

KARAKTERISTIK PETROGRAFIS BATUBARA SEBATIK-KALIMANTAN TIMUR BERDASARKAN ASPEK GEOLOGISNYA

Petrographic Characteristics of Sebatik-East Kalimantan Coal According to its Geological Aspects

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: binarkos@tekmira.esdm.go.id

² Pusat Survei Geologi
Jalan Diponegoro 57 Bandung 40122
Telp. 022 7203205; Fax. 022 7202669
e-mail: harryutoyo@yahoo.com

SARI

Studi petrografi batubara ini dilakukan terhadap beberapa percontoh yang diambil dari daerah Sebatik, Kalimantan Timur. Seluruh percontoh batubara ini dianalisis secara petrografis berdasarkan metodologi yang diterapkan oleh ASTM (2009). Komposisi petrografis batubara Sebatik mengindikasikan konsistensi kandungan maseral dan mineralnya. Batubara ini berciri khas dengan dominasi vitrinit terhadap liptinit, inertinit dan mineral. Tipe batubara seperti ini mengindikasikan bahwa batubara ini terbentuk dari tetumbuhan hutan di zona tropis yang lembab dengan sedikit sekali mengalami musim kering, dengan lingkungan pengendapan laut dangkal-paralik-fluvial.

Peringkat batubara Sebatik memperlihatkan sedikit perbedaan, yakni lignit dan subbituminus A. Hal ini disebabkan oleh efek intrusi andesit yang terjadi di daerah sekitarnya. Tipe dan peringkat batubara ini terkait dengan aspek-aspek geologis yang memengaruhinya, seperti: lingkungan pengendapan, intrusi dan umur geologis.

Kata kunci: batubara, tipe, peringkat, aspek geologis

ABSTRACT

Selected coal samples for the petrographic study were obtained from the Sebatik area-East Kalimantan. All the samples were analysed based on methodology applied by ASTM (2009). Petrographic composition of the coals indicates a remarkable consistence on the maceral and mineral matter content. This coal type reflects that the coals were indicative of forest type vegetation in a humid tropical zone, which does not have a significant dry season. The coals were deposited in shallow marine-deltaic-fluvial environment.

Rank of the coals shows a slight difference that is lignite and subbituminous A. This is caused by effect of the andesitic intrusive in the surrounding area. Type and rank of the coals are related to the geologic aspects influenced, like: depositional environment, intrusion and geologic age.

Keywords: coal, type, rank, geologic aspects

PENDAHULUAN

Potensi endapan batubara di Kalimantan merupakan sumber daya batubara terbesar ke-2 (37,5 miliar ton) setelah Sumatera (42,6 miliar ton) di Indonesia (Thomas, 2002; Sukhyar, 2009; Belkin dkk., 2009). Namun, potensi sumber daya batubara ini sejak dahulu hingga kini, secara umum dieksploitasi tanpa mengacu kepada konsep kaidah penambangan dengan baik dan benar. Umumnya, potensi batubara ditambang hanya pada bagian permukaan tanah dan penambangan terbuka. Perusahaan pertambangan yang mengeksploitasi batubara ini jarang sekali memberikan perhatian khusus terhadap kualitas, variasi sifat fisika dan kimia dan sumber daya batubara yang terdapat di bawah permukaan tanah yang dalam.

Selama ini, eksplorasi batubara di daerah Kalimantan sudah menghasilkan data tambahan. Sekali pun demikian, data tersebut jarang sekali dimanfaatkan untuk melaksanakan studi terpadu untuk mengeksploitasi batubara di daerah ini secara optimal. Fenomena ini jelas tidak sesuai dengan penerapan pertambangan batubara yang sudah dijelaskan dalam Undang-Undang Nomor 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Salah satu butir penting dalam undang-undang tersebut

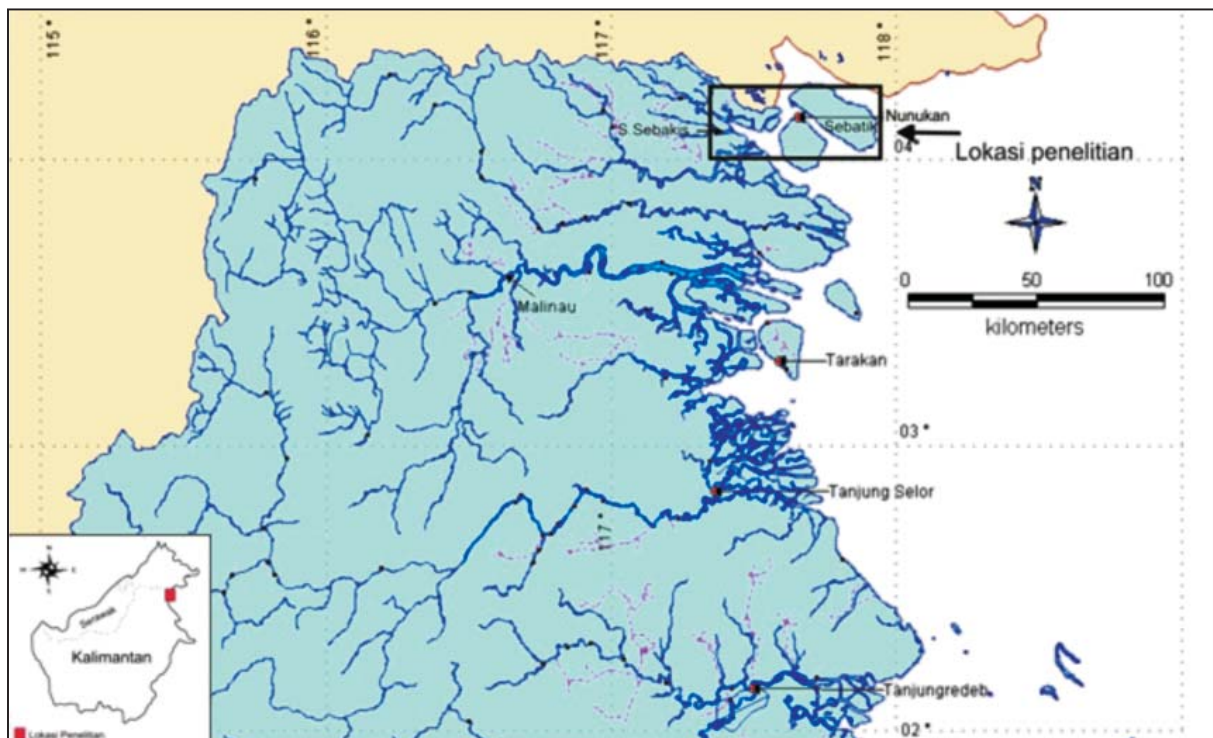
menyebutkan dengan jelas bahwa aspek kelitbang-an terhadap pemecahan permasalahan eksploitasi batubara harus dilaksanakan, agar hasilnya dapat dicapai secara optimal dengan tetap bertumpu pada pertambangan berwawasan lingkungan.

Salah satu sumbangan pemikiran untuk menghimpun data untuk menunjang eksplorasi dan eksploitasi batubara ini adalah melakukan studi petrografi batubara. Data yang dihasilkan ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang tipe dan peringkat batubara, sehingga akan dapat memudahkan dalam membuat perencanaan untuk kegiatan eksplorasi dan eksploitasi batubara.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- menguji variasi tipe dan peringkat batubara.
- menentukan kandungan mineral dalam batubara.
- menafsirkan karakteristik tipe dan peringkat batubara berdasarkan pada aspek-aspek geologis yang memengaruhinya.

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, studi petrografi dilakukan terhadap beberapa percontoh batubara yang diambil dari daerah Sebatik-Nunukan, Kalimantan Timur, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian di daerah Sebatik-Nunukan, Kalimantan Timur

METODOLOGI

Untuk kepentingan penelitian ini, 4 buah percontoh batubara dari daerah Sebatik diambil dengan cara pemercontohan saluran. Pemercontohan ini dilakukan berdasarkan pada ketentuan ASTM (2009). Seluruh percontoh batubara tersebut dipreparasi dan berikutnya dibuat menjadi sayatan poles, yang selanjutnya dianalisis dengan menggunakan mikroskop sinar pantul dan sinar ultraviolet. Peristilahan petrografi batubara dan klasifikasi peringkatnya juga menggunakan aturan ASTM (2009).

Setiap sayatan poles batubara diamati sebanyak 500 buah titik pengamatan melalui mikroskop sinar pantul. Secara umum, teknik perhitungan titik pengamatan ini diterapkan untuk menganalisis maseral dan mineral. Data maseral dan mineral dihitung seperti berikut ini:

- mineral dihitung : vitrinit + liptinit + inertinit + mineral = 100%;
- mineral tidak dihitung : vitrinit + liptinit + inertinit = 100%.

Pengukuran reflektansi vitrinit dilakukan sesuai prosedur ASTM (2009). Bidang datar mikroskop diputar untuk memperoleh pembacaan maksimum pertama. Selanjutnya, bidang tersebut diputar sebesar 180° untuk pembacaan maksimum kedua. Setiap pasangan pembacaan dirata-ratakan dan dihitung untuk mendapatkan reflektansi vitrinit maksimum (R_{vmax}) dalam celupan minyak (*oil immersion*). Pengukuran-pengukuran ini dibuat dalam kelompok submaseral telo-, detro- dan gelovitrinit dengan jumlah pengukuran di setiap subkelompok vitrinit, berdasarkan proporsi setiap subkelompok maseral tersebut dalam sayatan poles yang dihitung dengan perhitungan titik pengamatan.

TATAAN GEOLOGIS

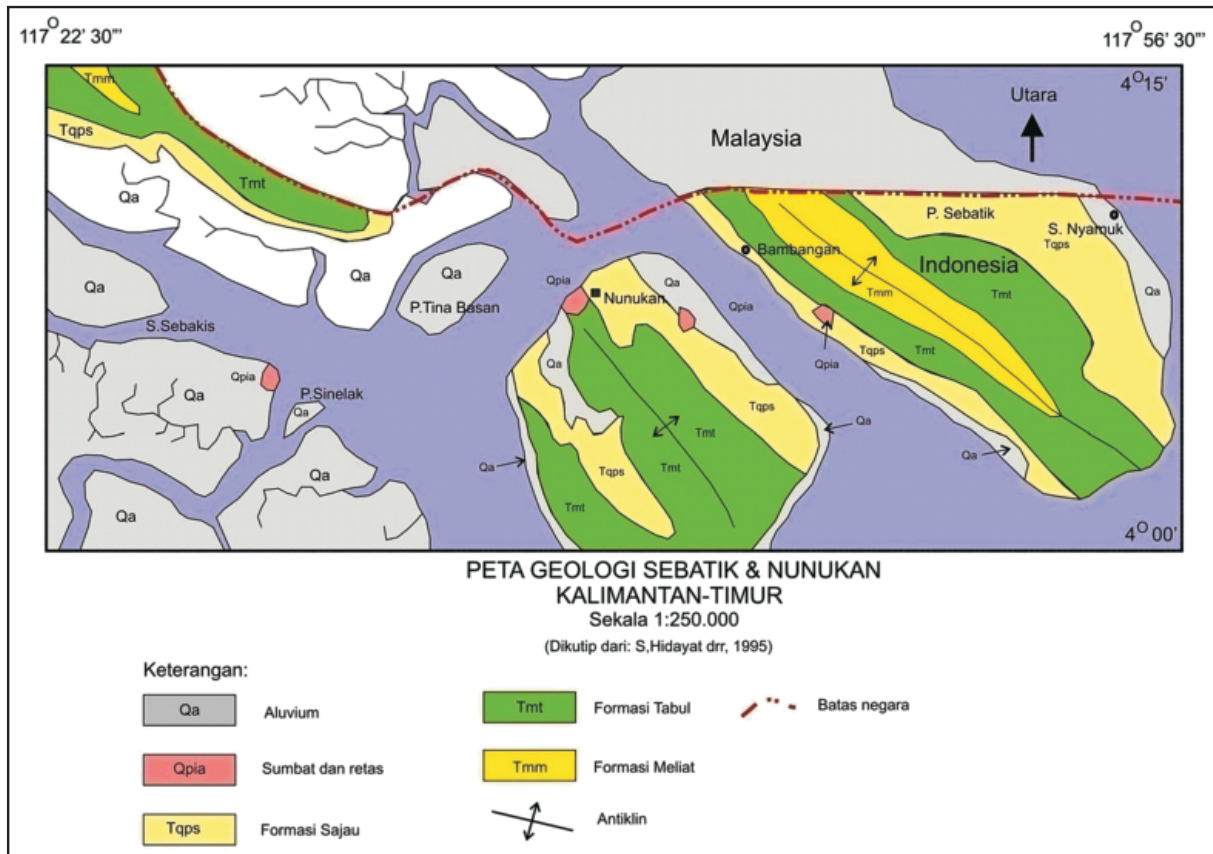
Secara regional, Sebatik yang terletak di Kabupaten Nunukan-Provinsi Kalimantan Timur, merupakan bagian dari Cekungan Tarakan. Cekungan ini dipisahkan di bagian selatan dengan Cekungan Kutai oleh Tinggian Mangkalihat, di utara dengan Sabah (Malaysia), di barat oleh Cekungan Embaluh Utara dan di timur dibatasi oleh Selat Makassar (Badan Geologi, 2009).

Berdasarkan relief topografis, litologi dan struktur geologi, morfologi daerah Sebatik dibedakan men-

jadi 2 satuan morfologi, yakni Satuan Morfologi Perbukitan dan Satuan Morfologi Pedataran. Satuan Morfologi Perbukitan terletak di tengah pulau Sebatik yang memanjang ke arah barat laut-tenggara, dengan ketinggian antara 50-100 m di atas permukaan laut (dpl). Satuan morfologi tersusun oleh perselingan batupasir kasar-menengah dan serpih Formasi Meliat (Tmm) berumur Miosen Tengah. Sementara itu, Satuan Morfologi Pedataran tersusun oleh batulempung abu-abu dan batupasir halus Formasi Tabul (Tmt) berumur Miosen Atas dan endapan aluvial pantai berumur Kuartar, dengan ketinggian antara 1-50 m dpl, yang menempati bagian barat, timur dan selatan pulau ini.

Berdasarkan penelitian geologis Hidayat dkk (1995; Gambar 2), daerah Sebatik merupakan antiklin berarah barat laut-tenggara. Stratigrafi daerah ini tersusun oleh Formasi Meliat (Tmm) berumur Miosen Tengah, Formasi Tabul (Tmt) Miosen Akhir, Formasi Sajau (Tqps) Plio-Plistosen, kemudian secara tidak selaras endapan aluvial (Qa) Holosen serta sumbat dan retas andesit dan basal (Qpia). Formasi Meliat terdiri atas perselingan batupasir, batulempung dan serpih dengan sisipan batubara, yang diendapkan di lingkungan laut dangkal hingga delta atau paralik, dengan ketebalan maksimum 1.000 m. Formasi ini ditindih secara selaras oleh Formasi Tabul yang batuanannya tersusun oleh batulempung, batulumpur, batupasir, batugamping dan batubara di bagian atas, dengan lingkungan pengendapan delta sampai dengan laut dangkal dan ketebalan formasi ini mencapai 600 m. Di atas formasi ini diendapkan secara tidak selaras Formasi Sajau yang batuanannya tersusun oleh batupasir kuarsa, batulempung, batulanau, batubara dan konglomerat yang diendapkan pada lingkungan pengendapan fluvial hingga delta. Ketebalannya berkisar antara 600-2.000 m. Selanjutnya, di atas formasi ini, secara tidak selaras diendapkan aluvium. Selain itu, juga terdapat batuan terobosan andesit dan basal Plistosen.

Endapan batubara di daerah penelitian terdiri atas 4 lapisan, yakni (mulai dari bawah) lapisan A (2,00 m), B (1,00 m), C (2,00 m) dan D (0,30-0,45 m). Lapisan A, B dan C termasuk dalam Formasi Meliat (Tmm) dengan kedudukan perlapisan batuan N340°E/15°. Sementara itu, lapisan D terdapat dalam Formasi Tabul (Tmt) dengan kedudukan N120°E/45°. Seluruh lapisan batubara ini, kecuali lapisan D, sudah dieksploitasi oleh perusahaan tambang swasta nasional seperti terlihat dalam Gambar 3.



Gambar 2. Peta geologi daerah Sebatik dan Nunukan (Hidayat dkk., 1995)

HASIL

Berdasarkan pada pengamatan secara langsung di daerah penelitian, keterdapatannya seluruh lapisan batubara Sebatik berasosiasi dengan batulempung dan serpih. Pengamatan megaskopis terhadap seluruh singkapan batubara memperlihatkan bahwa secara umum batubara tersebut berlitotipe agak cerah (*bright banded*) dan cerah (*bright*). Litotipe lainnya seperti kusam (*dull*) dan agak kusam (*dull banded*) jarang sekali ditemukan. Hal ini memang sudah menjadi karakteristik batubara di Kalimantan, bahkan di seluruh Indonesia, bahwa batubara Indonesia didominasi oleh litotipe cerah dan agak cerah (Santoso dan Daulay, 2005; Daulay dan Santoso, 2008; Suarez-Ruiz dan Crelling, 2008; Belkin dkk., 2009).

Secara petrografis, batubara Sebatik didominasi oleh vitrinit (82,3-88,1%), diikuti oleh liptinit (3,0-11,7%), inertinit (2,5-4,5%) dan mineral (1,8-4,4%), seperti terlihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Mineral yang terdapat dalam batubara ini adalah mineral lempung, kuarsa, kalsit dan pirit. Seperti halnya dengan fenomena litotipe di atas, batubara Indonesia secara umum didominasi oleh vitrinit, dengan sedikit kandungan liptinit, inertinit dan mineral (Thomas, 2002; Santoso dan Daulay, 2005; Daulay dan Santoso, 2008; Belkin dkk., 2009; Suwarna dan Kusumahbrata, 2010; Singh dkk., 2010). Sekalipun demikian, di Jambi (Cekungan Sumatera Selatan) terdapat batubara dengan kandungan inertinit yang cukup tinggi, yang secara megaskopis memperlihatkan litotipe kusam hingga agak kusam (Ningrum dan Santoso, 2009). Dengan demikian, kenampakan secara kasat mata terlihat perbedaan antara batubara Sebatik atau Indonesia (cerah) dan batubara Jambi (kusam).

Hasil pengukuran reflektansi vitrinit (R_{vmax}) terhadap batubara Sebatik tersaji pada Tabel 2. Nilai reflektansi vitrinit terhadap telovitrinit berkisar antara 0,39-0,55%, detrovitrinit antara 0,37-0,54% dan vitrinit antara 0,38-0,55%.



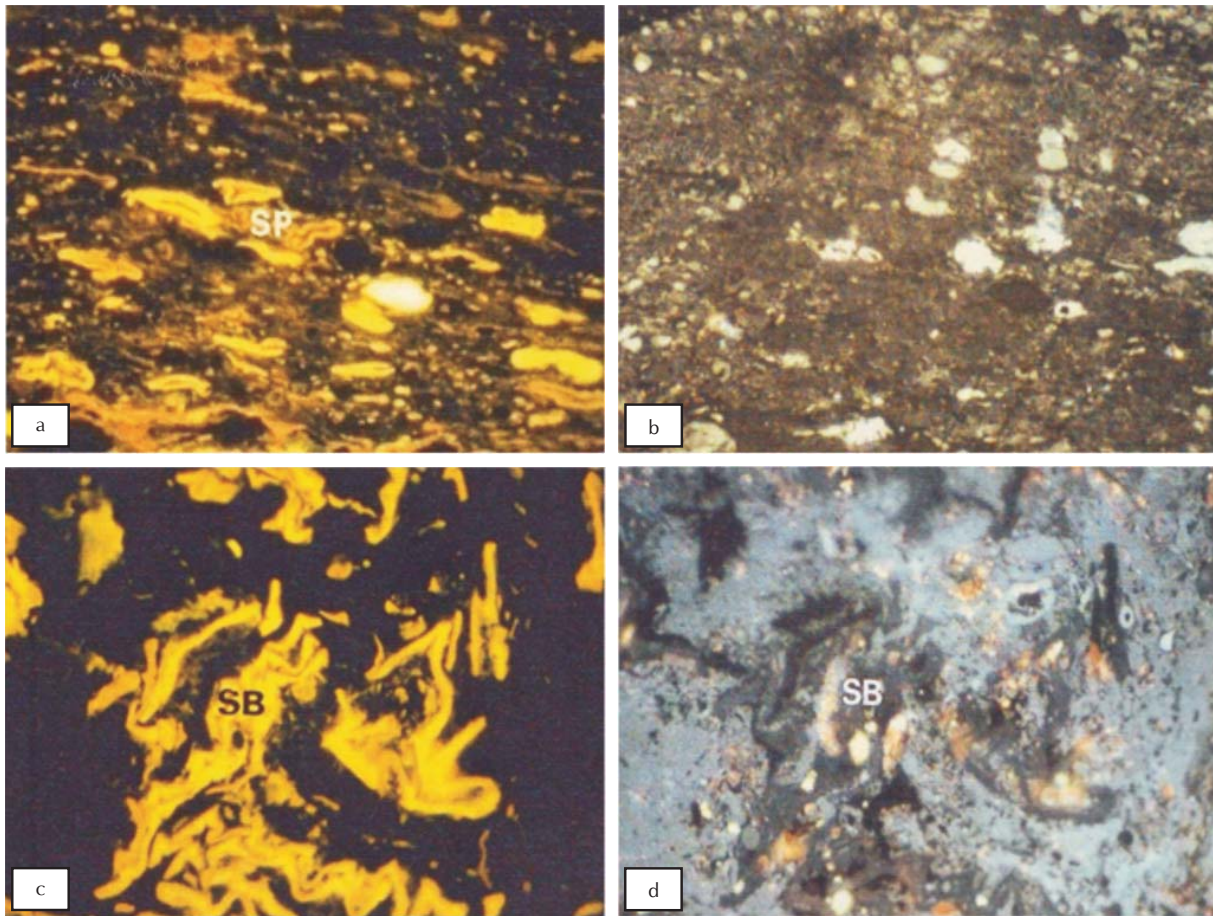
Gambar 3. Lokasi lapisan batubara di Sebatik-Nunukan, Kalimantan Timur

- Lapisan batubara A (2 meter) Formasi Meliat di Sungai Sebakis-Nunukan, ditambang oleh perusahaan tambang batubara nasional.
- Lapisan batubara B (1 meter) Formasi Meliat. Lokasi seperti di Gambar 3a.
- Lapisan C (2 meter) Formasi Meliat. Lokasi seperti di Gambar 3a.
- Lapisan D (0,30-0,45 meter) Formasi Tabul di Sebatik. Batubara ini belum pernah ditambang. Lapisannya tipis dan kemiringannya mencapai 45° .

Tabel 1. Data petrografis batubara Sebatik

LAPISAN BATUBARA	VITRINIT (%)				INERTINIT (%)				LIPTINIT (%)			
	TV	DV	GV	total	SF	SKL	INE	total	SP	KUT	RES	LIP
A	41,7	33,7	6,9	82,3	1,9	1,4	0,6	3,9	0,4	0,4	1,6	0,4
B	44,7	32,5	6,8	84	1,4	0,7	0,4	2,5	-	0,4	2,8	-
C	43,8	32,9	7,2	83,9	1,6	0,4	0,6	2,6	0,4	0,2	3,3	0,2
D	47,4	34,9	5,8	88,1	3,5	0,1	0,9	4,5	0,3	0,3	1,1	-

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



Gambar 4. Maseral batubara Sebatik

- Sporinit (SP) berasosiasi dengan detrovitrinit dan sklerotinit. Lapisan batubara A, $R_{vmax}=0,52\%$, lebar gambar 0,23 mm, sinar ultraviolet.
- Sama seperti Gambar 4a, tetapi di bawah sinar pantul.
- Suberinit (SB) memperlihatkan struktur sel pecah di dalam detrovitrinit. Lapisan batubara B, $R_{vmax}=0,53\%$, lebar gambar 0,23 mm, sinar ultraviolet.
- Sama seperti Gambar 4c, tetapi di bawah sinar pantul.

Tabel 2. Data reflektansi vitrinit ($R_{vmax}\%$) batubara Sebatik

No.	TV (%)	DV (%)	VIT (%)	KISARAN (%)	PERINGKAT (ASTM, 2009)
A	0,53	0,52	0,52	0,46-0,56	Subbit. A
B	0,53	0,52	0,53	0,50-0,59	Subbit. A
C	0,55	0,54	0,55	0,51-0,60	Subbit. A
D	0,39	0,37	0,38	0,33-0,45	Lignit

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

PEMBAHASAN

Pada umumnya, seluruh lapisan batubara Sebatik diapit oleh batulempung dan serpih yang relatif tebal. Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan batubara tersebut terbentuk dalam kondisi rawa-rawa basah dan lingkungan reduksi dengan genangan air yang tenang (Diessel, 1992). Kondisi basah ini juga diperkuat oleh lingkungan pengendapan batubara tersebut, yakni laut dangkal hingga delta atau paralik (Hidayat dkk., 1995).

Litotipe batubara Sebatik didominasi oleh kilap cerah dan agak cerah serta jarang sekali kilap kusam dijumpai pada batubara ini. Litotipe cerah ini memperlihatkan bahwa batubara di daerah penelitian ini terbentuk dalam lingkungan rawa-rawa yang basah dan senantiasa digenangi oleh air (Diessel, 1992; Jelonek dkk., 2007; Toprak, 2009; Belkin dkk., 2009; Scott, 2002; Moore, T.A. dan Shearer, 2003; Singh dkk., 2010).

Komposisi maseral batubara Sebatik didominasi oleh kelompok maseral vitrinit, yang terdiri atas telovitrinit dan detovitrinit. Kehadiran vitrinit ini menunjukkan bahwa batubara di daerah ini berasal dari tetumbuhan tipe hutan di daerah tropis, yang diendapkan pada rawa-rawa hutan basah dengan sistem pengawetan jaringan kayu yang baik dengan kondisi penumpukan tetumbuhan yang cepat. Batubara seperti tipe ini yang didukung oleh kandungan mineral lempung yang tinggi, pada umumnya terbentuk pada lingkungan fluvial dan delta (Diessel, 1992; Scott, 2002; Moore dan Shearer, 2003; Belkin dkk., 2009).

Semifusinit terbentuk pada kondisi oksidasi lemah di permukaan gambut. Semifusinit ini berasal dari tetumbuhan kayu pada keadaan oksidasi kering. Sklerotinit berasal dari jamur, yang menandakan bahwa maseral ini terbentuk pada kondisi oksidasi yang lembab. Inertodetrinit berasal dari perombakan inertinit. Inertinit ini mengindikasikan bahwa pengendapan batubara di daerah ini terjadi pada cekungan dangkal dengan kondisi oksidasi dan gambut yang terbentuk sering muncul pada permukaan dan udara terbuka (Scott, 2002; Crosdale dkk., 2002; Moore dan Shearer, 2003; Diessel, 2010; Hower dkk., 2011).

Kandungan suberinit yang tinggi sangat umum ditemukan pada percontoh batubara di daerah ini. Hal ini menunjukkan bahwa batubara ini terbentuk pada kondisi pembatubaraan yang cepat (Scott, 2002; Moore dan Shearer, 2003).

Mineral yang terkandung dalam batubara ini terdiri atas mineral lempung, kuarsa, pirit dan karbonat. Keberadaan mineral lempung ini menunjukkan lingkungan pengendapan air tawar pada saat pengendapan gambut (Ward, 2002; Turner dan Richardson, 2004; Susilawati dan Ward, 2006; Widodo dkk., 2010). Mineral lempung ini merupakan mineral singenetik, yang artinya terbentuk bersama-sama pengendapan gambut selama pembatubaraan awal. Sebagian kecil mineral lempung ini dikategorikan sebagai mineral epigenetik, yang artinya terbentuk setelah terjadi kompaksi dan konsolidasi gambut. Mineral lempung epigenetik ini biasanya mengisi pada celah-celah atau rekahan batubara. Kuarsa di dalam batubara ini juga umumnya dikategorikan sebagai mineral singenetik, namun sebagian kecil dikategorikan sebagai mineral epigenetik. Kuarsa epigenetik ini masuk dalam gambut akibat limpahan banjir dari suatu kanal atau bisa juga karena diterbangkan oleh angin (Ward, 2002; Turner dan Richardson, 2004). Pirit terdapat dalam bentuk butiran dan umumnya mengisi ke dalam vitrinit. Pirit ini dikategorikan sebagai mineral epigenetik. Kalsit juga dikategorikan sebagai mineral epigenetik, terbentuk dalam rekahan-rekahan batubara.

Nilai reflektansi vitrinit batubara Sebatik berkisar antara 0,39-0,55%. Berdasarkan klasifikasi ASTM (2009), batubara ini berperingkat dari lignit (lapisan D-Formasi Tabul, Miosen Akhir) hingga subbituminus A (lapisan A, B dan C-Formasi Meliat, Miosen Tengah). Perbedaan peringkat batubara ini ditafsirkan sebagai efek intrusi andesit di sekitar daerah penelitian ini terhadap lapisan batubara A, B dan C. Fenomena ini mendukung hasil penelitian beberapa penyelidik geologi batubara yang melaksanakan kegiatan serupa (Hower and Gayer, 2002; Susilawati and Ward, 2006; Hackley dan Martinez, 2007; Stukalova dan Rusinova, 2007; Belkin dkk, 2009; Sarana dan Kar, 2011).

KESIMPULAN

Penelitian ini berusaha keras agar dapat menyumbang data petrografi batubara daerah Sebatik-Kalimantan Timur (lapisan batubara A, B dan C, Formasi Meliat, Miosen Tengah; lapisan D, Formasi Tabul, Miosen Akhir). Kesimpulan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Lapisan-lapisan batubara Sebatik, secara umum diapit oleh batulempung, yang dalam hal ini mengindikasikan bahwa batubara ini terbentuk oleh kondisi rawa basah akibat limpahan banjir dari suatu sungai.

2. Secara megaskopis, batubara Sebatik didominasi oleh litotipe cerah, dan jarang sekali ditemukan litotipe kusam. Ini berarti bahwa batubara ini terendapkan dalam kondisi rawa basah dan lingkungan reduksi. Keterdapatannya sedikit litotipe kusam merefleksikan bahwa batubara ini terbentuk di atas permukaan air rawa-rawa dan bersuasana oksidasi.
3. Secara mikroskopis, batubara Sebatik didominasi oleh vitrinit, diikuti liptinit, inertinit dan mineral. Dominasi vitrinit ini memperlihatkan bahwa batubara ini terbentuk dalam rawa basah. Sebaliknya, kehadiran sedikit inertinit merefleksikan kondisi rawa kering. Mineral lempung dan kuarsa mewakili kondisi limpah banjir, pirit dan kalsit mewakili air laut yang masuk ke daratan. Lingkungan pengendapan batubara ini adalah paralik-delta-fluviatil.
4. Peringkat batubara memperlihatkan sedikit perbedaan (lignit dan subbituminus A). Peringkat batubara yang lebih tinggi ini (subbituminus A terhadap lignit) terjadi akibat efek intrusi andesit yang terjadi di daerah sekitar penelitian ini.
5. Berdasarkan pada butir 1 hingga 3, ada hal penting yang perlu mendapat perhatian, yakni ada korelasi erat antara lapisan pengapit batubara, litotipe, maseral dan mineral, yang semuanya menyatakan bahwa batubara ini terbentuk pada lingkungan rawa basah bersuasana reduksi dalam sistem lingkungan pengendapan paralik-delta-fluviatil.
6. Tipe dan peringkat batubara yang sedikit berbeda ini terjadi akibat aspek-aspek geologis pengontrolnya, terutama adalah lingkungan pengendapan, intrusi dan umur geologi.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Badan Geologi, 2009. *Peta cekungan sedimen Indonesia skala 1:5.000.000 berdasarkan data gaya berat dan geologi*.
- 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., 1992. *Coal-bearing depositional systems*. Springer-Verlag, 721 p.
- Diessel, C.F.K., 2010. The stratigraphic distribution of inertinite. *International Journal of Coal Geology*, vol.81, p. 251-268.
- Hackley, P.C. and Martinez, M., 2007. Organic petrology of Paleocene Marcelina Formation coals, Paso Diablo mine, western Venezuela: tectonic controls on coal type. *International Journal of Coal Geology*, vol.71, p. 505-526.
- Hidayat, S., Amirudin dan Satrianas, D., 1995. *Peta geologi lembar Tarakan dan Sebatik, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Hower, J.C. and Gayer, R.A., 2002. Mechanism of coal metamorphism: case studies from Paleozoic coalfields. Hackley, P.C. and Martinez, M., 2007. Organic petrology of Paleocene Marcelina Formation coals, Paso Diablo mine, western Venezuela: tectonic controls on coal type. *International Journal of Coal Geology*, vol.50, p. 215-245.
- 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.
- Jelonek, I., Kruszewska, K.J. and Filipiak, P., 2007. Liptinite as an indicator of environmental changes during formation of coal seam no.207 (Upper Silesia, Poland). *International Journal of Coal Geology*, vol.71, p. 471-487.
- 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.

- 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 Formation 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.
- 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 Arahan, 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.