

FAKTOR PENGONTROL KOMPOSISI MASERAL DAN MINERAL BATUBARA MARAH HALOQ-KALIMANTAN TIMUR

Factors Controlling Composition of Maceral and Mineral Matter of Marah Haloq Coal-East Kalimantan

BINARKO SANTOSO¹ dan HARRY UTOYO²

¹ Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373
e-mail: binarko@tekmira.esdm.go.id

² Pusat Survey Geologi
Jalan Diponegoro 57 Bandung.
e-mail: haryutoyo@yahoo.com

SARI

Beberapa percontoh batubara dari daerah Marah Haloq-Kalimantan Timur diambil untuk pengujian kandungan maseral dan mineralnya berdasarkan pada standar ASTM (2009). Batubara ini termasuk dalam Formasi Wahau berumur Oligosen Atas-Miosen Bawah dalam Cekungan Kutai, dengan lingkungan pengendapan laut dangkal-darat. Litotipe batubara ini didominasi oleh klarain dan vitrain. Vitrinit merupakan maseral utama dalam batubara ini, diikuti oleh liptinit dan inertinit. Mineral lempung dan kuarsa merupakan mineral utama, diikuti oleh pirit dan kalsit. Peringkat batubara ini adalah subbituminus C berdasarkan klasifikasi ASTM (2009). Faktor pengontrol komposisi maseral dan mineral batubara ini adalah lingkungan pengendapannya. Inkursi air laut ke darat mengakibatkan genangan air di rawa-rawa dalam suasana reduksi. Rawa-rawa seperti ini menghasilkan litotipe klarain dan vitrain, dominansi vitrinit terhadap liptinit dan inertinit. Pirit dan kalsit yang berasal dari laut mengisi celah-celah dan rekahan-rekahan pada batubara. Kedua mineral ini dikategorikan sebagai mineral epigenetik. Peringkat batubara tergolong rendah, yakni subbituminus C. Di daerah penelitian terdapat intrusi andesitik, namun kehadirannya tidak menyentuh batubara, sehingga peringkat tetap rendah.

Kata kunci: faktor pengontrol, batubara, maseral, mineral

ABSTRACT

Some coal samples from the Marah Haloq area-East Kalimantan were taken in order to analyze the composition of maceral and mineral matter based on the ASTM standard (2009). These coals found in the Wahau Formation of the Upper Oligocene-Lower Miocene age in the Kutai Basin were deposited in a shallow marine-fluvial environment. Lithotype of the coals are dominated by clarain and vitrain. Vitrinite is the main maceral in the coals, followed by liptinite and inertinite. Clay mineral and quartz are dominant in the coals over pyrite and calcite. Rank of the coals is subbituminous C according to the ASTM classification (2009). Factor controlling the maceral and mineral matter composition is the depositional environment of the coals. Marine incursion to the fluvial system resulted in wet swampy areas with reducing condition. These swampy areas produced the lithotype of clarain and vitrain, dominant vitrinite over liptinite and inertinite. Pyrite and calcite from the marine incursion filled fissures and veins of the coals. These minerals are epigenetic. The rank of the coals is low, which is subbituminous C, although an andesitic intrusion occurred around the coal deposits. This is interpreted that this intrusion did not influence the coal rank.

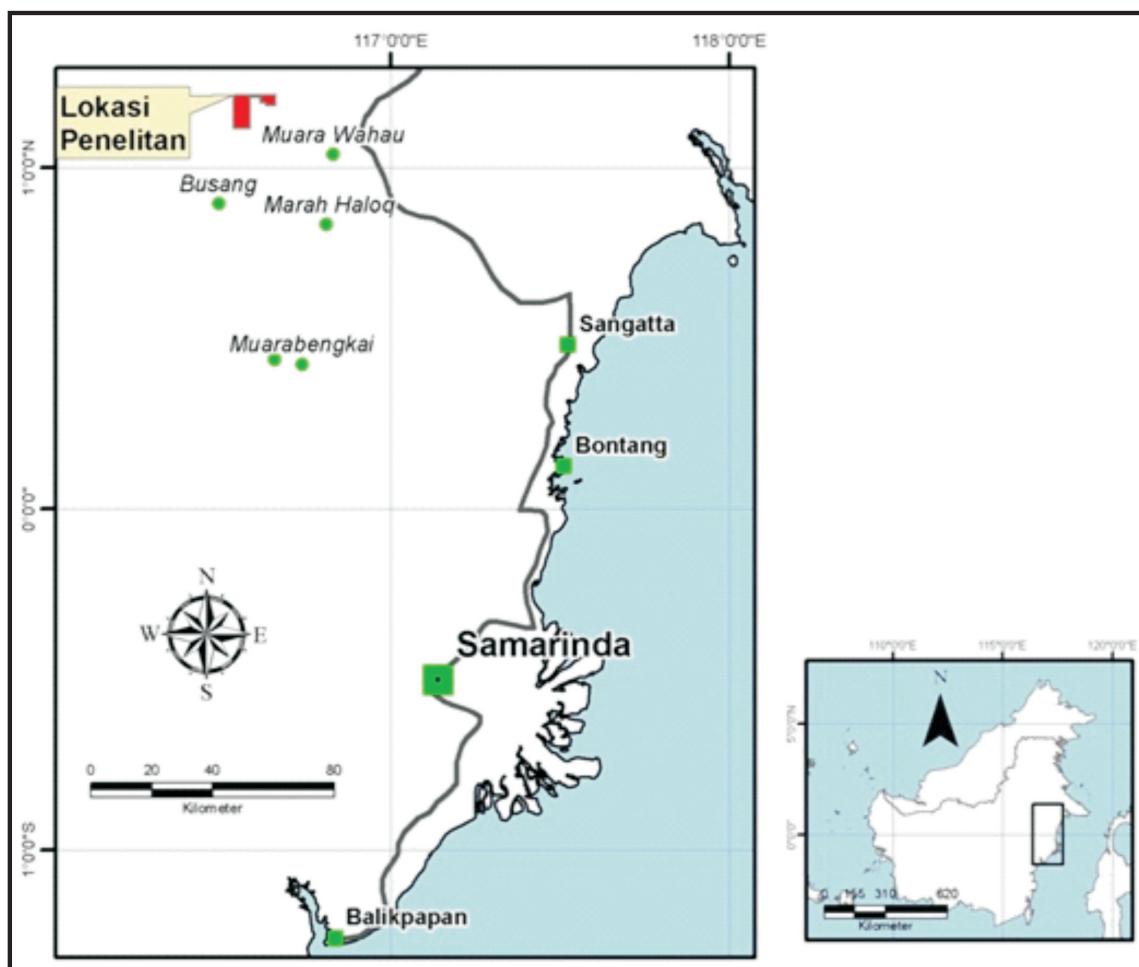
Keywords: controlling factors, coal, maceral, mineral

PENDAHULUAN

Potensi batubara yang sangat besar di seluruh Kalimantan, kecuali Kalimantan Barat, sering dijadikan target utama dalam kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sejak zaman penjajahan Belanda hingga kini (Sukhyar, 2009; Belkin dkk., 2009; Thomas, 2002). Pada umumnya, kegiatan eksplorasi yang dilakukan tersebut hanya berbasis pada aspek eksplorasi geologi untuk mendukung kegiatan eksploitasi. Kegiatan tersebut umumnya hanya melakukan pemetaan geologi, geofisika dan pemboran inti. Data yang diperoleh dijadikan dasar untuk menentukan kuantitas dan kualitas batubara. Berdasarkan pada data yang ada pada ketiga penulis tersebut di atas, hasil eksplorasi tersebut jarang sekali melakukan penelitian petrografi batubara. Studi petrografi batubara ini sangat bermanfaat dalam menentukan karakteristik batubara berdasarkan pada komposisi maseral dan mineral serta peringkatnya. Komposisi dan peringkat batubara ini

selanjutnya dapat dijadikan patokan dalam masalah pemanfaatannya. Selain itu, apabila di suatu daerah terdapat potensi batubara yang berasosiasi dengan intrusi batuan beku, daerah ini dapat dijadikan sebagai daerah yang memiliki nilai ekonomi yang potensial dalam pengembangan operasi produksinya. Semakin dekat endapan batubara dengan tubuh intrusi batuan beku, semakin tinggi pula peringkat batubaranya (Stukalova dan Rusinova, 2007; Suwarna dan Kusumahbrata, 2010; Sarana dan Kar, 2011).

Berdasarkan pada kelangkaan studi petrografi batubara tersebut di atas, beberapa percontoh batubara diambil dari daerah Marah Haloq di Kalimantan Timur (Gambar 1). Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis komposisi maseral dan mineral, peringkat batubara, faktor-faktor geologis yang berpengaruh terhadap komposisi petrografis tersebut.



Gambar 1. Lokasi penelitian

METODOLOGI

Lapisan batubara yang tersingkap di daerah penelitian telah diambil percontohnya (5 buah) dengan cara pemercontohan saluran, yang dilakukan berdasarkan pada ketentuan ASTM (2009). Selanjutnya, percontoh tersebut dipreparasi untuk pembuatan sayatan poles. Sayatan poles yang sudah terbuat, kemudian dianalisis dengan menggunakan mikroskop sinar pantul dan sinar ultraviolet di laboratorium petrografi batubara Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung. Terminologi petrografi batubara (seperti vitrinit, inertinit, liptinit/eksinit, mineral dan sebagainya) dan klasifikasi peringkatnya (dari lignit hingga antrasit) juga mengacu pada ketentuan ASTM (2009).

500 titik pengamatan melalui mikroskop sinar pantul yang dilengkapi dengan sinar ultraviolet, dilakukan terhadap setiap sayatan poles. Teknik perhitungan titik pengamatan tersebut dilakukan dalam menganalisis maseral dan mineral yang terkandung di dalam batubara.

Pengukuran reflektansi vitrinit dilakukan terhadap sayatan poles vitrinit dengan permukaan bidang yang rata, bebas dari segala goresan yang timbul akibat pengampelasan pada saat pembuatannya. Pengukuran ini dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM (2009). Bidang datar mikroskop diputar untuk memperoleh pembacaan maksimum pertama. Setiap pembacaan dihitung untuk mendapatkan reflektansi vitrinit maksimum ($R_{vmax}\%$) dalam celupan minyak (*oil immersion*). Pengukuran-pengukuran ini dibuat dalam kelompok submaseral telo-, de- dan gelovitrinit dengan 50 titik pengukuran di setiap subkelompok vitrinit, berdasarkan proporsi setiap subkelompok maseral tersebut dalam sayatan poles.

GEOLOGI

Secara regional, daerah penelitian termasuk dalam Cekungan Kutai, yang kaya akan endapan batubara. Berdasarkan pada hasil penelitian Supriatna dan Abidin (1995), Ilyas (2003), Ibrahim (2005) dan Amarullah (2005) seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3, daerah ini ditutupi oleh batuan Bancuh Kelinjau (Kb) berumur Kapur. Batuan ini secara lokal dan tidak selaras ditutupi oleh Formasi Merah (Tem) berumur Eosen Atas di bagian barat. Formasi ini ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Wahau (Tomw) berumur Oligosen Atas-Miosen Bawah di bagian timur daerah penelitian. Bancuh Kelinjau

(Kb) terdiri atas batuan ultramafik, batusabak, rijang, spilit, batugamping, sekis, genis dan granit. Kelompok batuan ini tersebar di sisi barat daerah penelitian. Satuan batuan ini merupakan alas Formasi Merah (Tem) dan Formasi Wahau (Tomw). Bancuh Kelinjau membentuk morfologi yang menonjol dan merupakan suatu tinggian, karena resistensi batuan yang lebih keras dibandingkan dengan kedua formasi batuan di atasnya berupa batuan sedimen klastik halus-kasar. Formasi Merah (Tem) tersusun oleh perselingan antara napal, batulempung dan konglomerat, dengan sisipan batugamping. Formasi ini diendapkan pada lingkungan sublitoral dengan ketebalan berkisar antara 400-800 m. Formasi Wahau (Tomw) terdiri atas perselingan batulempung, batupasir kuarsa, batupasir lempungan dan batulempung pasiran. Di bagian bawah, terdapat sisipan batugamping dan di bagian atas terdapat tuf dan batubara. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal-darat, dengan ketebalan > 2.000 m.

Struktur geologi yang terdapat di daerah ini berupa antiklin berarah timur laut-barat daya yang berkembang di sisi tenggara. Struktur ini terbentuk pada Plio-Plistosen.

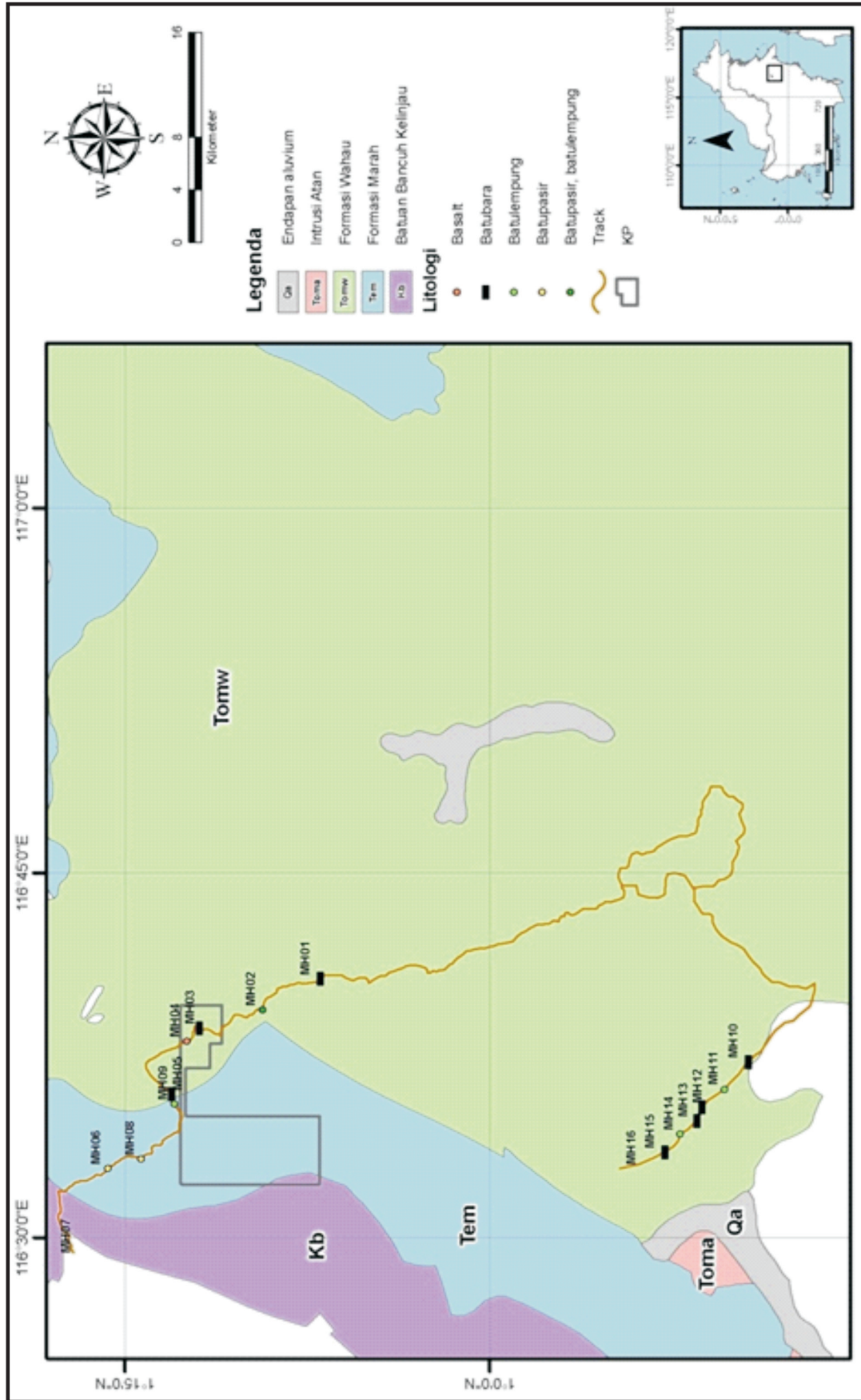
Endapan batubara yang tersingkap di daerah ini ada 1 lapisan, dengan ketebalan 2,1 m (Gambar 4), yang terdapat dalam Formasi Wahau bagian atas. Lapisan batubara ini terbentuk pada struktur antiklin tersebut di atas. Jurus dan kemiringan lapisan batubara ini N175°E/11° hingga N220°E/35°.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan pada hasil pengamatan geologis secara langsung di daerah penelitian, singkapan-singkapan batubara Formasi Wahau sering berasosiasi dengan sedimen klastik halus, seperti: batulempung, serpih, batulanau, batulempung-karbonan, batulempung-pasiran dan batupasir berbutir halus. Sekali pun demikian, kadang-kadang juga ditemukan batupasir berbutir kasar.

Pengamatan megaskopis terhadap batubara memperlihatkan bahwa secara umum litotipe batubara di daerah ini didominasi oleh lapisan-lapisan klarain (hitam agak cerah) dan vitrain (hitam cerah). Lapisan-lapisan vitrain tebal, umumnya disisipi oleh lapisan-lapisan tipis klarain (< 5 mm). Namun, terkadang juga ditemukan lapisan klarain tebal (20



Gambar 2. Peta geologi regional Muara Wahau-Kalimantan Timur (dimodifikasi dari Supriatna dan Abidin, 1995; Ilyas, 2003; Ibrahim, 2005; Amarullah, 2005)

Umur		Formasi	Pemerian	Intrusi	
Kuartar	Holosen	Qa	ALUVIAL, Berupa hasil pelapukan batuan yang lebih tua dan endapan sungai, terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lumpur dan sisa tumbuhan.	Intrusi Sintang	
	Tersier	Pliosen			
Miosen			Atas		
			Tengah		
		Bawah			
Oligosen		Atas	Tomw		Fm. WAHAU, terdiri dari perselingan batulempung dan batupasir kuarsa
		Tengah			
		Bawah			
Eosen		Atas	Tem		Fm. MARAH, terdiri dari perselingan napal, batulempung dan gamping.
		Bawah			
Paleosen					
Kapur		Kb	Batuan Bancuh Telen-Kelinjau, terdiri dari batusabak, batugamping, rijang, batupasir malih dan batuan ultramafik.		
Yura					

Gambar 3. Stratigrafi regional Muara Wahau-Kalimantan Timur (Supriatna dan Abidin, 1995)

cm). Selain vitrain dan klarain, terlihat pula sedikit lapisan fusain (hitam kecoklatan dan kusam).

Secara petrografis, batubara di daerah penelitian ini terutama didominasi oleh vitrinit, diikuti oleh liptinit dan sedikit inertinit. Mineral yang ditemukan terdiri atas mineral lempung, kuarsa, pirit dan karbonat (Tabel 1 dan Gambar 5). Kandungan vitrinit dalam batubara ini berkisar 72,4-82,9%. Maseral ini kebanyakan berupa detrovitrinit dan telovitrinit, serta sedikit sekali gelovitrinit. Detrovitrinit dengan kandungan 41,5-48,4%, umumnya berasosiasi dengan liptinit. Atrinit dan densinit merupakan maseral detrovitrinit yang sering ditemukan dan desmokolinit merupakan komponen yang jarang ditemukan. Telovitrinit (30,8-32,8%) terdiri atas tekstinit, teksto-ulminit, eu-ulminit dan sedikit telokolinit. Lapisan tebal telovitrinit biasanya dikelilingi oleh massa dasar detrovitrinit yang tebal. Namun, beberapa lapisan telovitrinit disisipi oleh

detrovitrinit. Gelovitrinit (0,1-1,7%) tersebar merata di sekitar telovitrinit dan detrovitrinit.

Inertinit (4,8-6,5%) terdiri atas semifusinit, inerdetrinit dan sklerotinit. Semifusinit (3,0-4,7%) merupakan maseral dominan terhadap maseral inertinit lainnya. Umumnya, maseral ini terbentuk sebagai lapisan, lensa atau pun fragmen-fragmen terisolasi. Semifusinit ini seringkali berasosiasi dengan telovitrinit. Dalam beberapa kejadian, sel-sel semifusinit terisi oleh resinat dan mineral. Inerdetrinit (1,3-1,5%) biasanya berasosiasi dengan vitrinit dan semifusinit. Sklerotinit (0,3%) secara umum tersebar dengan membentuk konsentrasi-konsentrasi lokal.

Liptinit (8,2-18,1%) tersusun oleh eksudatinit, resinat, suberinit, liptodetrinit, sporinit dan kutinit. Eksudatinit (0,8-9,7%) berwarna kuning-kehijauan hingga jingga di bawah sinar ultraviolet. Maseral

Formasi	Tebal (m)	Simbol Litologi	Deskripsi
Formasi Wahau (Tomw) Oligo - Miosen	> 1,5		Batulempung, abu-abu terang, lengket
	2,1		Batubara, hitam kecoklatan, kusam, struktur kayu masih nampak kulit kayu, kadang terdapat bongkah-bongkah damar
	1,5		Batulempung, abu-abu terang, berbintik kuning, terdapat foliasi dan masif
	7,5		Batupasir lempungan, berbutir halus-sedang, membulat tanggung, terdapat struktur paralel laminasi 0,2 - 0,5 cm, kompak, kadang berisikan batupasir 5-15 cm, berbutir sedang-kasar, karbonan berwarna abu-abu gelap.
	5		Konglomerat, coklat kekuningan, kompak-lepas, fragmen berukuran 0,5 - 3 cm, membulat tanggung, pasiran, sedang-kasar, fragmen terdiri dari bongkah-bongkah rijang, kuarsa, struktur <i>graded bedding</i>
	4		Batulanau, coklat, kompak, paralel laminasi
	2,5		Batulempung, abu-abu terang, sebagai sisipan
	0,5		Batupasir, coklat kekuningan, berbutir sedang-kasar, kadang berbutir lepas, struktur <i>graded bedding</i>
	0,5		Perselingan konglomerat dengan batupasir, berfragmen rijang, kuarsa, batuan beku, membulat tanggung, struktur lapisan bersusun
	0,5		
	>0,5		

Gambar 4. Kolom stratigrafi daerah penelitian

ini memiliki beragam bentuk dan keterdapatannya secara umum sebagai maseral pengisi pada rekahan-rekahan, retakan-retakan pada bidang perlapisan dan sel-sel maseral. Resinit (3,2-3,8%) berwarna kuning-kehijauan hingga jingga kusam di bawah sinar ultraviolet. Maseral ini teramati dalam bentuk bulat dan lensa-lensa; beberapa di antaranya

terbentuk dalam sel-sel yang memanjang dalam telovitrit, semifusinit dan sklerotinit. Suberinit (0,9-2,4%) biasanya terbentuk sebagai lapisan-lapisan dengan ketebalan 0,05-0,4 mm, berwarna kuning-kehijauan hingga jingga di bawah sinar ultraviolet. Maseral ini biasanya berasosiasi dengan korpogelinit. Liptodetrinit (1,3-1,8%) terdapat

Tabel 1. Data petrografis batubara Marah Haloq

PER- CON- TOH	"VITRINIT (%)"				"INERTINIT (%)"				"LIPTINIT (%)"						MINERAL (%)				
	TV	DV	GV	total	SF	SKL	INE	total	SP	KUT	RES	LIP	SB	EKS	total	L,K	KAL	P	total
1	30,8	41,5	0,1	72,4	4,7	0,3	1,5	6,5	-	0,1	3,2	1,8	2,4	9,7	18,1	2,4	0,2	0,4	3
2	31,2	43,1	0,3	74,6	4,1	0,3	1,4	5,8	0,4	0,1	3,3	1,7	2	9	16,5	2,7	0,2	0,4	3,3
3	30,9	44,6	0,9	76,4	3,7	0,3	1,3	5,3	-	0,3	3,6	1,5	1,6	3,6	10,6	3,1	0,3	0,4	3,8
4	32,1	46,7	1,4	80,2	3,3	0,3	1,5	5,1	-	0,2	3,7	1,4	1,3	2,7	9,3	2,8	0,2	0,4	3,4
5	32,8	48,4	1,7	82,9	3	0,3	1,3	4,8	0,4	0,3	3,8	1,3	0,9	0,8	8,2	3,3	0,4	0,4	4,1

Catatan: TV : telovitrinit, DV : detrovitrinit, GV : gelovitrinit, SF : semifusinit, SKL : sklerotinit, INE : inertodetrinit,
 SP : sporinit, KUT : kutinit, RES : resinit, LIP : liptodetrinit, SB : suberinit, EKS : eksudatinit,
 L,K : lempung, kuarsa, KAL : kalsit, P : pirit

dalam klarit dan berwarna kuning-kehijauan hingga jingga dalam sinar ultraviolet. Kutinit (0,1-0,3%) umumnya berasosiasi dengan vitrinit dan sporinit, namun terkadang berasosiasi dengan suberinit dan eksudatinit. Maseral ini berwarna kuning-kehijauan sampai dengan jingga di bawah sinar ultraviolet. Sporinit (0,4%) berwarna kuning-kehijauan hingga jingga dalam sinar ultraviolet, biasanya berasosiasi dengan detrovitrinit, resinit dan suberinit.

Mineral yang terkandung dalam batubara Marah Haloq terdiri atas mineral lempung, kuarsa, pirit dan kalsit. Mineral lempung dan kuarsa (2,4-3,3%) sangat umum ditemukan dalam batubara ini. Mineral-mineral ini terlihat dalam bentuk lapisan-lapisan tipis dan nodul-nodul dengan ukuran butir yang beragam dan tersebar merata dalam batubara ini. Pirit (0,4%) umumnya mengisi dalam rekahan-rekahan, celah-celah dan bidang perlapisan. Kalsit (0,2-0,4%) terjadi dalam isian rekahan-rekahan dalam bentuk nodul-nodul.

Nilai reflektansi vitrinit (Rvmax%) batubara Marah Haloq dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan pada klasifikasi ASTM (2009), peringkat batubara ini adalah subbituminus C.

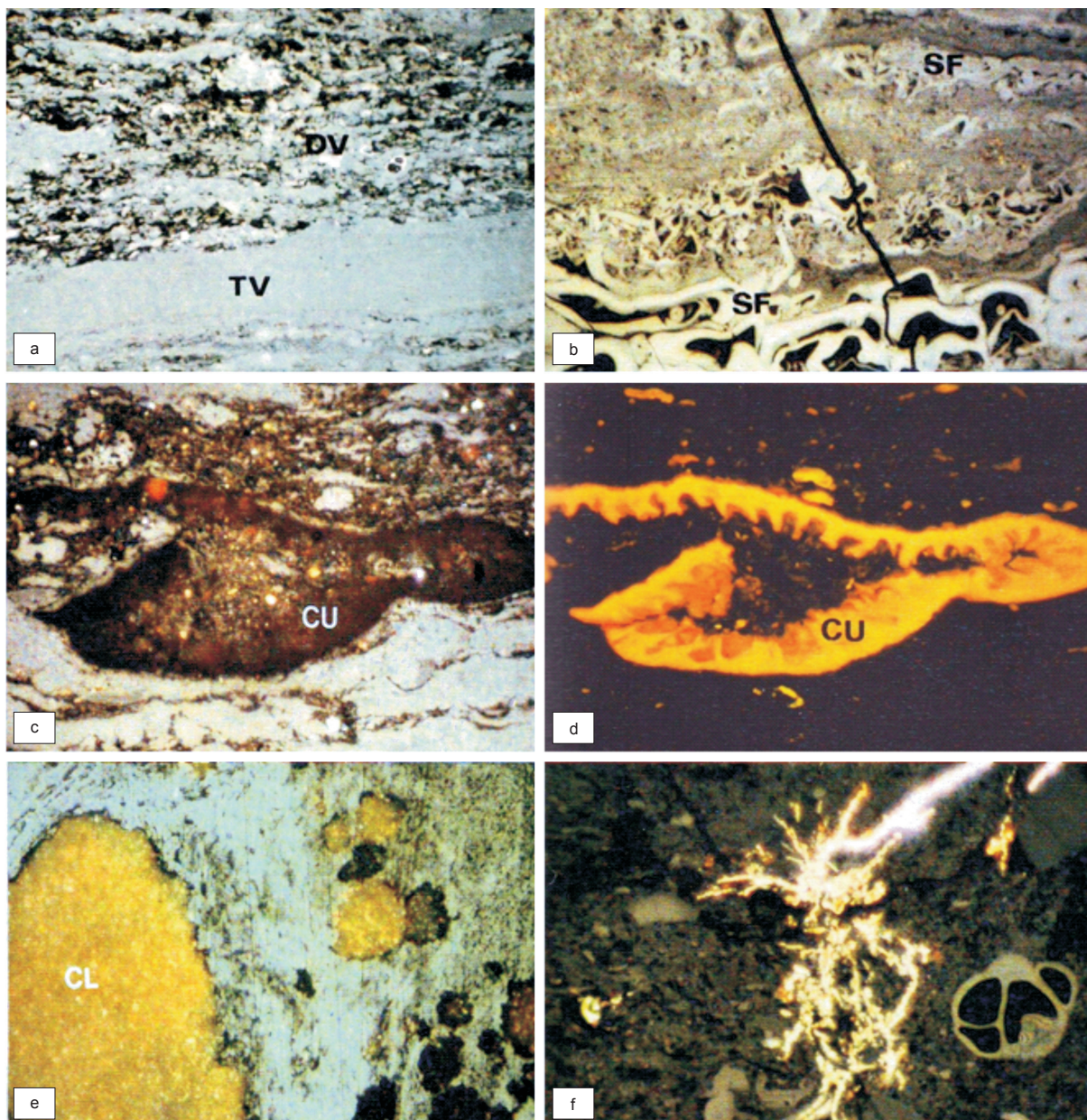
Pembahasan

Endapan batubara Marah Haloq Formasi Wahau berumur Oligosen Atas-Miosen Bawah, terbentuk dalam lingkungan laut dangkal-darat (Supriatna dan Abidin, 1995; Ratman dan Sudijono, 2003). Batubara ini diapit oleh batuan sedimen klastik halus. Sekali pun demikian, batubara ini terkadang juga berasosiasi dengan batuan sedimen klastik kasar. Fenomena ini dapat ditafsirkan bahwa batubara ini terbentuk dalam rawa-rawa yang relatif basah dan selalu tergenang air. Batubara seperti ini memper-

lihatkan warna hitam cerah dan mengilap (Thomas, 2002; Belkin dkk., 2009; Toprak, 2009; Suwarna dan Kusumahbrata, 2010; Diessel, 2010). Kehadiran batuan sedimen klastik kasar dapat diinterpretasikan bahwa kondisi rawa-rawa tempat pembentukan batubara ini relatif dalam keadaan kering. Hal ini mengakibatkan batubara ini berwarna hitam agak kusam (Croisdale dkk., 2002; Santoso dan Daulay, 2005; Ningrum dan Santoso, 2009; Diessel, 2010). Secara geologis dapat ditafsirkan bahwa kondisi rawa-rawa basah tersebut terjadi karena pengaruh air laut yang masuk menuju ke daratan. Selain itu, batubara tersebut terbentuk dengan dasar rawa-rawa yang mengalami penurunan secara perlahan-lahan, sehingga permukaannya selalu dalam keadaan basah (Diessel, 2010; Widodo dkk., 2010; Singh dkk., 2010; Hower dkk., 2011).

Litotipe batubara di daerah ini didominasi oleh klarain (hitam agak cerah) dan vitrain (hitam cerah). Litotipe ini dapat diinterpretasikan bahwa batubara ini diendapkan pada lingkungan rawa-rawa basah yang selalu tergenang air dan dalam kondisi reduksi. Namun, kehadiran litotipe klarain mengindikasikan bahwa batubara ini terbentuk pada keadaan permukaan air pada rawa-rawa mengalami penurunan, sehingga mengalami oksidasi dan batubara yang terbentuk berwarna hitam agak cerah (Belkin dkk., 2009; Diessel, 2010; Hower dkk., 2011).

Komposisi maseral batubara Marah Haloq didominasi oleh vitrinit, diikuti oleh liptinit dan sedikit inertinit. Komposisi seperti ini sangat umum ditemukan pada batubara yang terdapat di daerah lain di Indonesia (Santoso dan Daulay, 2005; Daulay dan Santoso, 2008; Belkin dkk., 2009; Suwarna dan Kusumahbrata, 2010). Sekali pun demikian, di beberapa tempat di Indonesia terdapat batubara dengan kandungan inertinit tinggi (Ningrum dan Santoso, 2009; Diessel, 2010). Dominansi vitrinit



Gambar 5. Maseral dan mineral yang tersebar di batubara Marah Haloq-Kalimantan Timur

- a. Telovitrinit (TV) berasosiasi dengan detrovitrinit (DV). $R_{vmax} = 0,47\%$, lebar gambar 0,36 mm, sinar pantul.
- b. Semifusinit (SF) dan detrovitrinit (abu-abu tua). $R_{vmax} = 0,48\%$, lebar gambar 0,29 mm, sinar pantul.
- c. Kutinit (CU) tertanam dalam massa dasar detrovitrinit (abu-abu tua). $R_{vmax} = 0,45\%$, lebar gambar 0,26 mm, sinar pantul.
- d. Sama seperti Gambar 6c, tetapi dalam sinar ultraviolet.
- e. Lensa-lensa mineral lempung (CL) di dalam massa dasar vitrinit. $R_{vmax} = 0,42\%$, lebar gambar 0,32 mm, sinar pantul.
- f. Pirit (kuning) berasosiasi dengan detrovitrinit (abu-abu tua) dan inertodetrinit (abu-abu keputihan). $R_{vmax} = 0,51\%$, lebar gambar 0,15 mm, sinar pantul.

ini dapat ditafsirkan bahwa batubara ini terbentuk dari tetumbuhan hutan di zona tropis yang lembab yang tidak memiliki musim kering (Scott, 2002; Moore dan Shearer, 2003; Suarez-Ruiz dan Crelling, 2008; Diessel, 2010). Kandungan vitrinit yang tinggi ini menunjukkan bahwa batubara ini

terbentuk pada keadaan dasar rawa-rawa yang mengalami penurunan yang cepat (Diessel, 2010). Kandungan liptinit yang berbeda antara lima percontohan batubara mengindikasikan bahwa batubara ini terbentuk dari sekumpulan tetumbuhan yang berbeda (Diessel, 2010). Kandungan inertinit dalam

Tabel 2. Data reflektansi vitrinit (Rvmax%) batubara Marah Haloq

Percontoh	TV (%)	DV (%)	VIT (%)	KISARAN (%)	"PERINGKAT (ASTM, 2009)"
1	0,43	0,41	0,42	0,38-0,46	Subbit. C
2	0,42	0,39	0,40	0,36-0,44	Subbit. C
3	0,40	0,38	0,39	0,34-0,43	Subbit. C
4	0,41	0,39	0,41	0,35-0,43	Subbit. C
5	0,40	0,37	0,38	0,34-0,45	Subbit. C

Catatan: TV = telovitrinit, DV = detrovitrinit + gelovitrinit,
VIT = vitrinit, Subbit. C = Subbituminus C

batubara ini dapat ditafsirkan bahwa batubara ini terbentuk pada rawa-rawa yang relatif kering dan terpengaruh oleh kondisi oksidasi.

Mineral yang umum ditemukan di dalam batubara Marah Haloq meliputi mineral lempung, kuarsa, pirit dan kalsit. Secara umum, mineral lempung merupakan mineral epigenetik (sekunder), karena mineral ini terbentuk pada celah-celah dan rekahan-rekahan pada vitrinit. Namun, ada sedikit mineral lempung berkrystal sempurna. Hal ini mengindikasikan lingkungan pengendapan darat (air tawar) pada saat pembentukan batubaranya. Kuarsa umumnya berupa mineral singenetik (primer, bentuk kristal sempurna), namun ada juga sedikit yang epigenetik (fragmen-fragmen, pecah-pecah). Pirit berupa mineral epigenetik yang mengisi dan mengganti mineral lainnya yang terdapat dalam vitrinit dan inertinit. Kalsit merupakan mineral epigenetik yang umumnya mengisi pada celah-celah dan rekahan-rekahan maseral (Ward, 2002; Turner dan Richardson, 2004; Susilawati dan Ward, 2006; Diessel, 2010; Widodo dkk., 2010). Fenomena pembentukan mineral-mineral tersebut dalam batubara Marah Haloq mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan pengendapan berpengaruh penting terhadap komposisi mineralnya.

Seluruh batubara Muara Haloq berperingkat subbituminus C. Sekali pun di daerah penelitian ini terdapat intrusi andesitik (Supriatna dan Abidin, 1995), efek panas yang ditimbulkan oleh intrusi ini tidak berdampak pada kenaikan peringkat batubaranya. Jadi dapat diinterpretasikan bahwa peringkat batubara ini hanya diakibatkan oleh efek tekanan batuan sedimen penutupnya saja (Susilawati dan Ward, 2006; Stukalova dan Rusinova, 2007; Sarana dan Kar, 2011).

Berdasarkan pada pembahasan komposisi maseral dan mineral di dalam batubara Marah Haloq terse-

but di atas, faktor pengontrol komposisi tersebut diakibatkan oleh lingkungan pengendapan batubara dan jenis tanaman. Inkursi air laut ke daratan berdampak pada kondisi rawa-rawa dengan permukaan air tinggi. Akibatnya, terbentuk batubara dengan litotipe klarain dan vitrain berwarna hitam cerah, dominansi vitrinit terhadap inertinit dan liptinit. Pirit dan kalsit berasal dari laut yang terbawa ke darat mengisi celah-celah dan rekahan-rekahan batubara.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil penelitian di atas, beberapa kesimpulan penting dapat disajikan sebagai berikut:

- Lapisan pembawa batubara Marah Haloq di Cekungan Kutai secara umum adalah batuan sedimen klastik halus (batulempung, serpih, batulanau). Sekali pun demikian, terkadang juga berupa batuan sedimen klastik kasar (batupasir) dalam lingkungan pengendapan laut dangkal-darat.
- Secara megaskopis, litotipe batubara ini didominasi oleh klarain (hitam agak cerah) dan vitrain (hitam cerah). Litotipe batubara ini ditafsirkan terbentuk pada lingkungan rawa-rawa basah yang bersuasana reduksi.
- Secara mikroskopis, batubara ini didominasi oleh vitrinit (detrovitrinit dan telovitrinit) terhadap liptinit (eksudatinit, resininit, liptodetrinit dan suberinit) dan inertinit (semifusinit, inertodetrinit dan sklerotinit).
- Mineral yang terdapat dalam batubara ini didominasi oleh mineral lempung dan kuarsa, diikuti oleh pirit dan kalsit. Secara umum, mineral-mineral ini dapat dikategorikan sebagai mineral epigenetik (fragmen-fragmen

mineral, mengisi pada celah-celah batubara). Namun, sebagian kecil di antaranya berupa mineral singenetik (berkristal sempurna).

- Intrusi andesitik yang terdapat di daerah penelitian tidak berpengaruh pada peringkat batubara (subbituminus C, berdasarkan klasifikasi ASTM-2009), bila dikaitkan dengan percontoh batubara yang diambil dalam penelitian ini berjarak relatif jauh dari tubuh intrusif tersebut. Sebagai catatan, di sekitar lokasi intrusi tersebut tidak terdapat singkap batubara yang dapat diambil percontohnya.
- Faktor pengontrol komposisi maseral dan mineral batubara ini adalah lingkungan pengendapan berupa laut dangkal-darat. Rawa-rawa yang basah dengan permukaan air yang tinggi mengakibatkan batubara dengan litotipe klarain dan vitrain; vitrinit sangat dominan dengan sedikit liptinit dan inertinit; pirit dan kalsit dari lingkungan laut menerobos masuk dalam rawa-rawa pembentukan batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarullah, D., 2005. Inventarisasi batubara bersistem di daerah Marah Haloq, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur (lembar peta 1816-64). *Kolokium Hasil Lapangan-DIM*, hal. 23.1-23.13.
- Annual Book of American Society for Testing and Material (ASTM) Standards, 2009. *Petroleum products, lubricants and fossil fuels; gaseous fuels; coal and coke*, USA, 650 p.
- Belkin, H.E., Tewalt, S.J., Hower, J.C., Stucker, J.D. and O'Keefe, J.M.K., 2009. Geochemistry and petrology of selected coal samples from Sumatra, Kalimantan, Sulawesi and Papua, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, vol.77, p. 260-268.
- Crosdale, P.J., Sorokin, A.P., Woolfe, K.J. and Macdonald, D.I.M., 2002. Inertinite-rich Tertiary coals from the Zeya-Bureya Basin, Far Eastern Russia. *International Journal of Coal Geology*, vol.51, p. 215-235.
- Daulay, B. and Santoso, B., 2008. Characteristics of selected Sumateran Tertiary coals regarding their petrographic analyses. *Indonesian Mining Journal*, vol. 11, no.10, February 2008, p. 1-18.
- Diessel, C.F.K., 2010. The stratigraphic distribution of inertinite. *International Journal of Coal Geology*, vol.81, p. 251-268.
- Hower, J.C., O'Keefe, J.M.K., Eble, C.F., Raymond, A., Valentim, B., Volk, T.J., Richardson, A.R., Satterwhite, A.B., Hatch, R.S., Stucker, J.D. and Watt, M.A., 2011. Notes on the origin of inertinite macerals in coal: evidence for fungal and arthropod transformations of degraded macerals. *International Journal of Coal Geology*, doi:10.1016/j.coal.2011.02.005.
- Ibrahim, D., 2005. Prospek sumber daya batubara di Kabupaten Kutai Timur bagian barat, Provinsi Kalimantan Timur. *Kolokium Hasil Lapangan-DIM*, hal. 3.1-3.4.
- Ilyas, S., 2003. Inventarisasi batubara bersistem di daerah Muara Wahau dan sekitarnya, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur (lembar peta 1817-31; 1817-32). *Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral-DIM*, hal. 22.1-22.10.
- Moore, T.A. and Shearer, J.C., 2003. Peat/coal type and depositional environment-are they related? *International Journal of Coal Geology*, vol.56, p. 233-252.
- Ningrum, N.S. and Santoso, B., 2009. Petrographic study on genesis of selected inertinite-rich coals from Jambi Subbasin. *Indonesian Mining Journal*, vol.12, no.3, p. 111-117.
- Ratman, N. and Sudijono, 2003. Stratigraphic lexicon of Indonesia. Geological Research and Development Centre, Bandung, 727 p.
- Santoso, B. and Daulay, B., 2005. Type and rank of selected Tertiary Kalimantan coals. *Indonesian Mining Journal*, vol. 8, no 02, June 2005, p. 1-12.
- Sarana, S. and Kar, R., 2011. Effect of igneous intrusive on coal microconstituents: study from an Indian Gondwana coalfield. *International Journal of Coal Geology*, vol.85, p. 161-167.
- Scott, A.C., 2002. Coal petrology and the origin of coal macerals: a way ahead? *International Journal of Coal Geology*, vol.50, p. 119-134.
- Singh, P.K., Singh, M.H., Singh, A.K., and Arora, M., 2010. Petrographic characteristics of coal from the Lati Formation, Tarakan Basin, East Kalimantan, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, vol.81, p. 109-116.
- Stukalova, I.E. and Rusinova, O.V., 2007. Thermal alteration of coal in the Khasyn coalfield, Magadan region, Russia. Hackley, P.C. and Martinez, M., 2007. Organic petrology of Paleocene Marcelina Forma-

- tion coals, Paso Diablo mine, western Venezuela: tectonic controls on coal type. *International Journal of Coal Geology*, vol.71, p. 462-470.
- Suarez-Ruiz, I. and Crelling, J.C., 2008. *Applied coal petrology*. Elsevier. Amsterdam, 388 p.
- Sukhyar, R., 2009. Sumber daya dan cadangan batubara Indonesia. *Seminar dan Workshop 'Indonesian Coal Conference'*, Jakarta.
- Supriatna, S. dan Abidin, H.Z., 1995. *Peta geologi lembar Muara Wahau, Kalimantan, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Susilawati, R. and Ward, C.R., 2006. Metamorphism of mineral matter in coal from the Bukit Asam deposit, South Sumatra, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, vol.68, p. 171-195.
- Suwarna, N. and Kusumahbrata, Y., 2010. Macroscopic, microscopic and paleo-depositional features of selected coals in Arahau, Banjarsari, Suban Jeriji and South Banko regions, South Sumatera. *Jurnal Geologi Indonesia*, vol.5, no.4, p. 269-290.
- Thomas, L., 2002. *Coal geology*. John Wiley&Sons, Ltd., West Sussex, England, 384 p.
- Toprak, S., 2009. Petrographic properties of major coal seams in Turkey and their formation. *International Journal of Coal Geology*, vol.78, p. 263-275.
- Turner, B.R. and Richardson, D., 2004. Geological controls on the sulphur content of coal seams in the Northumberland coalfield, Northeast England. *International Journal of Coal Geology*, vol.60, p. 169-196.
- Ward, C.R., 2002. Analysis and significance of mineral matter in coal seams. *International Journal of Coal Geology*, vol.50, p. 135-168.
- Widodo, S., Oschmann, W., Bechtel, A. and Sachsenhofer, R.F., 2010. Distribution of sulphur and pyrite in coal seams from Kutai Basin (East Kalimantan, Indonesia): implications for paleoenvironmental conditions. *International Journal of Coal Geology*, vol.81, p. 151-162.