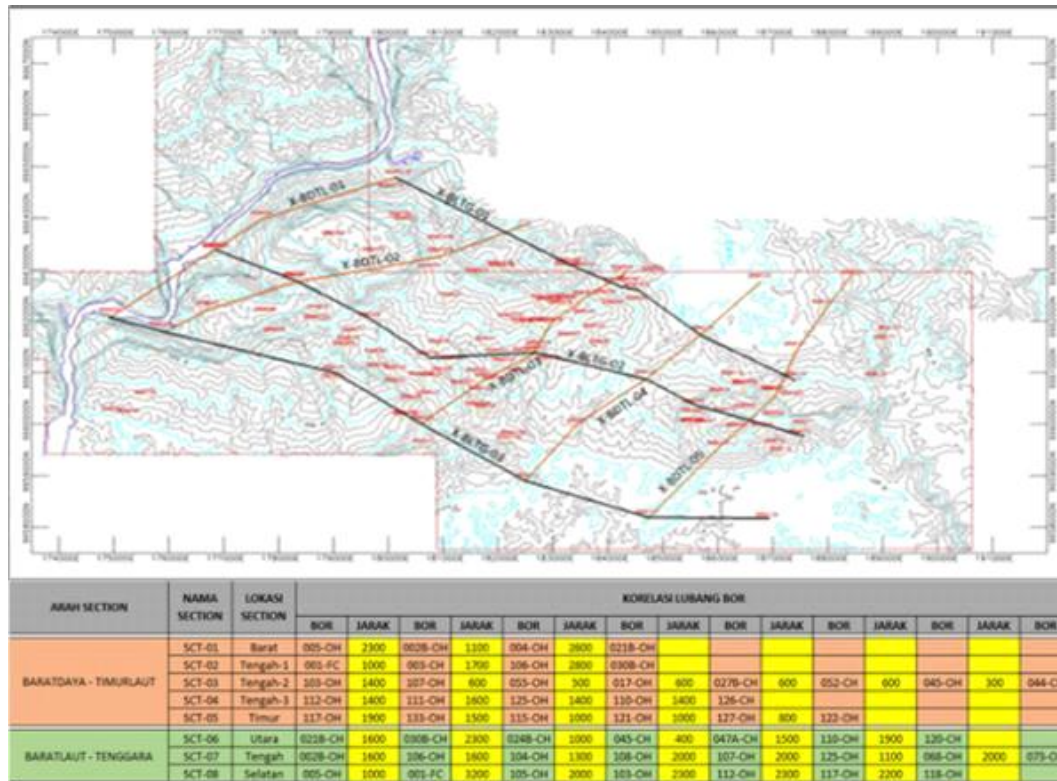
METODOLOGI

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pengeboran eksplorasi endapan batubara yang dilakukan dari tahun 2011 – 2013, dimana jenis data-data tersebut antara lain: data deskripsi lubang bor, data *logging* geofisika, data hasil analisa petrografi, dan data hasil analisa kualitas conto lapisan batubara. Jumlah lokasi pengeboran adalah 81 lokasi, dimana untuk keperluan penelitian ini data-data pengeboran tersebut dikelompokkan ke dalam 8 lintasan penampang korelasi antar lubang bor (Gambar 3) yang mewakili dua arah alur penampang utama, yaitu: penampang arah Baratdaya - Timurlaut (5 penampang), dan

penampang arah Baratlaut - Tenggara (3 penampang).

Metode analisis mengenai karakteristik dan lingkungan pengendapan lapisan batubara Eosen dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- Evaluasi karakteristik *type* batubara (I.C.C.P., 1963 dan 1971; Teichmuller 1982), analisa kualitas batubara, dan analisa *rank* batubara (Ward, 1984);
- Evaluasi lingkungan dan sekuen pengendapan batubara berdasarkan metode: analisa litofasies model Allegheny (Horne et al 1978) dan analisa model pengendapan fluvial Miall (1977, 1978, dan 1985).



Gambar 3: Sebaran lokasi pengeboran di daerah penelitian; garis coklat: penampang korelasi arah baratdaya - timurlaut; garis hitam: penampang korelasi arah baratlaut - tenggara

Analisis Karakteristik Jenis (*Type*) dan Peringkat (*Rank*) Batubara

Menurut van Krevelen (1981), Stach (1982) dan Diessel (1992), proses pembentukan batubara pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap biokimia dan tahap geokimia. Proses tahap biokimia (diagenesis) adalah semua proses yang menyertai pembentukan endapan gambut. Pada tahap ini terjadi proses pembusukan sisa-sisa tanaman sampai tahap penggambutan (*peatification*). Dalam proses ini, reaksi kimia akan menyebabkan terjadinya perubahan pada komponen atau komposisi pembentuk batubara yang kemudian menghasilkan perbedaan pada jenis (*type*) batubara. Proses tahap geokimia adalah semua proses metamorfosis yang menyertai pembentukan batubara dari gambut. Pada tahap ini terjadi pematangan batubara bituminous sampai batubara antrasit (proses ini dikenal dengan proses pembatubaraan atau *coalification*). Dalam *coalification* tidak akan terjadi lagi perubahan pada komponen, komposisi, dan senyawa, yang terjadi hanya pematangan batubara saja sehingga menghasilkan peringkat (*rank*) yang berbeda. Pada tahap ini terjadi dua proses utama, yaitu: proses fisika dan kimia.

Menurut Stopes (1919) dan Teichmuller et al

(1982), penentuan *type* batubara dilakukan melalui analisa petrografik atas jenis dan komposisi kandungan maseral, baik maseral utama maupun turunannya. Kelompok jenis maseral utama pembentuk batubara antara lain: vitrinit, liptinit (exinite), dan inertinit. Dari masing-masing kelompok utama tersebut dibagi menjadi beberapa jenis maseral yang kemudian dibagi lagi menjadi beberapa jenis sub-maseral. Dalam penelitian ini, penentuan *type* batubara dilakukan mengacu pada klasifikasi yang dikeluarkan oleh *International Committee for Coal and Organic Petrology* (I.C.C.P., 1963 dan 1971), seperti diuraikan dalam Tabel 1.

Teichmuller et al (1982) dan Ward (1984) dalam Larry Thomas (2002) menyatakan bahwa hanya maseral vitrinit saja yang dapat dipakai dalam menentukan rank batubara dengan akurat. Pengukuran peringkat batubara dapat dilakukan dengan menggunakan penentuan nilai tengah dari reflectance maksimum maseral vitrinite (Mean Maximum Vitrinite Reflectance) atau disingkat RoMax. Reflectance vitrine akan semakin meningkat seiring dengan perubahan peringkat batubara tersebut (tabel 2). Vitrinite reflectant memiliki korelasi yang bagus dengan volatile matter (daf) pada kelas batubara bituminous.

Tabel 1. Klasifikasi *type* batubara berdasarkan I.C.C.P (1963 dan 1971)

Table 1. Maceral Classification (modified from I.C.C.P., 1963 and 1971)

Maceral Group		Maceral	Sub-maceral
Vitrinite	Structured	Vitrinite A	Telinite
			Telocollinite
	Unstructured	Vitrinite B	Desmocollinite
			Corpocollinite
Exinite			Vitrodetrinite
		Sporinite	
		Cutinite	
		Resinite	
		Liptodetrinite	
		Alginite	Lamalginit
			Telalginite
Inertinite		Suberinite	
	Structured	Fusinite	
		Semifusinite	
	Unstructured	Sclerotinite	
		Macrinite	
		Inertodetrinite	

Tabel 2. Klasifikasi rank batubara (Ward, 1984, dalam Thomas, 2002)

Table 4.15 Rank classes in terms of vitrinite reflectance.

Rank	Maximum reflectance (% $R_{o\ max}$)
Subbituminous	<0.47
High volatile bituminous C	0.47–0.57
High volatile bituminous B	0.57–0.71
High volatile bituminous A	0.71–1.10
Medium volatile bituminous	1.10–1.50
Low volatile bituminous	1.50–2.05
Semi-anthracite	2.05–3.00 (approximately)
Anthracite	>3.00

Source: Ward (1984) with permission of Blackwell Scientific Publications.

Kenaikan temperature akan berhubungan dengan kedalaman endapan yang terbentuk dan berhubungan dengan orogenesis yang mungkin terjadi. Kenaikan tekanan, selain karena selaras dengan kedalaman endapan juga dapat disebabkan karena adanya proses tektonik berupa pelipatan dan pensesaran. Kombinasi kedua hal ini dapat terjadi dan menyebabkan terbentuknya endapan batubara rank tinggi (Teichmuller, 1982).

Analisis Karakteristik Batubara Berdasarkan Parameter Kualitas

Menurut Teichmuller (1982) dan Thomas (2002), variasi dalam lingkungan pengendapan akan secara signifikan memberikan pengaruh yang sangat kuat terhadap karakteristik kualitas batubara baik secara lokal maupun regional, terutama pada beberapa parameter, diantaranya: jenis dan kandungan abu, kandungan zat terbang (*volatile matter*), kandungan senyawa sulfur, dan kandungan energinya, serta parameter kualitas lainnya. Interpretasi atas sebaran

beberapa parameter kualitas pada endapan batubara juga akan memberikan indikasi mengenai tipe lingkungan dan sekuen pengendapan ketika dan setelah endapan batubara itu terbentuk. Thomas (2002) menyatakan intrusi batuan beku yang mengenai lapisan batubara dapat menyebabkan rendahnya kandungan VM.

Dalam penelitian ini, beberapa parameter kualitas batubara yang dijadikan dasar dalam menentukan karakteristik endapan batubara Eosen adalah sebagai berikut: parameter proximate (inherent moisture - IM, volatile matter - VM, ash dan fixed carbon - FC), kandungan total sulfur, kalori, dan index swelling (Crusible Swelling Number - CSN). Semua analisis conto batubara dilakukan di lab. ACIRL Australia dengan menggunakan standard analisa ASTM. Untuk keperluan klasifikasi *rank* batubara, beberapa parameter kualitas tersebut dinyatakan dalam dua kondisi, yaitu kondisi *dry ash free* (daf) dan *dry mineral matter free* (dmmf).

Kombinasi antara nilai RoMax dan parameter-parameter kualitas terutama: IM, VM, kalori, dan FC digunakan untuk menentukan klasifikasi batubara Eosen daerah penelitian. Penulis menggunakan dua klasifikasi karakteristik batubara yaitu: klasifikasi rank batubara Teichmuller (1982) dan klasifikasi rank batubara ASTM - Standar D388-12.

Analisis Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Model Allegheny dan Model Fluvial Miall

Analisis lingkungan pengendapan (depositional environment) dan sekuen pengendapan (depositional sequence) batubara dilakukan berdasarkan analisa fasies batuan sedimen pembawa batubara. Fasies sedimen merupakan pembagian tubuh batuan menurut unit atau suatu aspek yang serupa. Dalam proses pembentukannya, fasies endapan sedimen pembawa batubara dikenal sebagai fasies batubara, dimana identifikasinya didasarkan pada tipe genesa primer dari batubara yang ditentukan oleh tipe dari gambut sebagai sumbernya serta satuan litologi sedimen penyertainya. Evaluasi jenis fasies batubara dapat ditentukan berdasarkan beberapa hal, yaitu: jenis maseral dan komposisi kimia kandungan mineralnya, maseral vitrinit, tekstur batubara, serta aspek sedimentologi lapisan

batuan pengapitnya. Analisis metode litofasies dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan evaluasi stratigrafi (vertikal maupun lateral). Evaluasi stratigrafi ini dilakukan berdasarkan hasil analisa korelasi data antar lubang bor di daerah penelitian. Indikasi kandungan sulfur dalam endapan batubara di daerah penelitian yang relatif rendah. Hal ini mengindikasikan tidak adanya pengaruh proses genang laut (*transgresi*) pada saat *peatification* dan *coalification*. Menurut Ferm (1963, 1974, & 1975), William (1963), dan Horne (1978), lingkungan pengendapan dengan ciri seperti ini terdapat pada rawa dalam model lingkungan fluvial – upper delta plain. Salah satu pendekatan yang digunakan dalam analisis lingkungan pengendapan pada area-area seperti ini adalah dengan menggunakan metode analisis lingkungan pengendapan fluvial - delta model “Allegheny”. Pendekatan model pengendapan “Allegheny” yang dilakukan Horne, et al (1978), diambil berdasarkan model endapan formasi batuan sedimen di lokasi Kentucky Timur dan West Virginia Selatan. Analisa dilakukan dengan menggunakan tabel identifikasi aspek-aspek karakteristik dominan pada stratigrafi batuan sedimen sebagai penciri lingkungan pengendapan pada satuan sedimen pembawa batubara (tabel 3 dan gambar 4).

Tabel 3. Kriteria aspek sedimen dalam lingkungan pengendapan model Allegheny (Horne et al 1979 dalam Ward, 1981)

Table 2.1 Sedimentary features used to identify depositional environments. From Horne *et al* (1979)

Recognition characteristics	Fluvial & upper delta plain*	Transitional lower delta plain*	Lower delta plain*	Back-barrier*	Barrier*
I Coarsening upwards					
A Shale & siltstone sequences	2-3	2	1	2-1	3-2
(i) >50 ft	4	3-4	2-1	2-1	3-2
(ii) 5-25 ft	2-3	2-1	2-1	2-1	3-2
B Sandstone sequences	3-4	3-2	2-1	2	2-1
(i) >50 ft	4	4	2-1	3	2-1
(ii) 5-25 ft	3	3-2	2-1	2	2
II Channel deposits					
A Fine grained abandoned fill	3	2-3	1-2	2	3-2
(i) Clay & silt	3	2-3	1-2	2	3-2
(ii) Organic debris	3	2-3	1-2	2-3	3
B Active sandstone fill	1	2	2-3	2-3	2
(i) Fine grained	2	2	2-3	2-3	2
(ii) Medium & coarse grained	1	2-3	3	3	2-3
(iii) Pebble lags	1	1	2	2-3	3-2
(iv) Coal spars	1	1	2	2-3	3-2
III Contacts					
A Abrupt (scour)	1	1	2	2	2-1
B Gradational	2-3	2	2-1	2	2
IV Bedding					
A Cross beds	1	1	1	1-2	1-2
(i) Ripples	2	2-1	1	1	1
(ii) Ripple drift	2-1	2	2-3	3-2	3-2
(iii) Trough cross beds	1	1-2	2-1	2	2-1
(iv) Graded beds	3	3	2-1	3-2	3-2
(v) Point bar accretion	1	2	3-4	3-4	3-4
(vi) Irregular bedding	1	2	3-2	3-2	3-2
V Levee deposits					
A Irregularly interbedded sandstones & shales, rooted	1	1-2	3-2	3	4
VI Mineralogy of sandstones					
A Lithic greywacke	1	1	1-2	3	3
B Orthoquartzite	4	4	4-3	1-2	1
VII Fossils					
A Marine	4	3-2	2-1	1-2	1-2
B Brackish	3	2	2	2-3	2-3
C Fresh	2-3	3-2	3-4	4	4
D Burrow	3	2	1	1	1

*1-Abundant, 2-Common, 3-Rare, 4-Not present.

Menurut Miall (1987), keterdapatan endapan batubara yang signifikan dalam sistem fluvial akan tergantung pada beberapa aspek diantaranya kontrol iklim, kontrol biologis

(source endapan gambut), stabilitas perkembangan channel, dan perkembangan kandungan sedimen klastik. Kehadiran dataran limpas banjir (flood-plain) pada

sistem fluvial akan membentuk hutan rawa gambut untuk kemudian membentuk yang berpotensi membentuk endapan endapan batubara.

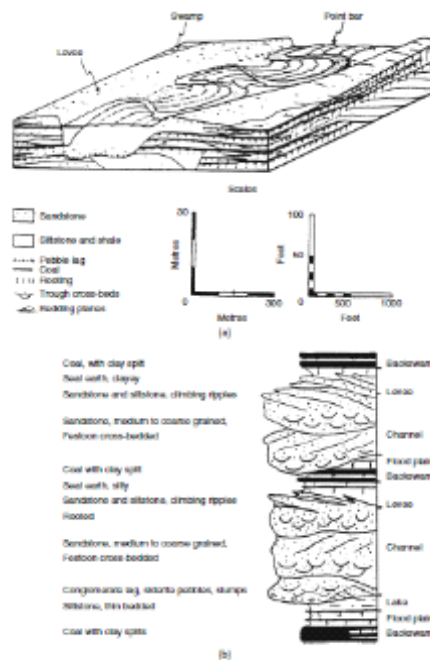


Figure 2.4 (a) Reconstruction of upper delta plain fluvial environments in Kentucky, United States. (From Horne et al., 1978.)
(b) Correlated vertical sequence through upper delta plain. Fluvial deposits of eastern Kentucky and western West Virginia, United States. (From Horne et al., 1978.)

Gambar 4. Penampang vertikal model Allegheny pada lingkungan pengendapan Fluvial - Upper Delta Plain Deposit (Horne, et al 1978 dalam Ward, 1981)

Menurut Flores dan McCabe (1984) pembentukan endapan batubara batubara berkualitas lebih tinggi dengan kandungan abu rendah kemungkinan akan memerlukan kondisi di mana akumulasi endapan gambut yang cepat melebihi tingkat pengendapan sedimen klastik dalam lingkungan pengendapan fluvial. Dimana kondisi ini menyebabkan pengembangan rawa sedikit terangkat dan menghambat migrasi channel. Distribusi batubara kemungkinan juga merupakan hasil dari pola drainase dendritik. Pola drainase ini menyebabkan gangguan pada lapisan batubara yang disebabkan oleh perkembangan saluran yang menguras hutan rawa paleo (Padgett dan Ehrlich, 1978). Lingkungan pengendapan fluvial umumnya dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu: saluran (*channel*: tempat dimana bed-load dan suspended-load tertransportasi) dan dataran limpas banjir (flood-plain: biasanya dicirikan oleh endapan suspended-load). Masing-masing bagian tersebut dapat dibagi menjadi proksimal dan distal sub-environment. Proksimal channel termasuk diantaranya: zona genang depresi, ripples, bedforms channel (ripples, dune, dan bar), dan sedimen channel bar. Sementara lingkungan pengendapan distal channel termasuk diantaranya: *chute channels*, *scroll bar*, *levees*, *crevasse splays* dan *oxbows*.

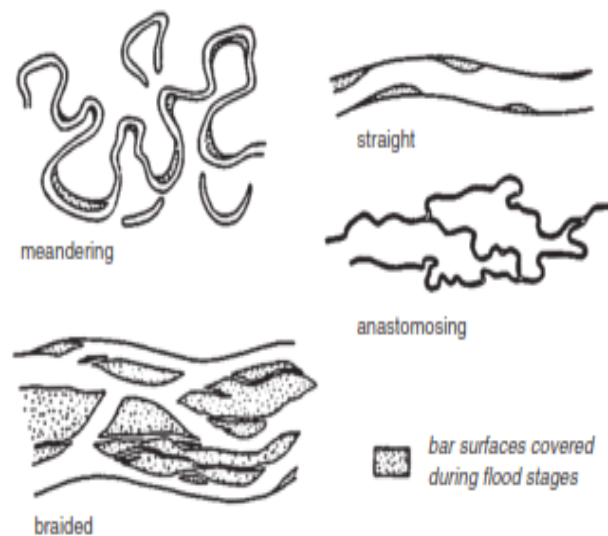
Lingkungan pengendapan floodplain proksimal meliputi: dataran limpas, floodplain channel, flood-basin lakes, dan lahan basah (rawa). Lingkungan distal floodplain adalah area transisi menuju lingkungan non-floodplain. Channels umumnya dibagi menjadi berdasarkan panjangnya segmen saluran (*reaches*) yang ditentukan berdasarkan perubahan debit saluran (tributary inflows), dasar saluran dan material endapan, atau pola channels. Klasifikasi lingkungan pengendapan channels adalah (gambar 8):

- Straights channels*, relatif jarang ditemukan dan ciri khas dari lingkungan sedimentasi high-energy, sungai-sungai yang kaya kerikil atau kerakal.
- Anastomosis channels*, merupakan tahap awal dalam proses *avulsion*, proses pembentukan meandering channel atau braided channels.
- Meandering channels*; memiliki pola berliku-liku dengan *cutbanks* dan pool di bagian luar kelokan, serta terdapatnya endapan bar dibagian dalam tikungan, dan pola ripples yang melintasi antar channels.
- Braided stream*, endapan pada lingkungan ini umumnya dibagi menjadi *sandy braided stream (primarily sand dunes)* dan *gravel braided streams (primarily gravel bars with some sand dunes)*.

Code	Lithology	Textures	Sedimentary structures	Interpretation
Gms	General	Coarse to fine grained, poorly sorted	Massive	Delta flow deposit
Gm	General	Coarse to fine grained, moderately sorted	Massive	Bar platform deposit
Gh	General	Coarse to fine grained, moderately sorted	Plane bedded	Bar platform deposit
Gt	General	Coarse to fine grained, moderately sorted	Trough cross-bedded	Super-bar platform minor channel fill
Gp	General	Coarse to fine grained, moderately sorted	Plane tabular cross-bedded	Lingard bars or bar margins at deltaic face (small bar-pool deltas)
Im	Sand	Coarse to fine grained, moderately sorted	Massive, detrital	Rapid deposition, or homogenized by waves
Is	Sand	< 1 cm, to mud, graded, moderately sorted	Plane bedded	Upper/lower flow regime plane bed
Il	Sand	Coarse to fine grained, moderately sorted	Low angle (< 10°) cross-bedded	Scour ribs, cross-river splays, sandbars
Is	Sand	< 1 cm, to mud, graded, moderately sorted	Trough cross-bedded	1-D dunes (lower flow regime)
Ip	Sand	< 1 cm, to mud, graded, moderately sorted	Plane tabular cross-bedded	2-D dunes (lower flow regime)
Ir	Sand	fine to fine grained, moderately sorted	Ripple marks or ripple laminated	Ripples (lower flow regime)
Is	Sand	< 1 cm, to fine grained, moderately sorted	Erosional scours with mud structures	Scour and scour fills
Is	Sand	< 1 cm, to fine grained, moderately sorted	Shallow scours	Scour and scour fills
Fl	Sand, silt, mud	Range of fine silt, typically well sorted	Plane lamination, flood creeps	Overbank or waning flow deposits
Fm	Silt, mud	Range of fine silt, typically well sorted	Laminated to massive	Backswamp deposits
Fcl	Mud	Range of fine silt, typically well sorted	Massive with freshwater molluscs	Backswamp pond deposits
Fm	Silt, mud	Range of fine silt, typically well sorted	Massive, detrital, desiccation cracks	Overbank or slope deposits, soils
Fr	Silt, mud	Range of fine silt, typically well sorted	Massive, with nodules	Mineral soils (various types)
C	Carbonaceous mud, peat/coal	Mixture of fine-grained sediment/organic matter	Peats, leaf litter layers	Organic soils (peat, hummocks)
F	Progenetic carbonate	Soil based in sand/mud	Carbonate nodules or rhizoliths	Caliche

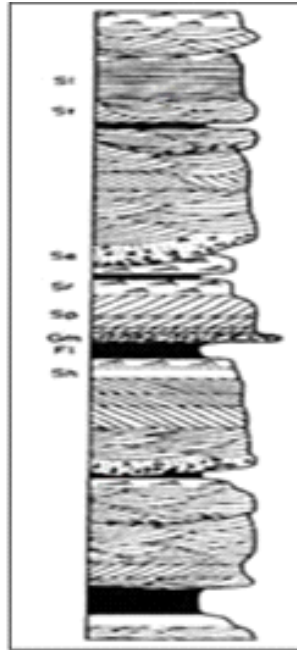
Source: Modified from Miall (1977)

Tabel 4. Identifikasi karakteristik litofasies fluvial (Miall 1985)

Gambar 5: Tipe channel berdasarkan bentuk geometri dan *sinuosity* (Miall, 1977)

Selain analisa lingkungan pengendapan fluvial berdasarkan pada pola channel, evaluasi sedimen pembawa batubara pada model fluvial juga didasarkan pada pendekatan *facies analysis* dan *fluvial architecture analysis* seperti yang

dikemukakan oleh Miall (1977, 1978 dan 1985) dengan menggunakan pengenalan karakteristik pada tabel 4 dan gambar 6.



Gambar 6. Contoh analisis fasies dari endapan *braided stream* berdasarkan *fluvial architecture analysis* (Miall, 1977)

KARAKTERISTIK ENDAPAN BATUBARA DAERAH PENELITIAN

A. Karakteristik Type Maseral Batubara

Hasil analisis maseral batubara daerah penelitian tertera dalam tabel 5 - 8. Evaluasi detil kandungan maseral batubara hanya dilakukan pada 4 lapisan batubara utama, yaitu seam B, C, D, dan J, diuraikan sebagai berikut:

Seam B

Kandungan vitrinite seam B sebanyak rerata 89.33% (84.0% - 94.8%), terdiri dari telovitrinite rerata 86.40% (80.7% - 89.5%) dan detrovitrinite rerata 2.92% (1.0% -

5.6%). Kandungan inertinite rerata 0.87% dalam bentuk semifusinite 0.2% dan funginite rerata 1.0% (0.4% - 1.2%). Kandungan mineral 4.1% - 14.8%. Tingginya kandungan mineral pada beberapa bor diperkirakan berasal dari material parting. *Natural coke* pada titik bor 005-OH sebesar 2.3% mengindikasikan akibat pemanasan alami yang berasal dari efek intrusi atau struktur sesar. Pola sebaran maseral vitrinite dan inertinite ini cenderung naik dari bagian baratdaya ke tengah dan kemudian menurun kembali ke arah timurlaut.

Tabel 5. Distribusi maseral seam B berdasarkan lintasan bor (sumber: PT. BBM)

SECTION	BOR	SEAM	Vitrinite			Inertinite			Mineral	Natural Coke
			Telovitrinite	Detrovitrinite	Total	Semifusinite	Funginite	Total		
			Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %		
SCT-01	005-OH	B	87.1	1.2	88.3	0.2	0.0	0.2	5.2	2.1
SCT-01	002B-OH	B	87.5	1.0	88.5	0.0	1.2	1.2	10.1	
SCT-01	004-OH	B	89.1	5.6	94.8	0.0	1.2	1.2	4.1	
SCT-01	021B-OH	B	89.5	4.6	94.1	0.0	1.0	1.0	5.1	
SCT-02	001-FC	B	84.3	2.0	86.3	0.0	0.4	0.4	10.1	
SCT-02	003-OH	B	80.7	1.1	81.8	0.0	1.2	1.2	14.8	

Tabel 6. Distribusi maseral seam C berdasarkan lintasan bor (sumber: PT. BBM)

SECTION	BOR	SEAM	Vitrinite			Inertinite			Mineral	Natural Coke
			Telovitrinite	Detrovitrinite	Total	Semifusinite	Funginite	Total		
			Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %		
SCT-01	005-OH	C	92.7	0.8	93.5	0.2	0.4	0.6	3.4	2.6
SCT-01	002B-OH	C	94.2	0.2	94.4	0.0	1.4	1.4	4.2	
SCT-01	004-OH	C	91.9	3.3	95.2	0.0	1.8	1.8	3.0	
SCT-01	021B-OH	C	89.5	4.4	93.9	0.0	1.0	1.0	5.1	
SCT-02	001-FC	C	94.7	1.7	96.4	0.0	1.9	1.9	1.7	
SCT-02	003-OH	C	76.7	2.4	79.1	0.0	1.2	1.2	19.7	

Tabel 7. Distribusi maseral seam D berdasarkan lintasan bor (sumber: PT. BBM)

SECTION	BOR	SEAM	Vitrinite			Inertinite			Mineral	Natural Coke
			Telovitrinite	Detrovitrinite	Total	Semifusinite	Funginite	Total		
			Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %		
SCT-01	005-OH	D	91.4	0.0	91.4	0.4	0.4	0.8	2.1	1.6
SCT-01	002B-OH	D	92.7	0.2	92.9	0.0	1.0	1.0	6.1	
SCT-01	004-OH	D	80.1	0.5	80.7	0.0	0.6	0.6	18.7	
SCT-01	021B-OH	D	89.5	4.6	94.1	0.0	1.0	1.0	5.1	
SCT-02	001-FC	D	96.5	0.4	96.9	0.0	1.2	1.2	1.9	
SCT-02	003-OH	D	91.0	0.2	91.2	0.0	1.6	1.6	7.2	

Tabel 8. Distribusi maseral seam J berdasarkan lintasan bor (sumber: PT. BBM)

SECTION	BOR	SEAM	Vitrinite			Inertinite			Mineral	
			Telovitrinite	Detrovitrinite	Total	Semifusinite	Funginite	Inertodetrinite		
			Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %	Volume %		
SCT-03	107-OH	J	90.4	6.1	96.7	0.0	0.6	0.0	0.6	2.7
SCT-03	050-OH	J	91.1	3.2	94.3	0.0	2.1	0.0	2.1	1.4
SCT-03	017-OH	J	88.8	4.1	92.9	0.0	2.0	0.0	2.0	6.9
SCT-03	053-OH	J	94.2	2.2	96.4	0.0	1.2	0.0	1.2	2.4
SCT-03	040-OH	J	87.5	7.5	95.0	0.0	1.4	0.0	1.4	1.6
SCT-03	044-OH	J	92.4	4.0	96.4	0.0	0.8	0.0	0.8	2.8
SCT-04	111-OH	J	88.2	6.8	95.0	0.0	1.6	0.0	1.6	1.5
SCT-04	125-OH	J	96.1	0.1	96.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1
SCT-04	118-OH	J	96.9	0.7	97.7	0.1	0.0	0.0	0.1	2.2
SCT-04	128-OH	J	91.4	0.1	91.7	0.4	0.0	0.1	0.7	1.1
SCT-05	119-OH	J	92.4	2.7	95.1	0.0	0.2	0.0	0.2	4.7
SCT-06	040-OH	J	87.5	7.5	95.0	0.0	1.4	0.0	1.4	1.6
SCT-06	047A-OH	J	91.0	0.2	91.2	1.8	0.0	0.6	4.4	4.4
SCT-06	110-OH	J	96.9	0.7	97.7	0.1	0.0	0.0	0.1	2.2
SCT-06	120-OH	J	96.5	0.0	96.5	0.6	0.1	0.2	1.1	2.4
SCT-07	108-OH	J	89.5	4.5	94.0	0.0	2.1	0.0	2.1	1.9
SCT-07	107-OH	J	90.4	6.1	96.7	0.0	0.6	0.0	0.6	2.7
SCT-07	120-OH	J	96.1	0.1	96.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1
SCT-07	068-OH	J	91.6	0.4	92.0	0.0	0.8	0.0	0.8	3.2
SCT-07	079-OH	J	92.8	1.6	94.4	0.0	0.0	1.4	1.4	2.2

Seam C

Kandungan maseral vitrinite antara 79.1% - 96.4%, terdiri dari telovitrinite rerata 89.95% (76.7% - 94.7%) dan detrovitrinite rerata 2.13% (0.2% - 4.4%). Kandungan maseral inertinite sebanyak rerata 1.32% (0.6% - 1.9%) dalam bentuk semifusinite 0.2% (0.05-OH) dan funginite rerata 1.0% (0.4% - 1.9%). Kandungan mineral sebesar 6.18% (1.7% - 19.7%). Tingginya kandungan mineral pada bor: 003-OH diperkirakan berasal dari material parting. Indikasi *natural coke* sebesar 2.6% pada titik bor 005-OH mengindikasikan seam ini telah mengalami pemanasan akibat efek intrusi atau struktur sesar. Distribusi maseral vitrinite dari baratdaya ke tengah semakin besar dan menurun ke bagian timurlaut, sementara

kandungan inertinite dari baratdaya ke tengah cenderung naik kemudian turun kembali dan ke arah timurlaut kembali naik.

Seam D

Kandungan maseral vitrinite sebanyak rerata 91.5% (80.7% - 96.9%) yang terdiri dari telovitrinite sebesar rerata 90.53% (80.1% - 96.5%) dan detrovitrinite rerata 1.16% (0.2% - 4.4%). Kandungan maseral inertinite sebanyak rerata 1.02% (0.6% - 1.6%) dalam bentuk semifusinite rerata 0.4% (0.05-OH) dan funginite rerata 1.08% (0.6% - 1.6%). Sementara total kandungan mineral sebesar 6.9% (1.9% - 18.7%). Tingginya kandungan mineral pada bor: 004-OH diperkirakan berasal dari material parting. *Natural coke* pada titik bor 005-OH, mengindikasikan proses pemanasan alami akibat efek intrusi

atau struktur sesar. Distribusi maseral vitrinite dari baratdaya ke arah tengah cenderung turun kemudian berubah naik ke bagian timurlaut. Sementara maseral inertinite cenderung naik ke bagian tengah dan cenderung turun ke timurlaut.

Seam J

Kandungan maseral vitrinite sebanyak rerata 95.3% (91.1% - 97.7%) yang terdiri dari telovitrinite sebesar rerata 92.3% (86.8% - 96.9%) dan detrovitrinite rerata 3.1% (0.2% - 7.5%). Kandungan maseral inertinite sebanyak rerata 1.3% (0.1% - 4.4%) yang terdiri dari: semifusinite 0.4% (0.1% -

0.6%), funginite rerata 1.1% (0.1% - 2.3%), dan inertodetrinite rerata 0.5% (0.1% - 1.4%). Sementara kandungan mineral sebesar 3.4% (2.2% - 6.9%). Pola sebaran kandungan vitrinite dan inertinite pada seam J memperlihatkan karakteristik sebaran yang tidak stabil secara lateral.

Menurut I.C.C.P 1963 dan 1971 dan Suwarna dan Hermanto 2007, berdasarkan volume kandungan sub-maseral yang terdapat dalam batubara di daerah penelitian, maka dapat diinterpretasikan bahwa tipe batubara Eosen PT. BBM adalah tipe Vitrinite A (Tabel 9).

Maceral Group	Maceral	Sub-maceral
Vitrinite	Structured	Vitrinite A Telovitrinite Detrovitrinite
	Unstructured	Vitrinite B Dexamodulinite Corpocollinite Vibrodulinite
		Sporinite Cutinite Resinite Lipodetrinite
Exinite		Alginite Lamalginites Telalginites
		Suberinite
Inertinite	Structured	Fusinite Semifusinite
	Unstructured	Sclerotinite Macrinite Inertodetrinite

Tabel 9. Type endapan batubara Eosen daerah penelitian berdasarkan klasifikasi I.C.C.P (1963 dan 1971)

B. Hasil Analisis Reflectance Vitrinite Batubara Eosen Daerah Penelitian

Hasil analisa derajat "reflectance vitrinite" (R_v) pada seam utama berkisar dari 1.60 - 2.57 dengan rerata sekitar 2.00. Nilai R_v

berdasarkan seam dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Tabel 10 - 13): seam B rerata sekitar 2.26, seam C rerata sekitar 2.22, seam D rerata sekitar 2.22, seam J rerata sekitar 1.70.

Tabel 10. Hasil analisa R_v batubara seam B daerah penelitian (sumber: PT. BBM)

BOR	SEAM	$R_{max}(%)$			Counts	Observations
		Telovitrinite	Detrovitrinite	Vitrinite		
002B-OH	B	2.12	2.11	2.12	58	522
003-CH	B	2.57	2.56	2.57	55	512
021B-OH	B	2.09	2.08	2.09	58	505
Rerata		2.26	2.25	2.26	57	513

Tabel 11. Hasil analisa R_v batubara seam C daerah penelitian (sumber: PT. BBM)

BOR	SEAM	$R_{max}(%)$			Counts	Observations
		Telovitrinite	Detrovitrinite	Vitrinite		
002B-OH	C	2.09	2.09	2.09	59	530
003-CH	C	2.47	2.46	2.47	55	507
021B-OH	C	2.09	2.08	2.09	60	505
Rerata		2.22	2.21	2.22	58	514

Tabel 12. Hasil analisa R_v batubara seam D daerah penelitian (sumber: PT. BBM)

BOR	SEAM	$R_{max}(%)$			Counts	Observations
		Telovitrinite	Detrovitrinite	Vitrinite		
002B-OH	D	2.13	2.12	2.13	55	508
003-CH	D	2.44	2.43	2.44	60	513
021B-OH	D	2.09	2.08	2.09	58	505
Rerata		2.22	2.21	2.22	58	509

Tabel 13. Hasil analisa Rv batubara seam D daerah penelitian (sumber: PT. BBM)

BOR	SEAM	R _{max} (%)			Counts	Observations
		Telovitrinite	Detrovitrinite	Vitrinite		
017-OH	J	1.72	1.71	1.72	57	510
044-CH	J	1.81	1.80	1.81	50	520
045-OH	J	1.85	1.84	1.85	53	522
047A-CH	J	1.60	1.60	1.60	100	500
053-CH	J	1.80	1.79	1.80	53	504
068-OH	J	1.77	1.77	1.77	50	501
073-OH	J	1.70	1.69	1.70	60	503
107-OH	J	1.78	1.77	1.78	54	511
108-OH	J	1.75	1.74	1.75	79	516
111-OH	J	1.77	1.77	1.77	49	515
120-CH	J	1.68	N/A	1.68	50	637
125-OH	J	1.78	N/A	1.78	50	701
126-CH	J	1.75	N/A	1.75	50	713
Rerata		1.75	1.75	1.75	58	550

C. Kualitas Batubara Eosen Daerah Penelitian

Berkaitan dengan fokus materi pada aspek ilmiah penelitian yang dilakukan, maka pembahasan atas parameter kualitas batubara hanya ditekankan pada parameter-parameter berikut (tabel 14 – 18): kandungan Inherent Moisture, Volatile Matter, total abu, Fixed Carbon, kandungan total sulfur, dan analisa sifat fisik batubara yang terkait dengan karakteristik sifat metalurginya, yaitu parameter Swelling Crucible Number (CSN). Adapun hasil analisa kualitas batubara Eosen di daerah penelitian adalah sebagai berikut:

Kandungan Inherent Moisture (IM)

Kandungan IM dalam batubara dapat dipergunakan sebagai salah satu ukuran tinggi rendahnya rank batubara. Semakin rendah nilai IM, maka semakin tinggi *rank* batubara. Secara umum kandungan IM batubara berkisar antara 0.30% - 1.40% dengan rerata 0.86%. Kandungan IM pada batubara seam utama adalah sebagai berikut: B rerata 0.87% (0.40% - 1.50%), C rerata 0.80% (0.30% - 1.39%), D rerata

0.85% (0.50% - 1.40%) dan J rerata 1.06% (0.70% - 1.80%). Rendahnya kandungan IM seam B, C, dan D menunjukkan bahwa seam-seam tersebut telah mengalami peningkatan suhu dan tekanan yang lebih intensif dibandingkan seam J atau dengan kata lain aspek *burial depth* merupakan pengontrol utama proses coalification pada endapan batubara Eosen.

Kandungan Volatile Matter (VM)

Secara umum kandungan VM batubara Eosen di daerah penelitian berkisar antara 5.50% - 18.70% dengan rerata 14.2%. Kandungan VM pada seam B rerata 10.40% (5.50% - 15.40%), pada seam C rerata 11.07% (5.60% - 15.70%), pada seam D rerata 10.88% (6.10% - 14.90%), dan pada seam J rerata 17.26% (13.90% - 18.70%). Secara vertikal, diketahui bahwa kandungan VM semakin tinggi ke seam bagian atas. Hal ini menunjukkan bahwa aspek *burial depth* merupakan aspek pengontrol utama terhadap perbedaan rank batubara di daerah penelitian.

Tabel 14. Hasil Analisa TM, Proximate, TS, CV, dan Phospor dalam batubara di daerah penelitian (sumber: PT. BBM)

BOR	SEAM	Proximate Analysis (% ad)				TS (%)	CV (ad) kcal/kg	CV (daf) kcal/kg
		IM	ASH	VM	FC			
001-FC	AU	1.50	23.20	6.70	68.60	0.46	6,418	8,524
001-FC	B	1.50	27.30	5.90	65.30	0.54	6,068	8,522
001-FC	C	1.39	4.70	7.00	86.90	0.47	8,236	8,773
001-FC	D	1.40	5.80	6.70	86.10	0.45	8,144	8,775
002B-OH	AU	0.40	12.80	13.10	73.70	0.47	7,556	8,706
002B-OH	B	0.70	24.10	11.50	63.70	0.37	6,486	8,625
002B-OH	C	0.50	9.40	13.00	77.10	0.32	7,912	8,780
002B-OH	D	0.50	6.40	13.70	79.40	0.33	8,198	8,804
002B-OH	E	0.70	4.00	13.90	81.40	0.42	8,346	8,758
003-CH	AU	0.90	11.60	11.20	76.30	0.64	7,500	8,572
003-CH	B	0.80	9.80	10.30	79.10	0.36	7,752	8,672
003-CH	C	0.80	4.80	11.00	83.40	0.35	8,264	8,754
003-CH	D	0.80	5.60	11.10	82.50	0.38	8,144	8,701
003-CH	E	1.30	31.40	11.30	56.00	0.53	5,560	8,262
004-OH	B	0.40	5.70	15.40	78.50	0.35	8,266	8,804
004-OH	C	0.30	4.60	15.70	79.40	0.33	8,348	8,778
004-OH	D	0.50	32.50	12.80	54.20	0.32	5,734	8,527
005-OH	B	1.10	14.90	5.50	78.50	0.44	7,216	8,589
005-OH	C	1.10	5.20	5.60	88.10	0.42	8,158	8,706
005-OH	D	1.20	3.80	6.10	88.90	0.50	8,234	8,668
005-OH	E	1.50	22.40	6.90	69.20	0.59	6,372	8,374
017-OH	J	0.90	10.30	18.50	70.30	0.39	7,696	8,668
021B-OH	B	0.70	11.00	13.80	74.50	0.34	7,558	8,672
021B-OH	C	0.70	6.90	14.10	78.30	0.31	8,114	8,780
021B-OH	D	0.70	4.30	14.90	80.10	0.38	8,338	8,778
044-CH	J	1.20	12.60	16.10	70.10	0.37	7,568	8,804
045-OH	J	1.20	20.60	15.90	62.30	0.36	6,778	8,668
047A-CH	J	0.90	7.90	17.30	73.90	0.34	7,972	8,742
053-CH	J	1.10	10.60	17.30	71.00	0.37	7,706	8,725
055-OH	J	1.20	13.40	17.10	68.30	0.34	7,486	8,766
068-OH	J	0.70	12.60	17.40	69.30	0.37	7,510	8,660
073-OH	J	1.00	9.80	18.70	70.50	0.39	7,836	8,785
107-OH	J	1.40	10.60	17.90	70.10	0.33	7,696	8,744
108-OH	J	0.80	13.10	17.40	68.70	0.43	7,478	8,664
110-OH	J	1.00	15.50	17.40	66.10	0.37	7,182	8,601
111-OH	J	0.80	14.40	16.90	67.90	0.33	7,400	8,725
115-OH	J	1.10	19.50	18.60	60.80	0.78	6,834	8,582
118-OH	J	0.80	13.10	17.40	68.70	0.43	7,478	8,664
120-CH	J	1.30	14.90	17.90	65.90	0.38	7,238	8,637
125-OH	J	1.00	17.10	17.00	64.90	0.33	6,985	8,529
126-CH	J	1.80	38.00	13.90	46.30	0.28	5,028	8,352
133-OH	J	0.90	12.20	17.90	69.00	0.46	7,508	8,639
Minimum		0.30	3.80	5.50	46.30	0.28	5,028	8,262
Maksimum		1.80	38.00	18.70	88.90	0.78	8,548	8,804
Rerata		0.96	13.30	13.52	72.22	0.41	7,438	8,664

Menurut Horne (1978) dalam Ward (1981), volatile matter yang sangat rendah pada batubara dapat pula menunjukkan kondisi cekungan yang relatif stabil ketika pengendapan batubara terbentuk. Sementara menurut Thomas (2002), evaluasi pada hasil analisa kualitas batubara, terutama kandungan dengan hasil kandungan *volatile matter* yang rendah akan menunjukkan adanya pengaruh intrusi pada daerah tersebut. Hal ini selaras dengan pendapat Moss dan Chambers (1998) dimana kemungkinan besar endapan batubara di daerah penelitian telah dipengaruhi oleh adanya intrusi Sintang dan atau adanya zona struktur sesar "Adang Flexure".

Kandungan Fixed Carbon (FC)

Secara umum nilai FC batubara di daerah penelitian berkisar antara 46.30% - 88.90% dengan rerata 72.22%. Nilai FC pada

batubara Eosen ini relatif cukup tinggi dan menunjukkan indikasi batubara jenis semi-antrasit. Adapun distribusi nilai FC pada seam batubara utama adalah sebagai berikut: seam B antara 77.10% - 88.10% (rerata 82.20%), seam C antara 63.70% - 79.10% (rerata 73,27%), seam D antara 54.20% - 88.90%, (rerata 78.53%), seam J antara 46.30% - 73.90% (rerata 66.89%).

Kandungan Total Sulfur (TS)

Kandungan TS pada seam-seam batubara di daerah penelitian berkisar antara 0.28% - 0.78% dengan rerata sekitar 0.41%, dimana ini menunjukkan kategori rendah. Kandungan total sulfur dari seam-seam utama adalah sebagai berikut: seam B antara 0.34% - 0.54% (rerata 0.40%), seam C antara 0.31% - 0.47% (rerata 0.37%), seam D antara 0.32% - 0.50% (rerata 0.39%), dan seam seam J antara 0.28% - 0.78% (rerata 0.39%).

Tabel 15. Kandungan VM dan TS pada Seam B berdasarkan Lintasan Bor

LINTASAN BOR	BOR	SEAM	VM (%ad)	TS (%ad)
SCT-01	005-OH	B	5.5	0.44
	004-OH	B	15.4	0.35
	021B-OH	B	13.8	0.34
SCT-02	001-FC	B	5.9	0.54
	003-CH	B	10.3	0.36
SCT-06	021B-OH	B	13.8	0.34
SCT-08	005-OH	B	5.5	0.44
	001-FC	B	5.9	0.54

Tabel 16. Kandungan VM dan TS pada Seam C berdasarkan Lintasan Bor

LINTASAN BOR	BOR	SEAM	VM (%ad)	TS (%)
SCT-01	005-OH	C	5.60	0.42
	002B-OH	C	13.70	0.33
	004-OH	C	15.70	0.33
	021B-OH	C	14.10	0.31
SCT-02	001-FC	C	7.00	0.47
	003-CH	C	11.00	0.35
SCT-06	021B-OH	C	14.10	0.31
SCT-07	002B-OH	C	11.50	0.32
SCT-08	005-OH	C	5.60	0.42
	001-FC	C	7.00	0.47

Tabel 17. Kandungan VM dan TS pada Seam D berdasarkan Lintasan Bor

LINTASAN BOR	BOR	SEAM	VM (%ad)	TS (%)
SCT-01	005-OH	D	6.10	0.50
	002B-OH	D	13.90	0.42
	021B-OH	D	14.90	0.38
SCT-02	001-FC	D	6.70	0.45
	003-CH	D	11.10	0.38
SCT-06	021B-OH	D	14.90	0.38
SCT-07	002B-OH	D	13.80	0.33
SCT-08	005-OH	D	6.10	0.50
	001-FC	D	6.70	0.45

Tabel 18. Kandungan VM dan TS pada Seam J berdasarkan Lintasan Bor

LINTASAN BOR	BOR	SEAM	VM (%ad)	TS (%ad)
SCT-03	107-OH	J	17.90	0.33
	055-OH	J	17.10	0.34
	017-OH	J	18.50	0.39
	053-CH	J	17.30	0.37
	045-OH	J	15.90	0.36
	044-CH	J	16.10	0.37
Rerata			17.13	0.36
SCT-04	111-OH	J	16.90	0.33
	125-OH	J	17.00	0.33
	110-OH	J	17.40	0.37
Rerata			17.10	0.34
SCT-05	133-OH	J	17.90	0.46
SCT-06	045-OH	J	15.90	0.36
	047A-CH	J	17.30	0.34
	110-OH	J	17.40	0.37
	120-CH	J	17.90	0.38
Rerata			17.13	0.36
SCT-07	108-OH	J	17.40	0.43
	107-OH	J	17.90	0.33
	125-OH	J	17.00	0.33
	068-OH	J	17.40	0.37
	073-OH	J	18.70	0.39
Rerata			17.68	0.37

D. Rank Batubara Daerah Penelitian

Berdasarkan rerata data-data: Rvmax, VM, FC, dan nilai kalori, maka peringkat (rank) batubara Eosen di daerah penelitian dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

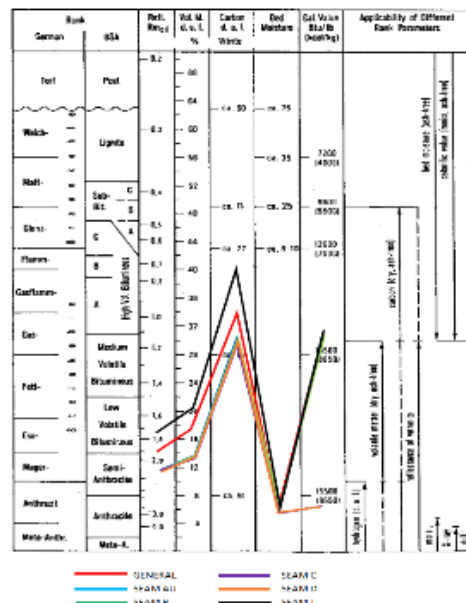
a. Berdasarkan klasifikasi Teichmuller (1982)

– gambar 7, endapan batubara di daerah penelitian termasuk ke dalam kategori rank *Low Volatile Bituminous – Semi Antrasit*. Lapisan batubara pada zona bawah (B,C,D) dikelompokkan sebagai rank *Low Volatile Bituminous – Semi*

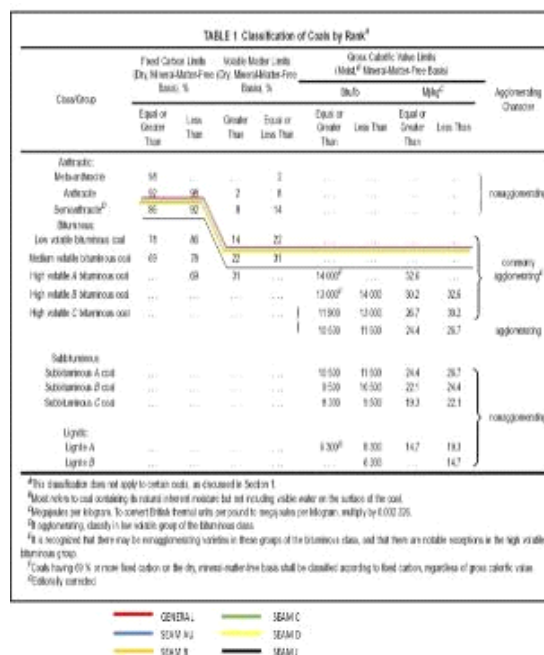
Antrasit yang ditandai dengan nilai R_v di atas 2.0 dan VM berkisar 13.78% - 14.15%. Seam J pada zona atas dapat dikelompokkan sebagai rank batubara *Low Volatile Bituminous*, dengan nilai R_v 1.75 dan VM berkisar 18.68% - 23.09%.

- b. Berdasarkan klasifikasi rank dari ASTM (gambar 8), endapan batubara di daerah penelitian termasuk kedalam kategori *Low Volatile Bituminous - Semi Antrasit*. Semua batubara pada zona bawah dapat dikelompokkan pada kategori *Low Volatile Bituminous - Semi Antrasit* yang ditandai dengan kandungan FC 95.31% - 97.26%, kandungan VM 15.77% - 16.66 dan kalori

antara 36.43 MJ/kg - 36.78 MJ/kg. Seam J pada zona atas dapat dikelompokkan kedalam kategori rank batubara *Medium Volatile Bituminous - Bituminous*, ditandai dengan kandungan FC 87.99% - 93.73%, kandungan VM 20.97% - 28.14 dan kalori antara 35.80 MJ/kg - 36.86 MJ/kg. Berdasarkan klasifikasi ini, batubara di daerah penelitian dapat diindikasikan *commonly agglomerating* (umumnya dapat mengalami proses agglomerating ketika dipanaskan). Karakteristik sifat agglomerating ini sangat bermanfaat ketika batubara dipergunakan dalam proses pembuatan kokas.



Gambar 7. Klasifikasi rank batubara daerah penelitian berdasarkan Teichmüller (1982)



Gambar 8. Klasifikasi rank batubara daerah penelitian berdasarkan ASTM

MODEL LITOFASIES SEDIMEN PEMBAWA BATUBARA DI DAERAH PENELITIAN

Evaluasi fasies lapisan batuan sedimen pembawa batubara di daerah penelitian dilakukan berdasarkan hasil korelasi antar lubang bor pada 8 penampang geologi seperti yang diuraikan di atas (gambar 3). Pengelompokan fasies batuan sedimen ini menggunakan metoda lito-stratigrafi.

Berdasarkan metoda ini, penentuan fasies stratigrafi batuan sedimen didasarkan pada pembagian kelompok satuan batuan yang mendominasi suatu bagian segmen urutan perlapisan batuan baik secara vertikal maupun secara horizontal dengan asumsi bahwa semua lapisan batuan yang terdapat pada satu sekuen terbentuk dan terendapkan pada suatu proses pengendapan yang sama, lingkungan pengendapan yang sama, serta waktu yang relatif tidak jauh berbeda. Disamping hal tersebut, juga didasarkan pada asumsi bahwa semua aspek proses sedimentasi yang mengikuti pembentukan beberapa lapisan batuan pada satu fasies juga mempunyai kesamaan.

Acuan korelasi fasies sedimen pada data lubang bor didasarkan pada beberapa hal, diantaranya: korelasi lapisan batubara sebagai lapisan kunci dan informasi aspek sedimentasi, serta kesamaan pola kurva e-log. Korelasi antar lubang bor dilakukan pada suatu lintasan pengeboran yang kemudian dilanjutkan dengan korelasi antar lintasan pengeboran tersebut satu sama lainnya (gambar 9 dan 10).

Berdasarkan hasil korelasi-korelasi tersebut, kemudian dibuat satu gambaran umum sebagai kesimpulan atas susunan fasies stratigrafi batuan sedimen di daerah penelitian. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan sebagai berikut (gambar 11):

1. Sekuen batuan sedimen pembawa batubara di daerah penelitian terdiri dari dua kelompok, yaitu: satuan batupasir yang didominasi oleh ukuran butir sangat halus – sedang dan satuan batulumpur (*mudstone*) yang didominasi oleh lapisan batulanau. Teridentifikasi sebanyak total 20 fasies satuan batulanau dan total 21 fasies satuan batupasir.
2. Kontak antar satuan batupasir bagian bawah dengan satuan batulanau umumnya bersifat kontras. Di beberapa satuan batupasir, pada bagian atasnya, terlihat kontak berangsur dengan batulanau.
3. Perbandingan antara total ketebalan satuan batupasir dengan satuan batulumpur adalah: 360m (45%) : 520m (55%). Berdasarkan perbandingan tersebut, maka diinterpretasikan bahwa fasies formasi batuan sedimen pembawa

batubara (coal bearing formation) di daerah penelitian adalah satuan batulanau perselingan batupasir.

4. Teridentifikasi bahwa satuan batulanau hampir selalu berselingan dengan batupasir sangat halus – halus dan sedikit sisipan batupasir sedang (mencirikan endapan *creevas-splay* atau limpas banjir), satuan ini juga disisipi oleh lapisan batulempung dan batubara.
5. Hanya terdapat dua satuan batulanau yang mengandung endapan lapisan batubara utama. Satuan batulanau pertama yang mengandung endapan batubara terdapat dibagian bawah formasi sedimen, sedangkan yang kedua terletak sekitar 255m – 278m diatasnya.
6. Pada satuan batulanau pertama terdapat 3 (tiga) lapisan batubara utama, yaitu: B, C, dan D, sedangkan pada satuan batulanau kedua hanya terdapat satu seam utama, yaitu seam J.
7. Dari korelasi antar lubang bor, diidentifikasi kemenerusan tiap satuan batuan mengalami percabangan dengan pola menjemari satu sama lainnya.

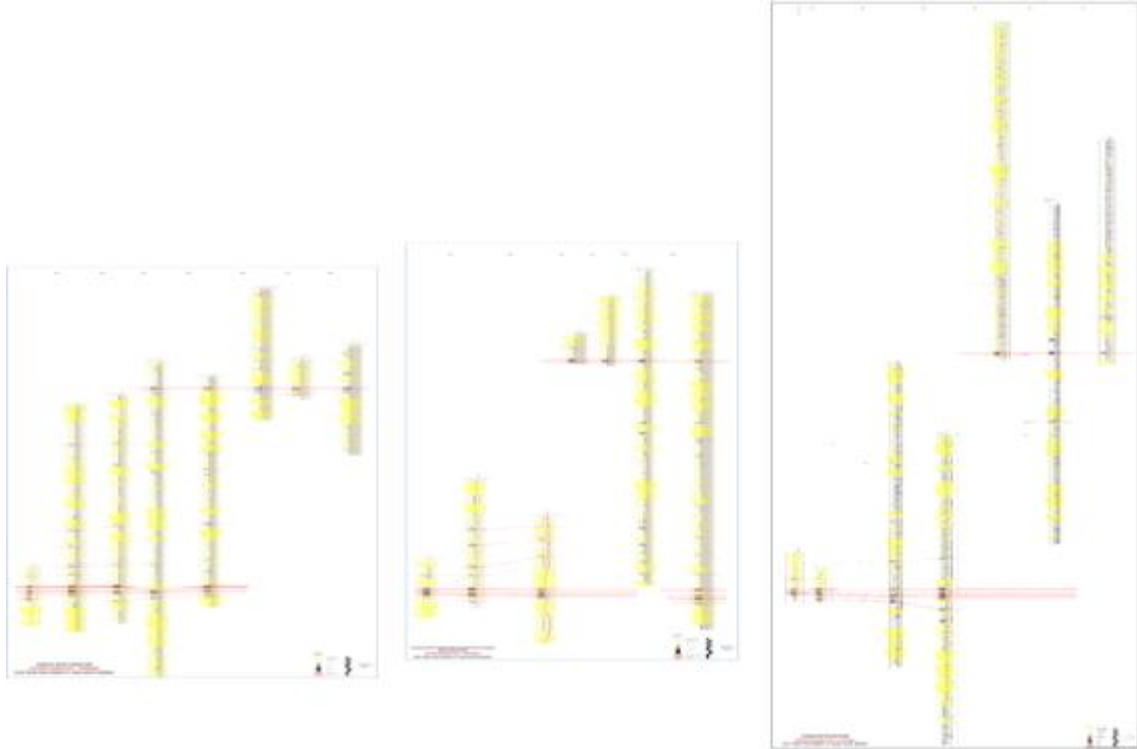
Lingkungan Pengendapan Batubara Daerah Penelitian Berdasarkan Model Fluvial Miall

Evaluasi lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian berdasarkan analisa sekuen model fluvial yang dikemukakan oleh Miall (1977, 1978, dan 1985) dapat dilihat pada gambar 11. Analisa didasarkan pada karakteristik litofasies endapan sedimen yang di-atribut-kan dalam bentuk notasi huruf. Berdasarkan hal ini, dapat diinterpretasikan bahwa karakteristik endapan batupasir didominasi oleh tipe endapan “**ST**” yang mengindikasikan endapan butir kasar – sedang dengan pemilahan sedang dan diinterpretasikan sebagai endapan 3D dunes (*lower flow regime*). Tipe endapan ini mengindikasikan bahwa lingkungan fluvial sedimen batupasir di daerah penelitian adalah *Braided River System*.

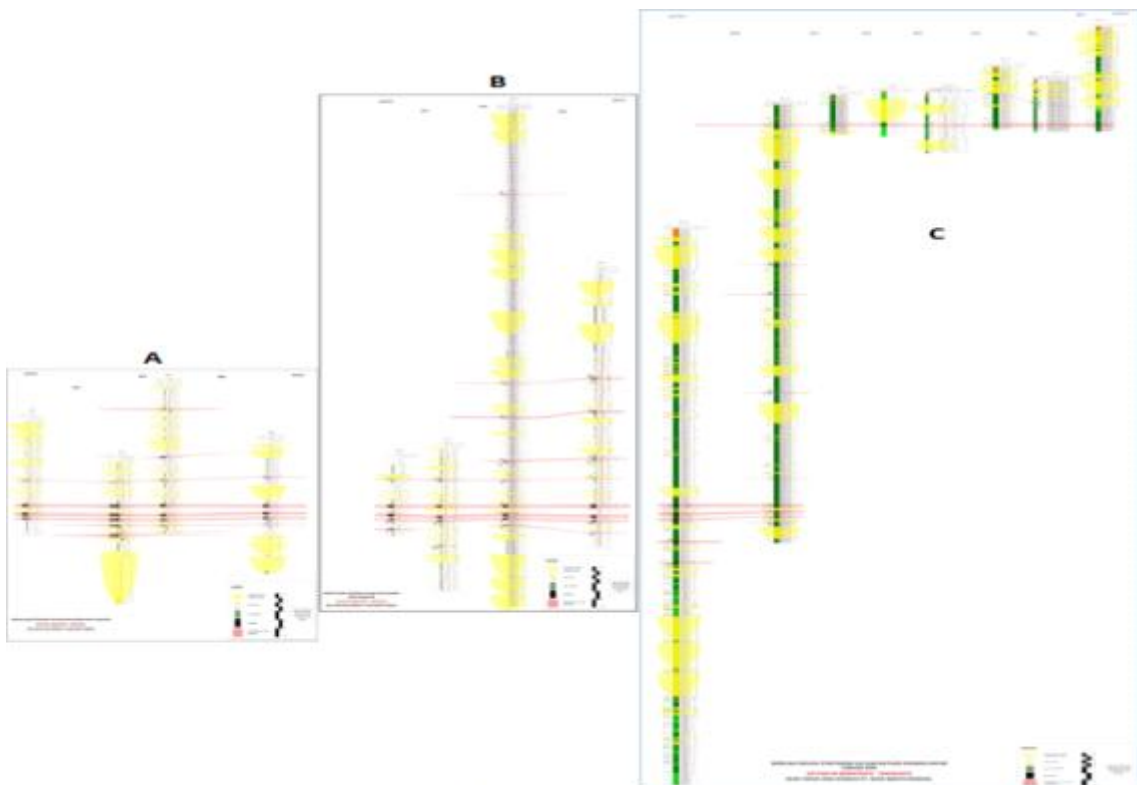
Fasies batulanau sisipan batupasir dan batulempung di-atribut-kan dengan notasi “**FL**” mengindikasikan endapan sedimen berbutir halus dan terpilah baik. Tipe endapan ini merepresentasikan endapan *overbank* atau *waning flow*. Endapan ini umumnya berada berdekatan dengan lingkungan back-swamp deposit yang dipengaruhi oleh limpas banjir, dimana batulempung akan mengindikasikan puncak limpas banjir.

Fasies batulanau sisipan batupasir, batulempung dan batubara di-atribut-kan dengan notasi **C** yang mengindikasikan endapan campuran sedimen berbutir halus dengan unsur *organic matter*. Tipe endapan ini merepresentasikan endapan *organic soil*

dan menandakan keterdapatan endapan pada bagian *back swamp* yang terpengaruh gambut. Endapan ini umumnya terbentuk oleh proses naik-turunnya muka air tanah.



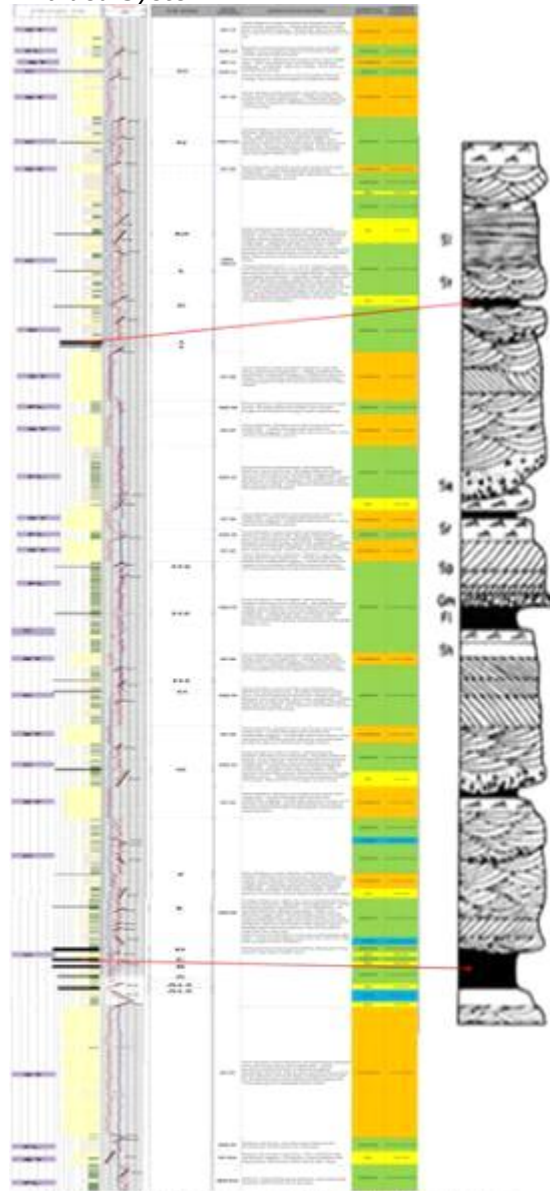
Gambar 10. Contoh korelasi sekuen batuan sedimen dan lapisan batubara antar lubang bor pada lintasan pengeboran arah baratlaut - ttenggara; A. Penampang X-BLTG 03; B. Penampang X-BLTG 04; C. Penampang X-BLTG 05 (sumber: PT. BBM, 2013)



Gambar 9. Contoh korelasi sekuen batuan sedimen dan lapisan batubara antar lubang bor pada lintasan pengeboran arah baratdaya - timurlaut; A. Penampang X-BDTL 02; B. Penampang X-BDTL 02; C. Penampang X-BDTL 03 (sumber: PT. BBM, 2013)

Berdasarkan karakteristik dan perulangan diinterpretasikan terbentuk pada lingkungan fasies material sedimen tersebut, dapat pengendapan fluvial di daerah penelitian

adalah termasuk pada campuran jenis *Meandering System* dan *Braided System*.



Gambar 11. Kolom general sekuen stratigrafi batuan sedimen pembawa batubara di daerah penelitian dan kebandingan dengan karakteristik fluvial sedimen berdasarkan Miall, 1978. (Sumber PT. BBM, 2018)

Berdasarkan *architectural analysis* (Miall, 1985), perulangan-perulangan notasi karakteristik fasies sedimen tersebut, terutama sedimen batupasir yang memperlihatkan tipe-tipe cylindrical dan penghalusan ke atas, dimana terlihat adanya penggabungan (amalgamasi) endapan channel, menandakan adanya proses siklus lingkungan fluvial secara vertikal.

Secara lateral, dari hasil korelasi antar lubang bor, terlihat pada satu siklus sekuen pengendapan fluvial, terdapat adanya *stacking* endapan batupasir secara lateral offset pada datum yang berbeda. Hal ini menandakan bahwa channel-channel yang terbentuk mengalami migrasi selama periode siklus sistem fluvial berlangsung. Kondisi ini

menandakan sistem lingkungan fluvial yang membentuk endapan material sedimen di daerah penelitian adalah campuran sistem *meandering* dan *braided*. Berdasarkan analisa ini, diketahui bahwa sedimen pembawa batubara di daerah penelitian telah mengalami empat siklus besar sistem fluvial, yaitu: (gambar 12)

a) Stratigrafi sistem fluvial pertama memiliki ketebalan sekitar 130 meter dan menunjukkan pola *fining upward* dimana pada zona bawah ditandai dengan kemunculan komposit endapan batupasir *channel* dan *bar* yang bersifat amalgamasi dan secara vertikal mengalami *stacking*. Pada endapan *floodplain* di atas sedimen batupasir ini, diendapkan lapisan-lapisan

batubara utama. Pola *fining upward* dari stratigrafi ini menunjukkan kondisi sedimen *retrogradational* yang memperlihatkan perbandingan *non-marine accommodation space* terhadap *sediment supply* mengalami penurunan.

- b) Stratigrafi sistem fluvial kedua memiliki ketebalan sekitar 120 meter dan menunjukkan dua kali perubahan pola *fining upward* secara vertikal. Sedimen *channel* dan *bar* menunjukkan pola *isolated* dan secara lateral mengalami *stacking offset*. Pola ini menunjukkan lingkungan fluvial dengan karakteristik meandering. Pola ini juga menunjukkan seimbangannya perbandingan antara *non-marine accommodation space* terhadap *sediment supply*.
- c) Stratigrafi sistem fluvial ketiga memiliki ketebalan sekitar 130 meter, menunjukkan pola *coarsening upward* yang kemudian diikuti pola *fining upward* dimana pada bagian bawah ditandai dengan kemunculan komposit batupasir *channel* dan *bar* yang secara vertikal maupun lateral mengalami *stacking*.
- d) Stratigrafi fluvial keempat memiliki ketebalan sekitar 330 meter dan menunjukkan pola yang hampir serupa dengan stratigrafi fluvial ketiga, namun pada skala yang berbeda.

Lingkungan Pengendapan Batubara Daerah Penelitian Berdasarkan Model Allegheny

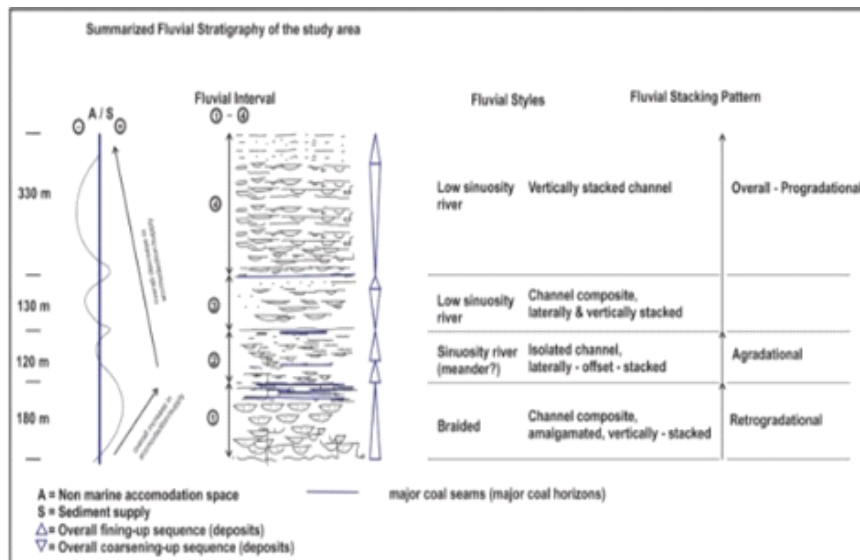
Evaluasi lingkungan pengendapan batubara di daerah penelitian dengan menggunakan pendekatan metode analisa lingkungan fluvial - delta model "Allegheny" dilakukan dengan menggunakan tabel identifikasi aspek sedimen penciri pada lingkungan pengendapan tersebut seperti yang dipergunakan oleh Horne (1979) dalam Ward 1981 (tabel 3).

Berdasarkan hasil korelasi antara lubang bor, dapat disimpulkan bahwa secara umum satuan batuan sedimen pembawa batubara dibangun oleh perselingan antara fasies satuan batulumpur (siltstone) dengan fasies satuan batupasir halus - sedang.

Berdasarkan pola sedimen penghalusan ke arah atas (*fining upward*) pada masing-masing fasies sedimen tersebut dan berdasarkan pola kontak antar fasies batupasir dengan fasies batulumpur yang umumnya bersifat kontras, serta berdasarkan pada tipe fasies batupasir yang umumnya bersifat *cylindrical*, maka diinterpretasikan bahwa lingkungan pengendapan fasies di daerah ini adalah lingkungan fluvial.

Fasies batupasir yang berkembang di daerah penelitian umumnya menunjukkan pola endapan batupasir saluran (*channel*) yang terbentuk di lingkungan fluvial - upper delta plain. Pada fasies batulumpur yang didominasi oleh batulanau, terdapat sisipan-sisipan tipis batupasir sangat halus - halus dan sisipan batulempung. Terlihat juga perulangan pola sedimen *channel*, *crevasse splay*, *levee*, *floodplain*, dan *point bar*. Pola sedimen *floodplain* sangat mendominasi satuan batuan ini. Pola ini merupakan penciri endapan litologi satuan limpas banjir yang umumnya ditemukan di lingkungan fluvial - upper delta plain. Berdasarkan hal ini maka dapat disimpulkan bahwa satuan batuan sedimen pembawa batubara di daerah penelitian terbentuk pada rawa lingkungan fluvial - upper delta plain.

Berdasarkan interpretasi yang dilakukan menggunakan tabel Horne (1979), diketahui bahwa lingkungan pengendapan sedimen pembawa batubara bagian bawah lebih didominasi oleh lingkungan pengendapan fluvial, sementara untuk endapan batubara zona atas, lebih didominasi oleh penciri lingkungan pengendapan fluvial - upper delta plain (tabel 19 - 22).



Gambar 12. Ilustrasi stratigrafi fluvial di daerah penelitian

Tabel 19. Interpretasi lingkungan pengendapan batubara *zona bawah* penampang 01 – 05 (arah baratdaya – timurlaut), berdasarkan tabel Horne (1979)

KARAKTERISTIK PENDEKATAN	LINTASAN PENAMPANG 01 - 05			ENVIRONMENTAL
	SULATAN	TENGAH	UTARA	
I. Coarsening upwards				
A. Shale & siltstone sequences	3-3	3-3	3-3	Fluvial
(i) > 10.24 m	4	4	4	
(ii) 1.534 - 7.62 m	2	2	2	
B. Sandstone sequences				
(i) > 10.24 m	4	4	4	Fluvial
(ii) 1.534 - 7.62 m	4	4	4	
II. Channel Deposits				
A. Fine grained abandoned fill	3	3	3	Fluvial
(i) Clay & silt	3	3	3	
(ii) Organic clays	3	3	3	
B. Active sandstone fill				
(i) Fine grained	2	2	2	Transitional (DP)
(ii) Medium & coarse grained	2	2	2	
(iii) Pebble lags	4	4	4	
(iv) Coal spars	2	2	2	
III. Contacts				
A. Abrupt (asym)	1	1	1	Fluvial
B. Gradational	2	2	2	
IV. Bedding				
A. Cross beds				
(i) Planar				
(ii) Planar drift				
(iii) Through cross beds				
(iv) Drifted beds				
(v) Point bar accretion				
(vi) Irregular bedding				
V. Lenses deposits				
A. Irregularly interbedded sandstones & shales, rooted	1	1	1	Fluvial
(i) Minor lenses of sandstones				
A. Lithic grooves	1	1	1	Fluvial
B. Orthoquartzite	4	4	4	
VI. Facies				
A. Marine	4	4	4	Fluvial
B. Brackish	4	4	4	
C. Fresh	4	4	4	
D. Burrow	3	3	3	
SUMMARY				FLUVIAL

Tabel 20. Interpretasi lingkungan pengendapan batubara *zona atas* penampang 03 – 05 (arah baratdaya – timurlaut), berdasarkan tabel Horne (1979)

KARAKTERISTIK PENIDRAL	DISTRIBUSI PENAMPANG SIKLUS			DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
	BARAT	TENGGAH	TIMUR	
I. Coarsening upwards				
A. Shale & siltstone sequences	3-4	3-4	3-4	Fluvial
(i) > 25.24 m	4	4	4	
(ii) 1.524 - 7.62 m	3	3	3	
B. Sandstone sequences	3-4	3-4	3-4	Fluvial
(i) > 25.24 m	4	4	4	
(ii) 1.524 - 7.62 m	3	3	3	
II. Channel Deposits				
A. Fine grained abandoned fill	3	3	3	Fluvial
(i) Clay & silt	3	3	3	
(ii) Organic clays	3	3	3	
B. Active sandstone fill				
(i) Fine grained	2-3	2-3	2-3	Lower Delta Plain
(ii) Medium & coarse grained	3	3	3	
(iii) Pebble lags	4	4	4	
(iv) Coal spars	2	2	2	
III. Contacts				
A. Abrupt (asym)	3	3	3	Fluvial
B. Gradational	2	2	2	
IV. Bedding				
A. Cross beds				
(i) Ripple				
(ii) Ripple drift				
(iii) Trough cross beds				
(iv) Graded beds				
(v) Point bar accretion				
(vi) Irregular bedding				
V. Unconformities				
A. Irregularly interbedded sandstones & shales, rooted	2	2	2	Lower Delta Plain
VI. Mineralogy of sandstones				
A. Lithic arenaceous	3	3	3	Fluvial
B. Diagenetic	4	4	4	
VII. Facies				
A. Marine	4	4	4	Lower Delta Plain
B. Brackish	4	4	4	
C. Fresh	4	4	4	
D. Burren	3	3	3	
SUMMARY				FLUVIAL-UPPER DELTA PLAIN

Tabel 21. Interpretasi lingkungan pengendapan batubara *zona bawah* penampang 01 – 03 (arah baratlaut – tenggara), berdasarkan tabel Horne (1979)

KARAKTERISTIK PENIDRAL	DISTRIBUSI PENAMPANG SIKLUS			DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
	BARAT	TENGGAH	TIMUR	
I. Coarsening upwards				
A. Shale & siltstone sequences	3-4	3-3	3-3	Fluvial
(i) > 25.24 m	4	3	3	
(ii) 1.524 - 7.62 m	3	2	2	
B. Sandstone sequences	3-4	3-4	3-4	Fluvial
(i) > 25.24 m	4	4	4	
(ii) 1.524 - 7.62 m	3	3	3	
II. Channel Deposits				
A. Fine grained abandoned fill	3	3	3	Fluvial
(i) Clay & silt	3	3	3	
(ii) Organic clays	3	3	3	
B. Active sandstone fill				
(i) Fine grained	2	2	2	Transitional DP
(ii) Medium & coarse grained	2	2	2	
(iii) Pebble lags	4	4	4	
(iv) Coal spars	2	2	2	
III. Contacts				
A. Abrupt (asym)	1	1	1	Fluvial
B. Gradational	2	2	2	
IV. Bedding				
A. Cross beds				
(i) Ripple				
(ii) Ripple drift				
(iii) Trough cross beds				
(iv) Graded beds				
(v) Point bar accretion				
(vi) Irregular bedding				
V. Unconformities				
A. Irregularly interbedded sandstones & shales, rooted	1	1	1	Fluvial
VI. Mineralogy of sandstones				
A. Lithic arenaceous	1	1	1	Fluvial
B. Diagenetic	4	4	4	
VII. Facies				
A. Marine	4	4	4	Fluvial
B. Brackish	4	4	4	
C. Fresh	4	4	4	
D. Burren	3	3	3	
SUMMARY				FLUVIAL

Tabel 22. Interpretasi lingkungan pengendapan batubara *zona atas* penampang 01 – 03 (arah baratlaut – tenggara), berdasarkan tabel Horne (1979)

SINGKATAN PENJELASAN	LINTASAN PENAMPANG SUDUT			DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
	SEATAN	TENGAH	UTARA	
Coarse-grained				
A. Shale & siltstone sequences	5-4	5-4	5-4	Fluvial
(i) > 10.24 m	4	4	4	
(ii) 1.524-7.62 m	3	3	3	
Fine-grained sequences	5-4	5-4	5-4	Fluvial
(i) > 10.24 m	4	4	4	
(ii) 1.524-7.62 m	3	3	3	
Channel Deposits				
A. Fine-grained & bedded T.B	3	3	3	Fluvial
(i) Clay Silt	3	3	3	
(ii) Organic debris	3	3	3	
S. Active sandstone T.B				
(i) Fine-grained	3-5	3-5	3-5	Upper Delta Fan
(ii) Medium & coarse-grained	3	3	3	
(iii) Pebble lags	4	4	4	
(iv) Coal zones	3	3	3	Fluvial
Contacts				
A. Abrupt (sharp)	1	1	1	
B. Gradational	2	2	2	
No Bedding				
A. Cross beds				
(i) Planes				
(ii) Planes d/f				
(iii) Through cross beds				
(iv) Red bed				
(v) Point bar accretion				
(vi) Irregular bedding				
Lower deposits				
A. Unconformity bedded sandstones & shales, rooted	3	3	3	Upper Delta Fan
Mineralogy of sandstones				
A. Lithoclastic	1	1	1	Fluvial
B. Diagenetic	4	4	4	
U.S. Facies				
A. Marine	4	4	4	Upper Delta Fan
B. Brackish	4	4	4	
C. Fresh	4	4	4	
D. Bumper	3	3	3	
SUMMARY				FLUVIAL-UPPER DELTA FAN

DISKUSI

Sebaran kandungan VM pada seam-seam zona bawah adalah semakin rendah ke arah baratdaya, sementara pada seam J di zona atas, hal ini tidak terjadi. Menurut Thomas (2002), aspek geologi utama yang menyebabkan menurunnya kandungan VM secara signifikan adalah karena adanya efek panas yang muncul dari suatu tubuh intrusi terhadap lapisan batubara tersebut. Selama kegiatan eksplorasi dilakukan, tidak ditemukan adanya indikasi intrusi batuan beku pada zona-zona di bagian baratdaya area tersebut. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian ilmiah yang lebih detil terhadap aspek geologi kaitannya dengan proses *coalification* yang mempengaruhi pola sebaran kandungan VM pada endapan batubara Eosen di dan sekitar region Kalimantan tengah.

Batubara seam J mempunyai nilai indeks CSN yang hampir merata di semua pelamparannya. Sementara pada batubara seam B, C, dan D, ke arah baratdaya nilai CSN semakin menurun dan bahkan tidak ditemukan. Berdasarkan hal tersebut, penulis merekomendasikan agar dilakukan penelitian lebih detil mengenai sebaran CSN pada seam-seam tersebut serta kaitannya dengan aspek geologi yang mengontrolnya.

KESIMPULAN

Endapan batubara di lokasi penelitian termasuk ke dalam Formasi Batu Ayau bagian

Kelompok Tanjung pada Cekungan Kutei Atas bagian Barat.

Berdasarkan kandungan maseralnya, batubara Eosen di area penelitian dapat diklasifikasikan sebagai batubara *Vitrinite A* dengan rank batubara *low – medium volatile bituminous – semi antrasite* (Rv: 1.75 – 2.0 dengan VM-daf: 13.78% – 28.14%) dan memiliki kualitas batubara metalurgi dengan CSN 8.5.

Proses *coalification* secara vertikal dikontrol oleh proses *burial depth* dan secara lateral dikontrol oleh adanya struktur geologi yang diidentifikasi sebagai bagian akhir dari Adang Flexure serta oleh gejala intrusi batuan beku Sintang yang kemungkinan tidak tersingkap ke permukaan.

Fasies sedimen pembawa batubara (*coal bearing formation*) merupakan perselingan fasies batupasir dengan batulanau. Fasies batupasir berwarna abu-abu tua – abu-abu, ukuran butir halus – sedang, mengandung mineral *felsic* dan merupakan tipe endapan *channel* serta endapan *point bar*. Fasies batulanau berwarna abu-abu tua, mengandung material karbon, fosil kayu terutama daun, dan mengandung fragmen nodul *ferrogenous* (batulanau yang tersilisifikasi), serta terdapat sisipan batupasir ukuran butir sangat halus – sedang dan batulempung serpih serta lapisan batubara yang diinterpretasikan merupakan endapan rawa yang dipengaruhi oleh aktivitas limpas banjir. Kedua fasies sedimen ini diendapkan pada lingkungan *fresh water* atau

sistem lingkungan pengendapan fluvial dengan pola *meandering* dan *braided system* yang dipengaruhi oleh *floodplain*. Terdapat empat siklus sekuen pengendapan fluvial yang menyertai pembentukan endapan batubara di daerah penelitian.

DAFTAR ACUAN

- Erviantari, D. dan Sarkowi, M., 2013, Studi Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Dan Keberadaan Hidrokarbon Berdasarkan Data Anomali Gaya Berat Pada Daerah Cekungan Kalimantan Tengah, Program Studi Teknik Geofisika Universitas Lampung.
- Friederich, M.C., Langford, R.P. dan Moore, T.A., 1989, The Geological Setting of Indonesian Coal deposits, In: Weber, G. (Ed). International Congress on earth Science, Exploration and Mining around the Pacific Rim. Proceedings PACRIM '99 Congress. AusIMM Publication Series No. 4/99; pp. 625-631.
- Hall R., Nichols G., Morley R., 2012, A new depositional and provenance model for the Tanjung Formation, Barito Basin, SE Kalimantan, Indonesia, Journal of Asian Earth Sciences.
- Koesoemadinata, R.P., 1978; Tertiary Coal Basin of Indonesia, United Nations Escap, CCOP, Technical Bulletin, Vol. 2.
- Kielbacker, D., Tasrianto, R., dan Saripudin, A., 2015, Long Distance Migration in Central Kalimantan: A Solution To The Barito Dilemma, Indonesian Petroleum Association.
- Laya, K.P., Nugroho, B., Hadiyanto, N., dan Tolioe, W., 2013, Paleogeographic Reconstruction of The Upper Kutei Basin: Implication For Petroleum System And Exploration Play Concepts, Indonesian Petroleum Association.
- Moore, T.A., Mares, T.E, dan Amijaya, D.H. (Tim Editor), 2015, All Papers in The Society For Organic Petrology, Gajah Mada University.
- Moss, S.J. dan Chambers, J.L.C., 1999, Tertiary facies architecture in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia, Journal of Asian Earth Sciences.
- Nas, C. Dan Hidartan, 2010, Quality of Kalimantan Coking Coal, Indonesia, Proceeding of The 37th Symposium of The Geology of The Sydney Basin, Hunter Valley, NSW.
- Rahmani, R.A. dan Flores, R.M., 1984, Sedimentology of Coal and Coal Bearing Sequences, International Association of Sedimentologist, Blackwell Scientific Publications, Oxford, London.
- Satjana, A.H. Dan Biantoro, E., 1995, Seismic Stratigraphy Of Eocene Berian Sands Of West Bungalun, East Kalimantan, Indonesia : A Contribution To The Paleogene Stratigraphical Knowledge Of The Kutei Basin, Proceedings Of The International Symposium On Sequence Stratigraphy In S.E. Asia, Indonesian Petroleum Association
- Teichmuller, R., Teichmuller, M., Chandra D., Mackowsky, M. TH., Taylor, G.H., dan Stach, E., 1982, Coal Petrology, Gebruder Borntraeger, Berlin.
- Witts, D., Davies, L., Morley, R.J., dan Anderson, L., 2015, Neogen Deformation of East Kalimantan: A Regional Perspective, Indonesian Petroleum Association.
- Ward, Colin R., 1984, Coal Geology and Coal Technology, Blackwell Scientific Publication
- Witts, D., Hall. R., Morley, Rj., Marcelle K., Boudagher – Fadel, 2011, Stratigraphy And Sediment Provenance, Barito Basin, Southeast Kalimantan, Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Thirty-Fifth Annual Convention & Exhibition.
- Wain, T. dan Berod, B., 1989, The Tectonic Framework and Paleogeographic Evolution of The Upper Kutei Basin, Indonesian Petroleum Association.
- Witts, D., Hall, R., Morley, R.J., Dan Nichols, G., 2012, A New Depositional And Provenance Model For The Tanjung Formation, Barito Basin, SE Kalimantan, Indonesia, Journal Of Asian Earth Sciences.
- Van Krevelen, D.W., 1981, Coal: Typology – Chemistry – Physics – Constitution, Elsevier Scientific Publishing Company.

