

## Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Tanjung di daerah Binuang dan sekitarnya, Kalimantan Selatan

R. HERYANTO

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jln. Diponegoro 57, Bandung

### SARI

Formasi Tanjung di daerah Binuang dan sekitarnya yang terletak di tepi timur Cekungan Barito, dialasi oleh batuan Pratersier berupa batuan malihan, beku, vulkanik, dan sedimen. Formasi Tanjung ini tersusun oleh batupasir kasar dan konglomerat di bagian bawah, batulempung dengan sisipan batubara dan batupasir di bagian tengah, dan perselingan batulanau dan batupasir halus dengan struktur sedimen laminasi sejajar, serta lapisan *wavy - lenticular* dan *flaser* bersisipan batupasir berbutir sedang sampai kasar di bagian atas. Seluruh runtunan batuan tersebut ditindih oleh Anggota Batulempung Formasi Tanjung. Lapisan batubara Formasi Tanjung dijumpai dengan ketebalan 50 sampai 350 cm. Secara megaskopis, lapisan batubara ini berwarna hitam, mengilap (*bright - bright banded*), gores warna hitam, pecahan konkoidal, dan ringan. Hasil analisis petrografi organik menunjukkan bahwa vitrinit berkembang dengan baik dalam batubara di hampir semua lajur, sedangkan inertinit berkembang dalam batubara di Lajur Timur (14,2 - 16,0 %). Kisaran reflektansi vitrinit (Rv) lapisan batubara di Lajur Barat adalah 0,43 - 0,47 %, di Lajur Tengah 0,45 %, dan di Lajur Timur 0,45 % - 0,50 %. Peringkat seluruh batubara tersebut adalah subbituminus B, berdasarkan klasifikasi ASTM. Lingkungan pengendapan batuan sedimen pembawa batubara dan lapisan batubara di Lajur Barat dan Tengah termasuk ke dalam fasies *wet forest swamp (backmangrove)* sampai rawa air tawar pada lingkungan *upper* sampai *lower delta plain*, dalam kondisi genang laut, sedangkan di Lajur Timur adalah *wet forest swamp* (rawa air tawar) pada lingkungan paparan banjir, dalam kondisi genang laut.

**Kata kunci:** batubara, maseral, Formasi Tanjung, fasies, Cekungan Barito

### ABSTRACT

*The Tanjung Formation in Binuang and its surrounding area, situated in the eastern margin of the Barito Basin, overlies the Pre - Tertiary rock basement that consists of metamorphic, igneous, volcanic, and sedimentary rocks. The Tanjung Formation, which are Eocene in age, is unconformably overlain by the Plio - Pleistocene Dahor Formation. The Tanjung Formation consists of coarse-grained sandstone and conglomerate in the lower part, mudstone with interbedded coal seams and sandstone in the middle part, and intercalations of mudstone and fine-grained sandstone showing parallel laminations, wavy - lenticular, and flaser beddings, with some interbedded of medium - to coarse-grained sandstones in the upper part. The rock sequence is overlain conformably by the Claystone Member of the Tanjung Formation. Coal seams in the Tanjung Formation are found to be 50 to 350 cm thick. Megascopically, the coal is black, bright to bright banded, black in streak, conchoidal, and light. Petrographic analysis indicates that the vitrinite, in general, develops within the coal seams in all of the zones, whilst inertinite develops in the Eastern Zone (14.2 - 16.0 %). Vitrinite reflectance of coal samples in the Western Zone varies from 0.43 to 0.47 %, in the Middle Zone is 0.45 %, and in the Eastern Zone is 0.45 to 0.50 %. Rank of the coal seams in all of the zones are subbituminous B, according to the ASTM classification. The depositional environment of the coal bearing sedimentary rocks and coal seams in the Western and Middle Zones was a wet forest swamp facies (backmangrove to fresh water swamp) with upper to lower delta plain environment, in a transgressive condition; whereas in the Eastern Zone was a wet forest swamp (fresh water swamp) in a flood plain facies, and a transgressive condition.*

**Keywords:** coal, maceral, Tanjung Formation, facies, Barito Basin

## PENDAHULUAN

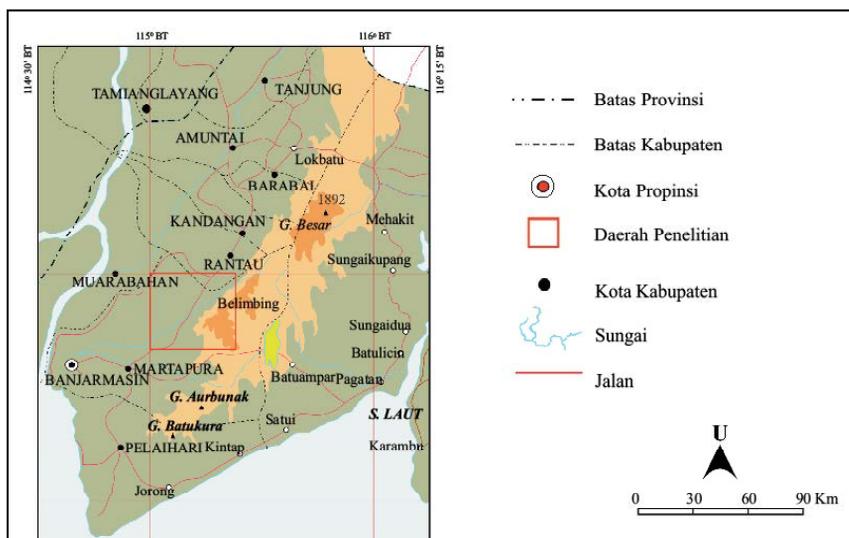
Formasi Tanjung merupakan batuan sedimen Tersier tertua yang terdapat di Cekungan Barito bagian timur. Cekungan Barito di daerah ini dialasi oleh batuan sedimen Kelompok Pitap, batuan vulkanik Kelompok Haruyan, Formasi Batununggal dan Paniungan, Granit Belawaian, dan batuan ultrabasa (Heryanto dan Hartono, 2003). Cekungan ini, sebagai salah satu cekungan tempat berakumulasinya sumber daya energi, memiliki endapan batubara dengan sebaran yang sangat luas.

Penelitian ini yang dilakukan pada 2007, daerahnya meliputi Kabupaten Tapin dengan ibukotanya Rantau dan Kabupaten Banjar dengan ibukotanya Martapura, Provinsi Kalimantan Selatan (Gambar 1). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik batubara dalam Formasi Tanjung, baik secara megaskopis maupun secara mikroskopis. Selain itu juga untuk mengetahui lingkungan pengendapannya baik berdasarkan petrografi organik maupun berdasarkan batuan pembawa batubara.

Metode penelitian yang dilakukan di lapangan adalah melakukan kajian terperinci untuk mengetahui runtunan batuan sedimen pembawa batubara, dan melakukan pengamatan struktur sedimennya. Karakteristik runtunan litologi dan struktur sedimen tersebut dapat digunakan untuk penafsiran lingkungan pengendapannya. Analisis

petrografi organik yang dilakukan oleh Suwarna di Lab Pusat Survei Geologi (PSG) dan oleh Sudiningrum di Lab Tekmira, dilaksanakan pada percontohan batubara untuk mengetahui komposisi maseral dan material mineral penyusun batubara; selain itu juga untuk mengetahui karakteristik batubara secara mikroskopis. Dengan mengetahui komposisi maseral, lingkungan pengendapan batubara dapat ditafsirkan. Analisis palinologi dilakukan oleh Polhaupessy di Lab PSG, pada batu lempung karbonan, untuk mengetahui umur dan lingkungan pengendapan batuan pembawa batubara. Dari ketiga metode analisis tersebut dapat diketahui karakteristik dan lingkungan pengendapan batubara Formasi Tanjung.

Daerah penelitian telah dipelajari sejak prake-merdeka Indonesia, di antaranya oleh Krol (1920 dan 1925), diikuti oleh Koolhoven (1933 dan 1935), van Bemmelen (1949), dan Marks (1956). Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (sekarang Pusat Survei Geologi) telah melakukan pemetaan geologi bersistem skala 1:250.000 di daerah ini sejak tahun 1970an, dan selesai dipublikasikan pada tahun 1994. Daerah penelitian dan sekitarnya termasuk ke dalam Lembar Amuntai (Heryanto dan Sanyoto, 1994) dan Lembar Banjarmasin (Sikumbang dan Heryanto, 1994). Pemetaan geologi skala 1:100.000 baru dilakukan di beberapa tempat di antaranya Lembar Belimbing (Heryanto dr., 1998). Penelitian khu-



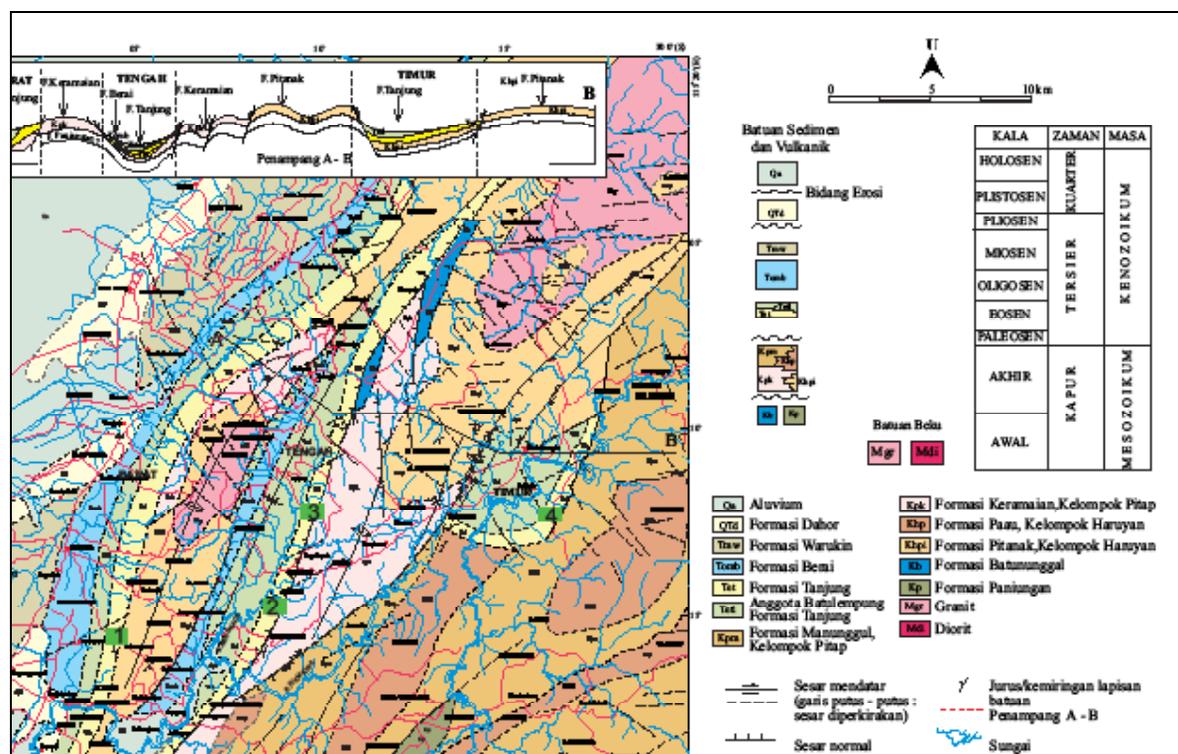
Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.

sus telah dilaksanakan di antaranya oleh Hartono dr. (2000), Sihombing dr. (2000), Suminto dr. (2002), dan Kusumah (2008). Sejumlah publikasi ilmiah daerah ini juga telah diterbitkan (Heryanto, 1999 a&b, 2000 a&b, 2008), Heryanto dan Panggabean (2001 dan 2004), Heryanto dan Hartono (2003), dan Heryanto dr. (2003).

### TATAAN GEOLOGI

Geologi dan stratigrafi daerah ini tersaji dalam Gambar 2. Batuan sedimen Tersier di daerah ini dialasi oleh batuan Pratersier yang terdiri atas granit dan diorit berumur Kapur Awal, yang menerobos batuan malihan berumur Jura. Di atas batuan tersebut terendapkan batulempung Formasi Paniungan dan batugamping Formasi Batununggal yang berumur akhir Kapur Awal. Tidak selaras di atasnya menindih batuan sedimen Kelompok Pitap yang terdiri atas Formasi Pudak (tidak tersingkap di daerah penelitian), Keramaian, dan Manunggal.

Kelompok ini menjemari dengan batuan gunung api Kelompok Haruyan (Formasi Pitanak dan Paau). Kedua kelompok batuan tersebut yang menjadi alas Cekungan Barito, berumur Kapur Akhir (Heryanto dan Hartono, 2003). Batuan sedimen Tersier tertua di daerah ini adalah Formasi Tanjung berumur Eosen Akhir yang terbagi menjadi bagian bawah, tengah, atas, dan Anggota Batulempung. Formasi Tanjung tertindih secara selaras oleh Formasi Berai yang berumur Oligo-Miosen. Formasi Berai di Cekungan Barito bagian utara dan barat menjemari dengan Formasi Montalat. Selanjutnya, Formasi Warukin yang berumur Miosen Tengah menindih secara selaras Formasi Berai. Kemudian Formasi Warukin ini ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Dahor yang berumur Plio-Plistosen. Sesar di daerah ini umumnya berupa sesar normal sampai geser normal (mendatar) (Gambar 2), membentuk penyesaran bongkah (*block faulting*). Blok bagian turun ditempati oleh endapan kelompok batuan Tersier, khususnya Formasi Tanjung (Kusumah, 2008).



FORMASI TANJUNG

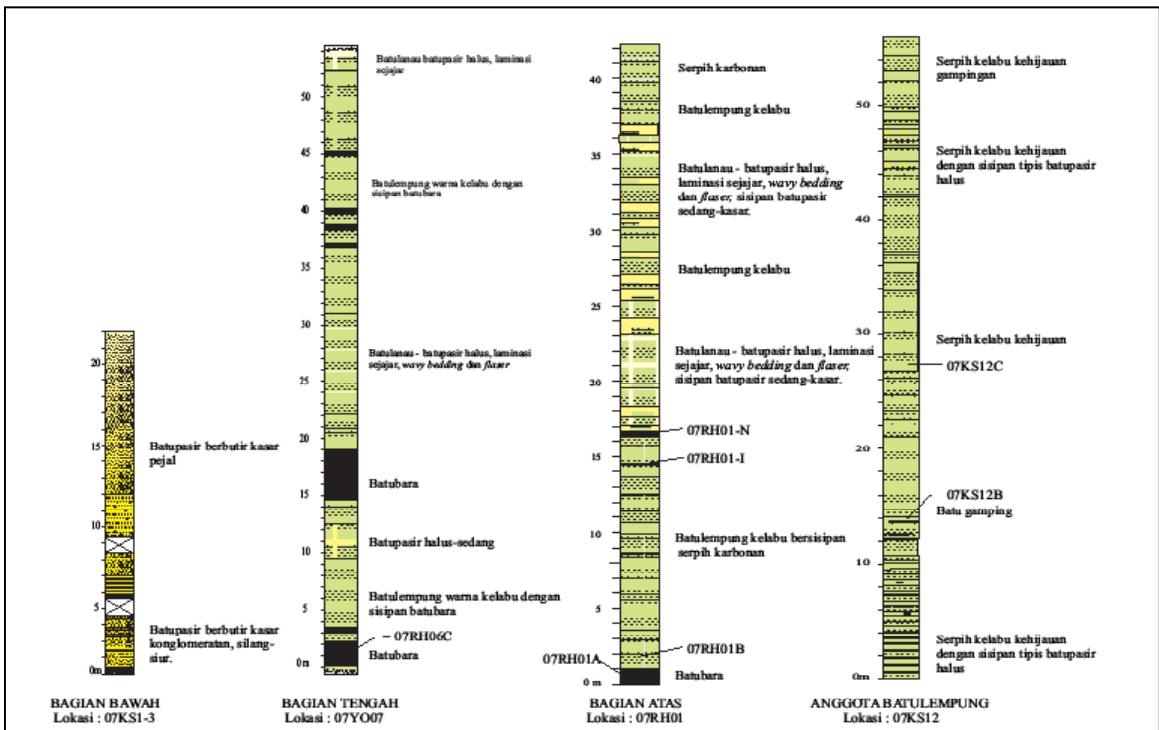
Formasi Tanjung di daerah penelitian tersingkap di tiga lajur yang satu sama lain terpisahkan oleh sesar, yaitu Lajur Barat, Tengah, dan Timur. Formasi Tanjung di Lajur Barat, tersingkap mulai dari sebelah timur Astambul Kabupaten Banjar di selatan, menyebar ke arah timur laut sampai ke daerah Kandangan Kabupaten Hulu Sungai Selatan di luar daerah penelitian. Lajur Tengah menempati Sungai Mengkaok, mulai dari muaranya di Sungai Riam Kiwa di bagian selatan daerah penelitian, menyebar ke arah timur laut sampai dengan sebelah timur Gunung Kupang di utara daerah penelitian. Selanjutnya, Lajur Timur tersingkap di daerah Rantauangka bagian timur (Gambar 2).

Heryanto (2008) membagi secara litostratigrafis Formasi Tanjung di daerah ini, dari tua ke muda menjadi bagian bawah, tengah, atas, dan Anggota Batulempung (Gambar 3). Bagian bawah Formasi Tanjung terdiri atas perselingan batupasir berbutir kasar, batupasir konglomeratan, dan konglomerat, dengan ketebalan berkisar antara 20 – 50 cm. Kemudian diikuti oleh batupasir berbutir kasar berla-

pis tebal sampai pejal. Di beberapa tempat, dalam batupasir kasar dijumpai struktur sedimen perlapisan silang-siur dan sejajar, selain itu juga dijumpai sisipan batulumpur warna kelabu sampai kehitaman mengandung lapisan tipis batubara.

Selanjutnya, bagian tengah didominasi oleh batulempung kelabu berselingan dengan lapisan batubara, setempat dijumpai sisipan batupasir. Batulempung kelabu, setempat sampai kehitaman, mengandung sisipan tipis (1 - 3 cm) batupasir halus warna kelabu, kompak. Sisipan batupasir (100 - 300 cm), berbutir sedang – kasar, warna kelabu terang, setempat menunjukkan struktur sedimen silang-siur. Batubara warna hitam, mengilap (*bright - bright banded*), gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, dan ringan. Batubara ini dijumpai sebagai sisipan dengan ketebalan antara 50 sampai 450 cm. Di beberapa tempat dijumpai perselingan batulanau dengan batupasir berbutir halus (1 - 3 cm), dengan struktur sedimen perairan sejajar, serta perlapisan *wavy-lenticular* dan *flaser* (Gambar 3).

Bagian atas Formasi Tanjung didominasi oleh perselingan tipis batulanau dan batupasir halus yang memperlihatkan struktur sedimen *wavy* dan



Gambar 3. Penampang terukur bagian bawah, tengah, atas, dan Anggota Batulempung Formasi Tanjung (Heryanto,2008).

*lenticular bedding*, serta juga *flaser*. Selain itu, dijumpai sisipan batupasir berbutir halus berlapis tipis, tebal 2 sampai 5 cm, dengan struktur sedimen perarian sejajar. Selanjutnya, dijumpai pula sisipan batupasir berbutir kasar dengan ketebalan berkisar antara 1 sampai 5 m (Gambar 3).

Anggota Batulempung Formasi Tanjung terdiri atas batulempung warna kelabu kehijauan, setempat dijumpai batulanau-batupasir halus mengandung oksida besi dan juga gampingan, baik sebagai sisipan ataupun sebagai lensa dengan tebal 5 sampai 10 cm. Bagian bawah Anggota Batulempung ini tidak gampingan, tetapi makin ke atas secara berangsur berubah menjadi gampingan (Gambar 3).

**Batubara**

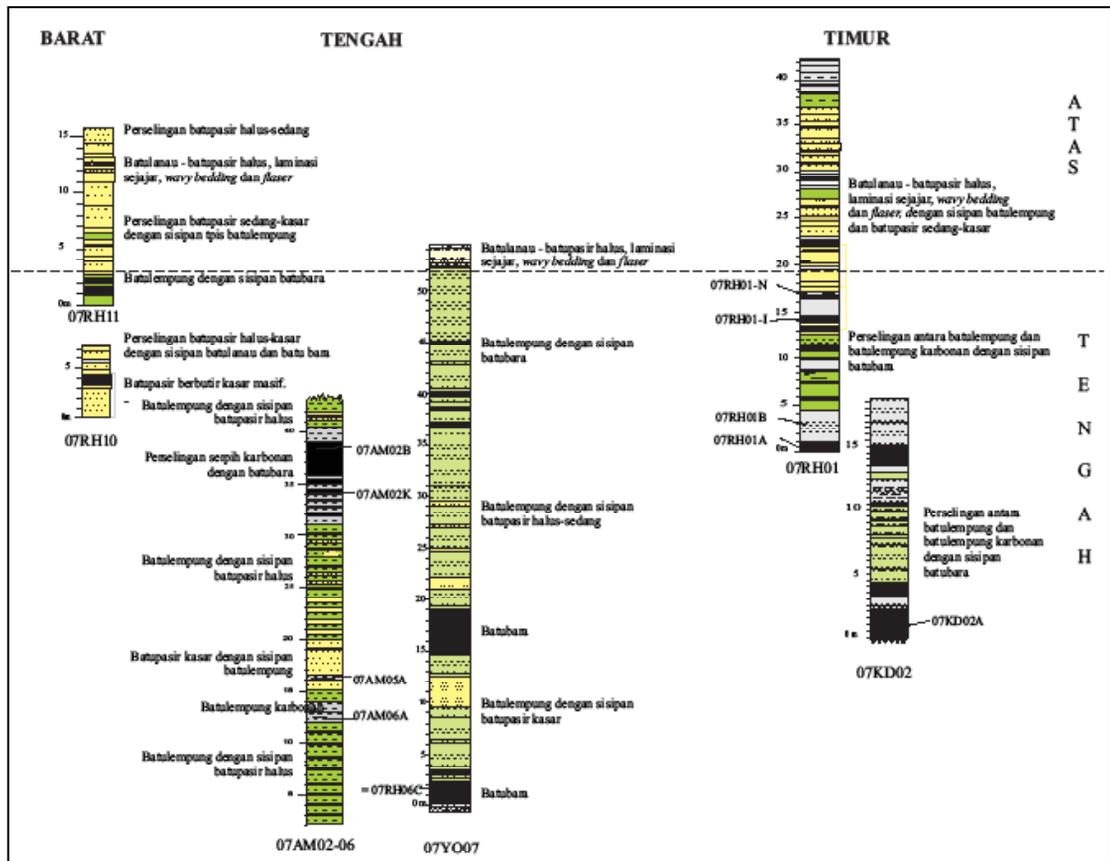
Batubara Formasi Tanjung dijumpai di Lajur Barat, Tengah, dan Timur dengan ketebalan 50 sampai 450 cm. Runtunan batuan sedimen pembawa batubara di Lajur Barat teramati di lokasi 07RH10

dan 07RH11, di Lajur Tengah teramati di daerah Mengkaok, yaitu di lokasi 07YO07 dan 07AM05, sedangkan di Lajur Timur teramati di daerah Rantauangka di lokasi 07RH01 dan 07KD02 (Gambar 2 & 4). Hasil analisis petrografi organik yang dilakukan pada delapan percontoh batubara (Tabel 1), dan kemudian direkalkulasi menjadi GI (*Gelification Index*), TPI (*Tissue Preservation Index*), T (telovitritin: telinit + telokolinit), F (fusinit + semifusinit), dan D (*dispersed organic mater* : inertodetrinit + sporinit + alginit), tersaji dalam Tabel 2.

$$GI = \frac{\text{vitritin}}{\text{semifusinit} + \text{inertodetrinit} + \text{sklerotinit}}$$

$$TPI = \frac{\text{telovitritin} + \text{semifusinit}}{\text{detrovitritin} + \text{gelovitritin} + \text{inertodetrinit} + \text{sklerotinit}}$$

Hasil rekalkulasi tersebut kemudian diplot ke dalam diagram fasies TFD (Diessel, 1982; Gambar 5) dan diagram fasies GI *versus* TPI (Diessel, 1986; dan Lamberson dr., 1991; Gambar 6).



Gambar 4. Korelasi penampang terukur lapisan pembawa batubara Formasi Tanjung di daerah Benuang dan sekitarnya.

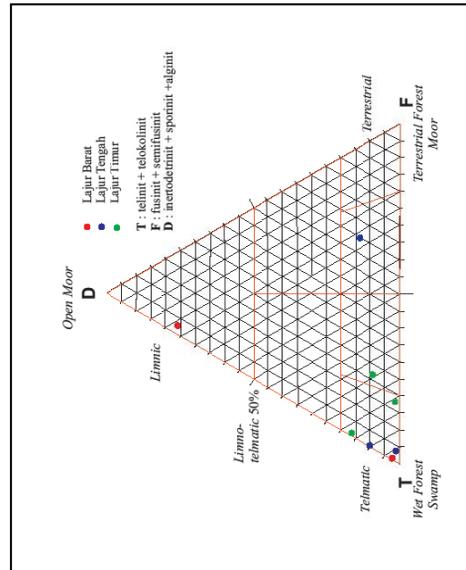
Table 1. Hasil Analisis Petrologi Organik

No.	No. Contoh	Lajur	M a s s e r a l													M i n e r a l						P e r i n g k a t				
			Tl	Dt	Gl	V	Sp	Cu	Re	Alg	Lpt	Sb	Flu	E	F	Sf	Sc	Idt	I	Cly	Py	Crb	MM	Min	Max	Av
1.	07AM02B	Tengah	03,0	51,4	0,0	54,4	00,0	01,0	01,6	0,0	0,6	0,00	04,8	0,0	6,6	07,4	0,0	14,0	7,0	19,6	0,2	26,8	0,44	0,46	0,45	SBIB
2.	07AM02K	Tengah	45,6	23,6	0,0	69,2	00,6	05,0	00,6	0,0	0,6	0,00	06,8	0,6	0,4	10,0	0,0	11,0	0,6	12,4	0,0	13,0	0,44	0,48	0,45	SBIB
3.	07RH06C	Tengah	18,6	70,8	0,0	89,4	00,4	00,2	01,0	0,4	0,0	0,00	02,0	0,0	0,0	02,6	1,4	04,0	1,8	00,8	2,0	04,6	0,42	0,46	0,45	SBIB
4.	07RH01A	Timur	24,0	39,0	2,4	65,4	01,6	00,0	06,6	1,4	0,0	0,00	09,6	0,0	0,4	09,6	5,0	15,0	7,6	02,2	0,2	10,0	0,44	0,46	0,45	SBIB
5.	07RH01-1	Timur	08,0	48,0	1,4	57,4	01,0	00,6	05,4	0,0	0,0	0,00	07,0	0,0	2,6	11,6	0,0	14,2	5,0	11,0	0,4	16,4	0,44	0,48	0,47	SBIB
6.	07KD02A	Timur	27,6	52,4	0,0	80,0	00,2	00,0	00,6	0,0	0,0	0,00	00,8	1,0	5,0	10,0	0,0	16,0	1,6	01,6	0,0	03,2	0,48	0,54	0,50	SBIB
7.	07AM44B	Barat	05,4	11,2	0,0	16,6	10,4	11,6	35,6	9,0	7,0	0,40	74,0	0,0	0,4	00,0	0,0	00,4	6,0	02,0	1,0	09,0	0,42	0,44	0,43	SBIB
8.	07AM44E	Barat	41,0	40,8	0,4	82,2	00,0	02,0	00,6	0,6	0,0	0,00	03,2	0,0	0,0	02,0	0,6	02,6	0,0	12,0	0,0	12,0	0,46	0,50	0,47	SBIB

**Keterangan:**

- Tl : telokolinit
- Dt : detrovitrinit (+ desmokolinit)
- Gl : gelokolinit (+ korpokolinit)
- V : vitrinit
- MM : material mineral
- Sp : sporinit
- Cu : kutinit
- Re : resinit
- Alg : alginat
- Rv : reflektansi vitrinit
- Lpt : liptodetrinit
- Sb : suberinit
- Flu : fluorinit
- E : eksinit/lipinit
- Min : minimum
- F : fusinit
- Sf : semifusinit
- Sc : sklerotinit
- Idt : inertodetrinit
- Max : maksimum
- I : inertinit
- Cl : lempung
- Py : pirit
- Crb : karbonat
- Av : rata-rata

SBIB : Subbituminus B



Gambar 5. Diagram segitiga fasiais (Diessel, 1982), untuk batubara Formasi Tanjung di daerah Binauang dan sekitarnya.

Table 2. Hasil Rekalkulasi GI, TPI, T, F, dan D, Batubara Formasi Tanjung

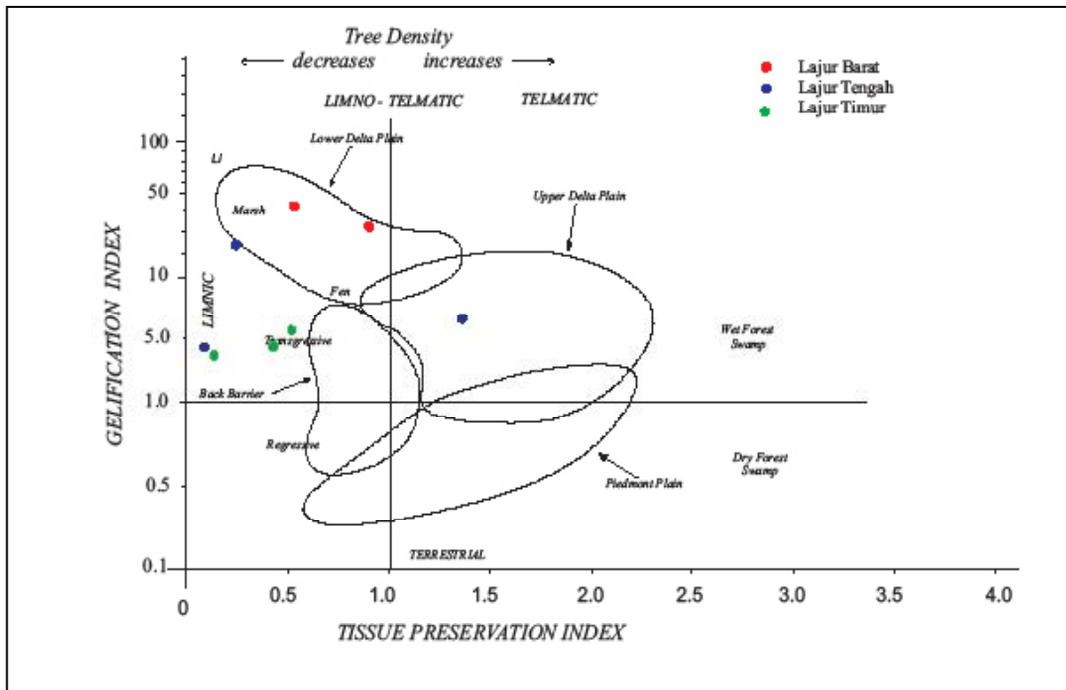
No	No Contoh	LAJUR	GI	TPI	T			D		
					%TFD	F	D			
1.	07AM02B	Tengah	03,88	0,1	03,0	26,78	6,6	58,93	01,6	14,29
2.	07AM02K	Tengah	06,65	1,37	45,6	96,61	0,1	02,12	00,6	01,27
3.	07RH06C	Tengah	22,35	0,25	18,6	89,42	0,0	00,00	02,2	10,58
4.	07RH01A	Timur	04,36	0,44	24	74,07	0,4	01,23	00,8	24,69
5.	07RH01-1	Timur	04,04	0,17	08,0	68,97	2,6	22,41	00,1	08,62
6.	07KD02A	Timur	52,33	0,52	27,6	81,66	0,6	17,75	00,2	00,59
7.	07AM44B	Barat	41,5	0,52	05,4	21,43	0,4	01,59	19,4	76,98
8.	07AM44E	Barat	31,61	0,94	41	97,16	0,0	00,00	01,2	02,84

GI =  $\frac{\text{semifusinit} + \text{inertodetrinit} + \text{sklerotinit}}{\text{vitrinit}}$       TPI =  $\frac{\text{telovitrinit} + \text{semifusinit}}{\text{detrovitrinit} + \text{gelovitrinit} + \text{inertodetrinit} + \text{sklerotinit}}$

T =  $\frac{\text{telimit} + \text{telokolinit}}{\text{fusinit} + \text{semifusinit}}$

F =  $\frac{\text{fusinit} + \text{semifusinit}}{\text{inertodetrinit} + \text{sporinit} + \text{alginat}}$

D =  $\frac{\text{inertodetrinit} + \text{sporinit} + \text{alginat}}{\text{telovitrinit} + \text{semifusinit}}$



Gambar 6. Diagram fasies (Diessel, 1986; dan Lamberson dr., 1991) untuk batubara Formasi Tanjung di daerah Binuang dan sekitarnya.

**Lajur Barat**

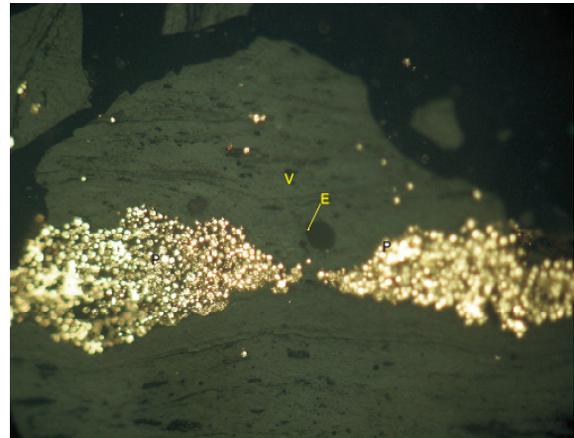
Runtunan batuan sedimen pembawa batubara di Lajur Barat teramati di lokasi 07RH10 dan 07RH11 (Gambar 2 & 4). Runtunan batuan dari bawah ke atas dimulai dari batupasir berbutir kasar berlapis tebal yang merupakan endapan saluran, diikuti oleh runtunan yang terdiri atas perulangan antara batupasir berbutir kasar yang juga merupakan endapan saluran, berselingan dengan runtunan batulumpur dan batupasir halus dengan struktur sedimen laminasi, serta perlapisan *wavy*, *lenticular*, dan *flaser* yang menunjukkan endapan pasang surut. Ketebalan runtunan pada lokasi ini adalah 7,5 m. Runtunan ini menerus pada lokasi 07RH11, menindih batulempung yang bersisipan batubara (Gambar 7). Ketebalan runtunan batuan pada lokasi ini 15,8 m. Runtunan batuan sedimen pembawa batubara di lajur ini menunjukkan lingkungan pasang - surut yang berasosiasi dengan endapan saluran atau *tidal channel* ataupun lingkungan delta. Dalam runtunan ini terlihat bahwa lapisan batupasir lebih dominan dibandingkan dengan batulumpur. Jadi, lingkungan yang tepat adalah lingkungan delta bagian atas (*upper delta plain*).

Lapisan batubara di Lajur Barat kurang berkembang baik dengan ketebalan kurang dari 1 m. Hal ini dikarenakan bagian tengah dan bagian bawah Formasi Tanjung telah tersesarkan. Secara megaskopis, lapisan batubara Formasi Tanjung di lajur ini berwarna hitam, mengilap (*bright - bright banded* dominan *bright banded*), gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, dan ringan. Di beberapa tempat dijumpai material resin.

Batubara di Lajur Barat tidak dianalisis secara mikroskopis. Namun, lapisan batubara di daerah Kandangan, yaitu 07AM44B dan 07AM44E (di sebelah utara di luar daerah penelitian; Heryanto, 2007) yang merupakan kelanjutan dari Lajur Barat tersusun oleh vitrinit (16,6 - 82,2 %) dan terdiri atas telokolinit (5,4 - 41,0 %), detrovitrinit + desmokolinit (11,2 - 40,8 %), dan gelokolinit + korpokolinit (0,0 - 0,4 %). Sementara itu, kelompok maseral eksinit (3,2 - 74,0 %) terdiri atas resinit (0,6 - 35,6 %), kutinit (2,0 - 11,6 %), sporinit (0,0 - 10,4 %), alginat (0,6 - 9,0 %), suberinit (0,0 - 7,0 %), dan fluorinit (0,0 - 0,4 %). Kandungan inertinit (0,4 - 2,6 %) terdiri atas semifusinit (0,0 - 0,4 %), sklerotinit (0,0 - 2,0 %), dan inertodetrinit (0,0 - 0,6 %). Sementara



Gambar 7. Singkapan batupasir berbutir kasar yang merupakan endapan saluran, menindih lapisan batubara. Lokasi 07RH11.



Gambar 8. Fotomikro percontohan batubara (07AM44E), menunjukkan vitrinit (V), eksinit (E), dan pirit framboidal (P) (cahaya pantul).

itu material mineral yang dijumpai dalam batubara adalah lempung (0,0 - 6,0 %), pirit (2,0 - 12,0 %; Gambar 8), dan karbonat (0,0 - 1,0 %).

Nilai reflektansi vitrinit rata-rata ( $R_v$ ) berkisar antara 0,43 dan 0,47 %, dengan nilai reflektansi minimum 0,42 - 0,46 % dan nilai reflektansi maksimum 0,44 - 0,50 % (Tabel 1). Peringkat batubara di lajur ini adalah subbituminus B (ASTM, 1981).

Dijumpainya pirit framboidal (Tabel 1, Gambar 8), menunjukkan bahwa selama pembentukan batubara ada pengaruh air laut. Hal ini juga ditunjang dengan adanya mineral karbonat. Adapun dijumpainya resinit dalam jumlah cukup banyak, ditunjang dengan kehadiran material resin, menunjukkan bahwa batubara ini berasal dari pepohonan besar yang banyak mengandung getah.

Berdasarkan diagram fasies TFD (Diessel, 1982; Gambar 5), terlihat bahwa percontohan batubara Formasi Tanjung di Lajur Barat termasuk dalam fasies *wet forest swamp* dan *open moor*. Sementara itu, berdasarkan diagram fasies GI versus TPI (Diessel, 1986; dan Lamberson dr., 1991; Gambar 6), fasiesnya termasuk ke dalam *wet forest swamp* pada lingkungan *lower delta plain*, dan dalam kondisi genang laut.

Dengan demikian, berdasarkan karakteristik runtunan batuan sedimen pembawa batubara dan petrografi batubara, kondisi pengendapan batubara di Lajur Barat termasuk ke dalam *wet forest swamp* pada lingkungan *upper* sampai *lower delta plain*, dan dalam kondisi genang laut.

### Lajur Tengah

Lapisan pembawa batubara di Lajur Tengah teramati secara lengkap di daerah Mengkaok, yaitu di lokasi 07YO07 dan 07AM05 (Gambar 2 dan Gambar 4). Runtunan batuan pembawa batubara di lokasi 07AM05, bagian bawahnya dikuasai oleh perselingan batulumpur dengan batupasir berbutir halus yang memperlihatkan struktur sedimen laminasi sejajar, serta perlapisan *wavy*, *lenticular*, dan *flaser* yang menunjukkan endapan pasang surut. Sebagai perselingan (50 - 250 cm), dijumpai lapisan batupasir berbutir sedang sampai kasar, setempat dijumpai struktur sedimen silang - siur yang menunjukkan endapan saluran, dan juga sisipan batulempung batubaraan, dengan ketebalan 200 cm, yang menunjukkan endapan rawa. Pada bagian atas hadir perselingan antara batulempung batubaraan dan lapisan batubara, dengan tebal perlapisan batubara mulai dari puluhan sampai 300 cm (Gambar 9).

Runtunan batuan pembawa batubara pada lokasi 07YO07, secara umum hampir sama dengan lokasi sebelumnya, hanya pada lokasi ini yang lebih dominan adalah batulumpur dengan sisipan tipis batupasir (0,5 - 5 cm) yang merupakan endapan paparan banjir. Sebagai sisipan dijumpai lapisan batubara dengan ketebalan 250 - 450 cm di bagian bawah, dan 30 - 50 cm di bagian atas. Runtunan perselingan batulumpur dengan batupasir halus yang memperlihatkan struktur sedimen laminasi sejajar, serta perlapisan *wavy*, *lenticular*, dan *flaser*, dijumpai



Gambar 9. Singkapan endapan rawa pantai (*coastal marsh*) berupa *coaly shale* dan batubara berwarna hitam, berasosiasi dengan dataran pasang surut (*tidal flat*), terdiri atas batulempung, batulanau, dan batupasir halus berwarna kelabu, serta saluran pasang surut (*tidal channel*) yang berupa perlapisan batupasir kuarsa berwarna putih kecoklatan, pada lokasi 07AM02 (Heryanto, 2008).

di bagian tengah penampang terukur. Runtunan ini menunjukkan endapan pasang surut. Sisipan lainnya adalah batupasir berbutir sedang sampai kasar dengan ketebalan perlapisan 100 sampai 300 cm, setempat hadir struktur sedimen silang - siur yang menunjukkan endapan saluran.

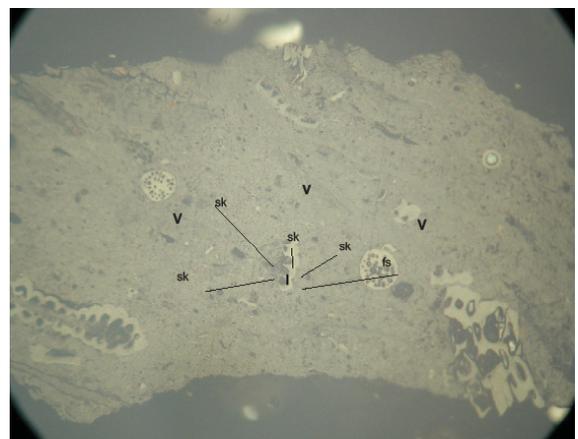
Kedua lokasi ini menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan batuan sedimen pembawa batubara Formasi Tanjung pada Lajur Tengah adalah asosiasi lingkungan dataran banjir, rawa, dan pasang surut yang dipengaruhi oleh adanya saluran limpahan (*crevasse splays*). Lingkungan pengendapan yang sesuai dengan asosiasi tersebut adalah lingkungan delta, dengan bagian yang didominasi oleh batulumpur adalah *lower delta plain*, sedangkan yang dipengaruhi oleh endapan saluran (sisipan batupasir) adalah *upper delta plain*.

Berdasarkan kandungan polen dalam batuan sedimen pembawa batubara (batulempung karbonan) yakni percontoh 07AM05A dan 07AM06A, yang berupa *Discoidites borneensis*, *Verrucatosporites usmensis*, *Acrostichum aureum*, *Spinizonocostites baculatus*, *Florschuetzia trilobata*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Proxapertites cursus/operculatus*, *Palaquium*, *Bombax* sp, *Retistephanocolpites williamsii*, *Durio*, dan *Palmaepollenites kutchensis*, lingkungan pengendapannya adalah *backmangrove* sampai rawa air tawar.

Lapisan batubara di Lajur Tengah (Gambar 4), dijumpai dengan ketebalan mulai dari sisipan tipis (10 - 30 cm) sampai dengan yang tebal (250 - 450 cm). Secara megaskopis, lapisan batubara Formasi Tanjung di lajur ini berwarna hitam, mengilap (*bright-bright banded*, dominan *bright banded*), gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, dan ringan. Secara mikroskopis, batubara di ini tersusun terutama oleh vitrinit (54,4 - 89,4 %) yang terdiri atas telokolinit (3,0 - 45,6 %) dan detrovitrinit + desmokolinit (23,6 - 70,8 %). Sementara itu, kelompok maseral eksinit (2,0 - 6,8 %) terdiri atas kutinit (0,2 - 5,0 %), resin (0,6 - 1,6 %), algin (0,4 - 1,6 %), sporinit (0,0 - 0,6 %), dan suberinit (0,0 - 0,6 %). Adapun kelompok maseral inertinit (4,0 - 14,0 %) tersusun oleh sklerotinit (2,6 - 10,0 %), semifusinit (0,0 - 6,6 %), inertodetrinit (0,0 - 1,4 %), dan fusinit (0,0 - 0,6 %) (Gambar 10); sedangkan material mineral yang dijumpai adalah pirit (0,8 - 19,6 %), mineral lempung (0,6 - 7,0 %), dan karbonat (0,0 - 2,0 %).

Nilai reflektansi vitrinit rata-rata (Rv) adalah 0,45 %, dengan nilai reflektansi minimum 0,42 - 0,44 % dan nilai reflektansi maksimum 0,46 - 0,48 % (Tabel 1). Sehingga peringkat batubara di Lajur Tengah ini termasuk ke dalam subbituminus B (ASTM, 1981).

Berdasarkan diagram fasies TFD (Diessel, 1982; Gambar 5), percontoh batubara Formasi Tanjung di Lajur Tengah umumnya termasuk ke dalam fasies *wet forest swamp* dan *terrestrial forest*. Sementara itu, berdasarkan diagram fasies GI versus TPI (Diessel,



Gambar 10. Fotomikro percontoh batubara (07RH06C) pada Lajur Tengah, menunjukkan vitrinit (V) dan inertinit (I) yang berupa sklerotinit (sk) dan fusinit (fs) (cahaya pantul).

1986 dan Lamberson dr., 1991; Gambar 6), fasies batubara ini adalah *wet forest swamp* pada lingkungan *upper* sampai *lower delta plain*, dalam kondisi genang laut.

Dengan demikian, berdasarkan runtunan batuan sedimen pembawa batubara dan petrografi organik, lingkungan pengendapan batubara di Lajur Tengah termasuk ke dalam *wet forest swamp (backmangrove)* sampai rawa air tawar) pada zona *upper* sampai *lower delta plain*, dan dalam kondisi genang laut.

### Lajur Timur

Runtunan batuan sedimen pembawa batubara Formasi Tanjung di Lajur Timur teramati di daerah Rantaunangka pada lokasi 07RH01 dan 07KD02 (Gambar 2&4). Dari bawah ke atas, runtunan ini dimulai dari lokasi 07KD02, dengan dijumpainya batubara setebal lebih dari 3 m, mempunyai sisipan lempung batubaraan yang menunjukkan endapan rawa. Di atasnya ditindih oleh batulempung – batulanau warna kelabu kecoklatan, setempat terserpihkan, dengan sisipan tipis batupasir halus yang menunjukkan endapan paparan banjir. Selanjutnya, ke arah atas dijumpai perselingan antara batulempung batubaraan dengan batubara yang menunjukkan endapan rawa. Runtunan batuan tersebut berlanjut ke lokasi 07RH01, tempat batubara ditindih oleh batulempung warna kelabu sampai kehitaman dengan sisipan lempung batubaraan yang menunjukkan lingkungan rawa dan paparan banjir. Selanjutnya, ke arah atas lagi terdapat perselingan antara batulumpur dan batupasir halus dengan struktur sedimen perarian sejajar, serta perlapisan *wavy*, *lenticular*, dan *flaser* yang menunjukkan endapan pasang surut. Di antara runtunan tersebut banyak dijumpai sisipan batupasir berbutir sedang sampai kasar, yang setempat memperlihatkan struktur sedimen silang-siur. Sisipan batupasir tersebut menunjukkan endapan saluran.

Kandungan polen dalam batulempung karbonan pada percontoh batuan 07RH01B dan 07RH01N, yang berupa *Verrucatosporites usmensis*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Florschuetzia trilobata*, *Durio*, dan *Palaquium*, mencerminkan lingkungan rawa air tawar.

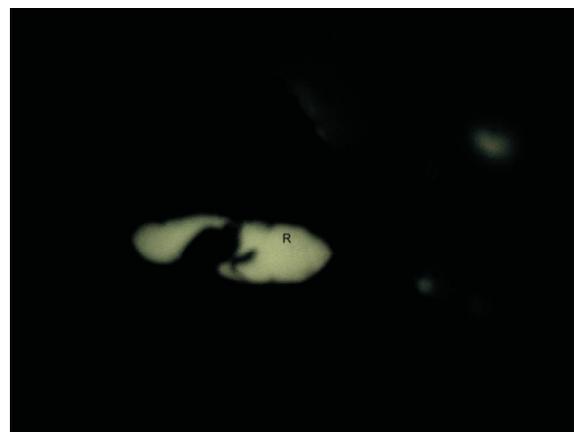
Lapisan batubara di Lajur Timur dijumpai dengan ketebalan mulai dari 100 sampai 250 cm. Secara megaskopis, lapisan batubara Formasi Tanjung di lajur ini berwarna hitam, mengilap (*bright - bright*

*banded*, dominan *bright*), gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, dan ringan (Gambar 11).

Secara mikroskopis, batubara di lajur ini tersusun terutama oleh vitrinit (57,4 - 80,0 %) yang terdiri atas telokolinit (8,0 - 27,6 %), detrovitrinit + desmokolinit (39,0 - 52,4 %), dan gelokolinit + korpokolinit (0,0 - 2,4 %). Sementara itu, kandungan eksinit (0,8 - 9,6 %) berupa resinit (0,6 - 6,6 %; Gambar 12), sporinit (0,2 - 1,6 %), alginit (0,0 - 1,4 %), dan kutinit (0,0 - 0,6 %). Adapun kandungan inertinit (14,2 - 16,0 %) terdiri atas sklerotinit (9,6 - 11,6 %), semifusinit (0,4 - 5,0 %), inertodetrinit (0,0 - 5,0 %), dan fusinit (0,0 - 1,0 %). Material mineral yang dijumpai dalam batubara adalah pirit



Gambar 11. Singkapan lapisan batubara di Lajur Timur (daerah Rantaunangka). Batubara warna hitam, mengilap (*bright - bright banded*), gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, dan ringan. Lokasi: 07KD02.



Gambar 12. Fotomikro maseral resinit (R) pada percontoh batubara (07RH01A); (cahaya fluoresen).

(1,6 - 11,0 %), lempung ( 1,6 - 7,6 %), dan karbonat (0,0 - 0,2 %).

Nilai reflektansi vitrinit rata-rata ( $R_v$ ) adalah 0,45 sampai 0,50 %, dengan nilai reflektansi minimum 0,44 - 0,48 % dan nilai reflektansi maksimum 0,45 - 0,5 % (Tabel 1). Karenanya, batubara di Lajur Timur termasuk ke dalam peringkat subbituminus B (ASTM, 1981).

Berdasarkan diagram fasies TFD (Diessel, 1982; Gambar 5), percontoh batubara Formasi Tanjung di Lajur Timur ini termasuk dalam fasies *wet forest swamp*; sedangkan berdasarkan diagram fasies GI versus TPI (Diessel, 1986 dan Lamberson dr., 1991; Gambar 6), termasuk ke dalam *wet forest swamp* pada lingkungan *limnic* dalam kondisi genang laut.

Atas dasar karakteristik runtunan batuan sedimen pembawa batubara dan petrografi organik, batubara di Lajur Timur terendapkan dalam fasies *wet forest swamp* (rawa air tawar) pada lingkungan paparan banjir dan dalam kondisi genang laut.

## DISKUSI

Secara megaskopis, lapisan batubara di Lajur Barat dan Tengah adalah hitam mengilap (dominan *bright banded*), sedangkan di Lajur Timur dominan *bright*, gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, ringan, dan dijumpai adanya material resin. Istilah litotipe *bright - bright banded* (Diessel, 1965) sama dengan *vitrain - clarain* (Stopes, 1919 ; ICCP, 1963 dalam Bustin dr., 1983). Berdasarkan litotipe (Tasch, 1960, dalam Bustin dr., 1983), jenis *clarain* diendapkan dalam kondisi air yang lebih dalam daripada *vitrain*. Dengan demikian batubara di Lajur Barat dan Tengah diendapkan dalam lingkungan air yang lebih dalam dibandingkan dengan batubara di Lajur Timur.

Hasil analisis petrografi organik menunjukkan bahwa vitrinit berkembang dengan baik dalam batubara di Lajur Tengah (54,4 - 89,4 %), kemudian diikuti oleh Lajur Timur (57,4 - 80,0 %) dan Lajur Barat (16,6 - 82,2 %). Eksinit berkembang di Lajur Barat (3,2 - 74,0 %) diikuti oleh Lajur Timur (0,8 - 9,6 %) dan Lajur Tengah (2,0 - 6,8 %). Adapun inertinit berkembang dalam batubara di Lajur Timur (14,2 - 16,0 %), diikuti oleh Lajur Tengah (4,0 - 14,0 %) dan Lajur Barat (0,4 - 2,6 %). Data

tersebut di atas menunjukkan bahwa secara umum vitrinit berkembang baik di setiap lajur, kecuali pada contoh batubara di Lajur Barat (07AM44B). Inertinit berkembang di Lajur Timur dan Tengah dikarenakan batubara di kedua lajur tersebut dalam masa pembentukannya telah terbakar atau mengalami oksidasi biokimia (*biochemical oxidation*), sehingga *woody tissue* di Lajur Timur dan Tengah lebih banyak yang terbentuk menjadi semifusinit atau fusinit dibandingkan dengan di Lajur Barat.

Posisi stratigrafi percontoh 07AM44B merupakan lapisan batubara setebal 0,5 m, yang ditindih oleh lapisan serpih batubaraan (0,4 m), kemudian ditindih oleh batuan sedimen endapan pasang-surut (perselingan batulanau, batupasir halus dan batulempung) setebal 9 m, dan selanjutnya ditindih oleh lapisan batubara percontoh 07AM44E setebal 1,5 m, yang kemudian ditindih lagi oleh batuan sedimen endapan pasang-surut setebal 7 m. Kandungan vitrinit pada percontoh 07AM44B hanya 16,6 %, sedangkan kandungan eksinit adalah 74,0 % (resinit 35,6 %; kutinit 11,6 %; sporinit 10,4 %; alginit 9,0 %; suberinit 7,0 %; fluorinit 0,4 %). Percontoh 07AM44B, yang tebal singkapannya di lapangan 50 cm, termasuk batubara *sapropelic*, yang diendapkan dalam lingkungan subakuatik di bawah kondisi anaerobik (Teichmuller, 1982; dan Bustin dr., 1983), dengan kandungan eksinit terdiri atas spora alokhton, polen, *degraded peat* (resin), dan *algae*. Selanjutnya, dengan dijumpainya kandungan vitrinit 16,6 %, maka percontoh ini termasuk ke dalam batubara *sapropelic* tipe *cannel* yang diduga terendapkan di tepi cekungan subakuatik tersebut. Data tersebut menunjukkan bahwa pengendapan batubara di Lajur Barat, dimulai dari lingkungan subakuatik/laut (07AM44B), kemudian berubah menjadi lingkungan pasang-surut, selanjutnya menjadi fasies *wet forest swamp* pada lingkungan *upper delta* sampai *lower delta*, dan kemudian kembali menjadi pasang surut.

Reflektansi ( $R_v$ ) rata-rata batubara di Lajur Barat adalah 0,43 - 0,47 %, sedangkan di Lajur Tengah 0,45 %, dan di Lajur Timur 0,45 % sampai 0,50 %. Peringkat batubara di semua lajur termasuk ke dalam subbituminus B, kecuali batubara di Lajur Timur yang relatif lebih tinggi. Hal ini dikarenakan batubara di Lajur Timur dalam pembentukannya telah mengalami proses pembakaran (*fire*) atau ok-

sidasi biokimia (*biochemical oxidation*), sehingga *woody tissue* di Lajur Timur lebih banyak yang terbentuk menjadi inertinit dan juga vitrinit dengan nilai reflektansi lebih tinggi (0,45 - 0,50 %) dibandingkan dengan di Lajur Tengah (0,45 %) dan Barat (0,43 - 0,47 %).

Lapisan batubara di Lajur Barat, di beberapa tempat banyak mengandung kelompok maseral eksinit (3,2 - 74,0 %), dengan maseral terbanyak adalah resinit (0,6 - 35,6 %). Hal ini sesuai dengan kenampakan megaskopis yang banyak dijumpainya material resin (getah pohon) dalam batubara, yang juga menunjukkan bahwa batubara ini diendapkan dalam lingkungan dengan pohon tinggi yang cukup rapat. Keadaan tersebut juga ditunjang oleh diagram fasies GI *versus* TPI (Diessel, 1986 dan Lamberson drr., 1991; Gambar 6), dengan tingkat kerapatan pohon di Lajur Barat dan Tengah relatif lebih besar daripada di Lajur Timur.

Runtunan batuan sedimen pembawa batubara menunjukkan bahwa di Lajur Barat dan Tengah selain tersusun oleh batulempung dan endapan pasang surut juga dipengaruhi oleh adanya endapan saluran. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan batuan pembawa batubara di Lajur Barat dan Tengah, berada dalam lingkungan delta mulai dari *upper delta* sampai *lower delta*. Pendapat ini juga ditunjang oleh hasil pengeplotan nilai GI (*Gelification Index*) dan TPI (*Tissue Preservation Index*) ke dalam Gambar 6 (Diessel, 1986; dan Lamberson drr., 1991), yang menunjukkan *wet forest swamp* pada lingkungan *upper* sampai *lower delta plain*, dalam kondisi genang laut. Selain itu, hasil analisis palinologi pada batulempung di Lajur Tengah, dengan dijumpainya *Discooidites borneensis*, *Verrucatosporites usmensis*, *Acrostichum aureum*, *Spinizonocostites baculatus*, *Florschuetzia trilobata*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Proxapertites cursus/operculatus*, *Palaquium*, *Bombax* sp, *Retistephanocolpites williamsii*, *Durio*, dan *Palmaepollenites kutchensis*, mencerminkan lingkungan *backmangrove* sampai rawa air tawar. Dijumpainya lapisan batubara jenis *sapropelic* tipe *cannel* (07AM44B) di Lajur Barat, menunjukkan bahwa batubara di ketiga lajur terendapkan mulai dari lingkungan subakuatik sampai lingkungan *upper* dan *lower delta plain*.

Runtunan batuan sedimen pembawa batubara di Lajur Timur didominasi oleh batulempung dan batulempung karbonan yang mencerminkan lingkungan

pengendapan paparan banjir dan rawa. Kandungan polen *Verrucatosporites usmensis*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Florschuetzia trilobata*, *Durio*, dan *Palaquium* pada batulempung karbonan mencerminkan lingkungan rawa air tawar. Berdasarkan diagram TFD (Diessel, 1982; Gambar 5), percontoh batubara Formasi Tanjung di Lajur Timur termasuk ke dalam fasies *wet forest swamp*. Sementara itu, berdasarkan diagram fasies GI *versus* TPI (Diessel, 1986; dan Lamberson drr., 1991; Gambar 6), fasiesnya adalah *wet forest swamp* pada lingkungan *limnic*, dalam kondisi genang laut.

## KESIMPULAN

Batuan sedimen pembawa batubara dalam Formasi Tanjung menempati bagian tengah satuan, yang terdiri atas batulempung – batulanau warna kelabu sampai kehitaman, berasosiasi dengan perselingan batulumpur dan batupasir berbutir halus yang memperlihatkan struktur sedimen laminasi sejajar, serta perlapisan *wavy*, *lenticular*, dan *flaser*. Setempat dijumpai sisipan batupasir berbutir sedang sampai kasar.

Secara megaskopis, karakteristik lapisan batubara di Lajur Barat, Tengah, dan Timur adalah sama, yaitu berwarna hitam, mengilap (Lajur Timur dominan *bright* dan Lajur Barat dan Tengah dominan *bright banded*), gores warna hitam, dengan pecahan konkoidal, dan ringan, dijumpai adanya material resin. Hasil analisis petrografi organik menunjukkan bahwa vitrinit berkembang dengan baik dalam batubara di semua lajur, kecuali pada percontoh batubara 07AM44B yang berbanding terbalik dengan kandungan eksinit, sehingga diperkirakan percontoh ini termasuk dalam batubara jenis *sapropelic* tipe *cannel*. Inertinit berkembang baik dalam batubara di Lajur Timur dan Tengah. Reflektansi vitrinit (Rv) lapisan batubara di Lajur Barat adalah 0,43 - 0,47 %, sedangkan di Lajur Tengah 0,45 %, dan di Lajur Timur 0,45 % sampai 0,50 %. Peringkat batubara di semua lajur termasuk subbituminus B, namun di Lajur Timur nilai reflektansi vitrinitnya relatif lebih tinggi.

Lingkungan pengendapan batuan sedimen pembawa batubara dan batubara di Lajur Barat mulai dari lingkungan subakuatik (laut) sampai dengan *upper – lower delta plain* dengan fasies *wet forest swamp* (*backmangrove* sampai rawa air tawar)

dalam kondisi genang laut, sedangkan di Lajur Tengah termasuk ke dalam fasies *wet forest swamp* (*backmangrove* sampai rawa air tawar) pada lingkungan *upper* sampai *lower delta plain*, dalam kondisi genang laut. Adapun lingkungan pengendapan batuan sedimen pembawa batubara dan batubara di Lajur Timur termasuk ke dalam fasies *wet forest swamp* (rawa air tawar) pada lingkungan paparan banjir, dalam kondisi genang laut. Lingkungan pengendapan batubara di Lajur Barat mulai dari subkuatik sampai transisi (*backmangrove* – rawa air tawar), di Lajur Tengah di lingkungan transisi (*backmangrove* - rawa air tawar), dan Lajur Timur di darat (rawa air tawar).

**Ucapan Terima kasih**—Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang telah memberikan dukungan mulai dari penelitian lapangan sampai penulisan makalah ini. Selain itu, ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada rekan sejawat yang telah mendukung penelitian ini serta memberikan kritik, saran, dan diskusi mengenai isi makalah ini.

#### ACUAN

- American Society for Testing and Materials (ASTM), 1981. Annual Book of ASTM standard; (Part 26). *American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, Pennsylvania.
- Bustin, R.M., Cameron, A.R., Grieve, D.A., dan Kalkreuth, W.D., 1983. Coal Petrology : Its Principle, Methods, and Applications. *Geological Association of Canada, Short Course Notes*, 3, 273 h.
- Diessel, C.F.K., 1982. An appraisal of coal facies based on maceral characteristics. *Australian Coal Geology*, 4 (2), h.474-484.
- Diessel, C.F.K., 1986. On the correlation between coal fasies and depositional environment. *Proceedings 20<sup>th</sup> Symposium of Department Geology, University of New Castle, New South Wales*, h.19-22.
- Hartono, U., Sukamto, R., Surono, dan Panggabean, H., 2000. Evolusi Magmatik Kalimantan Selatan. *Publikasi Khusus No 23*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Heryanto, R., 1999a. Petrografi Batupasir Formasi Manunggul di daerah Alimukim, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, IX (93), h. 16-26.
- Heryanto, R., 1999b. Diagenesa Batupasir Formasi Manunggul di Daerah Alimukim, Kalimantan Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, IX (98), h. 16-26.
- Heryanto, R., 2000a. Pengendapan batuan sedimen Kelompok Pitap di bagian selatan Pegunungan Meratus. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, X (109), h. 2-19.
- Heryanto, R., 2000b. Tataan Stratigrafi. *Dalam* : Hartono, U., Sukamto, R., Surono, dan Panggabean, H. (Eds.), *Evolusi Magmatik, di Kalimantan Selatan, Publikasi Khusus, No 23*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Heryanto, R., 2007. *Laporan Penelitian Proses Sedimentasi dan Tektonika Cekungan Tersier Barito Bagian Tengah, Kalimantan Selatan*. Laporan Internal, Pusat Survei Geologi
- Heryanto, R., 2008. Paleogeografi Cekungan Tersier Barito, Kalimantan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI 37*, 1, h. 238-257.
- Heryanto, R. dan Sanyoto, P., 1994. *Peta Geologi Lembar Amuntai, Kalimantan Selatan, skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Heryanto, R., Sutrisno, Sukardi, dan Agustianto, D., 1998. *Peta Geologi Lembar Belimbing, Kalimantan Selatan Skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Heryanto, R. dan Panggabean, H., 2001. The Deposition of the Pitap Group, in the Meratus Mountains, Southeast Kalimantan. *FOSI 2<sup>nd</sup> Regional Seminar, May 14, 2001*, Jakarta – Indonesia.
- Heryanto, R. dan Hartono, U., 2003. Stratigraphy of the Meratus Mountains, South Kalimantan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, XIII (133), h. 2-24.
- Heryanto, R., Sanyoto, P., dan Panggabean, H., 2003. Depositional Setting of the Sedimentary Rocks of Pitap Group, in the northern Meratus High (Amandit, Alimukim and paramasan Areas), Southeast Kalimantan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, XIII (141), h. 2-21.
- Heryanto, R. dan Panggabean, H., 2004. Fasies, Sedimentologi Formasi Tanjung di Bagian Barat, Tengah dan Timur Tinggian Meratus, Kalimantan Selatan. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, XIV (3), h. 78-93.
- International Committee for Coal Petrology. 1963. *International Handbook of Coal Petrology* – 2<sup>nd</sup> edition; Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.
- Koolhoven, W.C.B., 1933. Het primaire diamant - voorkomen in Zuider - Borneo (Voorloopige mededeeling). *De Mijningenieur*, XIV, h. 138 - 144.
- Koolhoven, W.C.B., 1935. Het primaire voorkomen van den Zuid Borneo diamant. *Geologische Mijnbouw Genootschap, Verhandelingen, Geologie Serie*, 11, h.189-232.
- Krol, L.H., 1920. Over de geologie van een gedeelte van de Zuideren Oosterafdeeling van Borneo. *Jaarboek van het Mijnwezen, Nederlandsch Oost-Indie*, verhandelingen, 47, 1918 deel.
- Krol, L.H., 1925. Eenige cijfers uit de 3 etages van het Eocen en uit het jong Tersier van Martapoera. *Geologische Mijnbouw Genootschap, Verhandelingen, Geologie Serie* 8, h. 342-366.
- Kusumah, K.D., 2008. Pengaruh tektonik terhadap pola deformasi batuan berumur Kapur Akhir dan Tersier (Eosen-Miosen) di daerah Belimbing Kalimantan Selatan. *Tesis S-2*, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran Bandung, tidak dipublikasikan.

- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., dan Kalkreuth, W.D., 1991. Lithotype (maceral) composition and variation as correlated with paleo-wetland environment, Gates Formation, northeastern British Columbia, Canada. *International Journal of Coal Geology*, 18, h. 67-124.
- Marks, P., 1956. Stratigraphic Lexicon of Indonesia. *Publikasi Keilmuan No. 31*, Djawatan Geologi, Bandung, 233 h.
- Sihombing, T., Polhaupessy, A.A., Sudijono, Maryanto, S., Suyoko, Purnamaningsih, dan Kawoco, P., 2000. Pengkajian Geologi Paleogen Daerah Kalimantan Selatan: Dengan acuan khusus palinologi batubara. *Laporan Kegiatan Teknis, Daftar Isian Kegiatan Suplemen (DIKS), Tahun Anggaran 2000*.
- Sikumbang, N. dan Heryanto, R., 1994. *Peta Geologi Lembar Banjarmasin, Kalimantan Selatan skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Stopes, M.C., 1919. On the four visible ingredients in banded bituminous coal. *Proceedings of the Royal Society*, B., 90, h. 470-480.
- Suminto, Sudijono, Hasibuan, F., Polhaupessy, A.A., Purnamaningsih, dan Limbong, A., 2002. Palinologi Batubara Formasi Tanjung di Cekungan Barito, Kalimantan Selatan. *Laporan Kegiatan Teknis, Daftar Isian Kegiatan Suplemen (DIKS), Tahun Anggaran 2002*.
- Tasch, K. H., 1960. Die Moglichkeiten der Flozgleichstellung unter Zuhilfenahme von Flozbildungsdiagrammen. *Bergbau-Rundschau*, 12, h. 153-157.
- Teichmuller, M., 1982. Origin of the petrographic constituents of coal. *In: Stach, E., Mackowsky, M. Th., Teichmuller, M., Taylor, G. H., Chandra, D., dan Teichmuller, R. (Eds.), Coal Petrology 3<sup>rd</sup> Edition*, Gebruder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, h.5-86.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, IA. The Hague, Netherlands, Government. Printing Office, 732 h.