



Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN

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



Volume 16, No.3
Desember 2018

BATUBARA FORMASI STEENKOOI DI DAERAH RANSIKI, PAPUA

Djadjang Jedi Setiadi, Syaiful Alam, Nurdrajat, Budi Muljana, Reza Moh. Ganjar Gani, Yusi Firmansyah
Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

ABSTRACT

This paper presents the results of a reconnaissance survey on one of the least hitherto known coal deposits in Indonesia, i.e., the coal deposits of the Steenkool Formation (latest Miocene – Pleistocene) cropped out in Ransiki, Bird's Head area, Papua. Field studies suggests that the Steenkool coal may be divided into three types, i.e., the bright, banded-bright, and dull coals. Megascopically, the coals are black with brown streak and having planar to conchoidal cleats. Pyritic sulphur grains have occasionally been observed on the cleats. The thickness of coal seams in the study area ranges from several centimeter up to about 3 m; some of them have been parted by carbonaceous shale partings (generally less than 20 cm thick). The coal seams are usually floored and roofed by carbonaceous shale, though fine sand roofs and floors have also been observed at several places. Laboratory analysis on 13 selected coal samples suggests that, in general, the Steenkool coal has a total moisture < 3% adb, ash content < 5% adb, volatile content > 40%, fixed carbon > 45%, and total sulphur < 1%. All samples having calorific value > 5000 kal/g. In summary, this study suggests several important points regarding to the Steenkool coal deposit. Firstly, most of the Steenkool coal may actually of subbituminous type; they are not lignite as the hitherto known. Secondly, field and laboratory data indicates that the Steenkool coal is likely having a better quality than the previously reported. Finally, the geology of the coal-bearing Steenkool Formation should be studied further in detailed to assess its economic value.

Keywords: Steenkool Formation, Coal, Papua

ABSTRAK

Makalah ini menyajikan hasil penelitian terhadap salah satu endapan batubara yang belum banyak dikenal dalam literatur geologi Indonesia, yakni batubara Formasi Steenkool (akhir Miosen – Plistosen) yang ada di daerah Ransiki, Kepala Burung, Papua. Hasil penelitian lapangan menunjukkan bahwa batubara Formasi Steenkool dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yakni *bright coal*, *banded bright coal*, dan *dull coal*. Batubara tersebut umumnya berwarna hitam dengan gores coklat, dan keras. Belerang kadang-kadang ditemukan mengisi bidang pecah planar hingga *conchoidal* yang berkembang didalamnya. Lapisan-lapisan batubara Formasi Steenkool di daerah Ransiki memiliki ketebalan yang sangat bervariasi, mulai dari beberapa centimeter hingga hampir 3 m. Sebagian diantaranya mengandung *parting* serpih karbonan dengan ketebalan umumnya kurang dari 20 cm. Lapisan-lapisan batubara umumnya diapit oleh lapisan serpih karbonan, meskipun ada sebagian diantaranya yang dialasi atau ditutupi oleh lapisan batupasir halus. Hasil penelitian laboratorium terhadap 13 sampel terpilih mengindikasikan bahwa batubara Formasi Steenkool umumnya memiliki kelembapan rata-rata < 3% adb, kadar abu rata-rata < 5%, kadar volatil rata-rata > 40%, kandungan karbon tertambat rata-rata > 45%, dan kadar belerang rata-rata < 1% dengan nilai kalor > 5000 kal/g. Penelitian ini mengungkapkan hasil yang berbeda dengan laporan yang selama ini diterima mengenai batubara Formasi Steenkool. Pertama, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hampir semua batubara Formasi Steenkool di daerah penelitian merupakan *high-volatile subbituminous coal*, bukan lignit sebagaimana dilaporkan selama ini. Kedua, batubara Formasi Steenkool memiliki kualitas yang cukup baik. Hal itu terlihat dari bukti fisik sebagaimana terlihat di lapangan dan dari hasil penelitian laboratorium yang menunjukkan bahwa semua sampel memiliki nilai kalor lebih dari 5000 kal/g. Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa batubara Formasi Steenkool layak diteliti lebih lanjut dan seksama untuk mengetahui potensi endapan batubara di wilayah Kepala Burung, Papua, dan untuk mengkaji nilai ekonomis yang mungkin dimilikinya.

Kata kunci: Formasi Steenkool, Batubara, Papua

PENDAHULUAN

Meskipun lebih dari 90% produksi batubara bahan bakar (*steam coal*) Indonesia berasal dari Pulau Sumatra dan Kalimantan, namun bahan galian itu juga sebenarnya ditemukan di beberapa pulau lain seperti Jawa, Sulawesi, dan Irian. Sebagian besar endapan batubara di luar Pulau Sumatra, Jawa, dan Kalimantan masih belum diteliti secara memadai sehingga nilai ekonomisnya pun masih belum dapat dikaji secara mendalam. Keadaan seperti itu kurang menguntungkan mengingat batubara tidak hanya berpotensi sebagai bahan bakar, namun juga memiliki potensi untuk berperan sebagai batuan induk hidrokarbon (*hydrocarbon source rock*) atau sebagai penghasil gas metana (*coalbed methane*). Karena itu, penelitian terhadap endapan batubara yang sekarang dianggap sebagai sumberdaya marginal dari kacamata tambang batubara bahan bakar perlu terus dilakukan untuk melihat potensinya dari sudut pandang yang berbeda.

Dengan latar belakang pemikiran seperti itu, penulis bergabung dengan satu tim peneliti untuk mencoba menelaah salah satu endapan batubara yang sampai saat ini masih belum dikenal luas, yakni endapan batubara di daerah Ransiki, Kepala Burung, Propinsi Papua (gambar 1). Penelitian endapan batubara tersebut masih dalam tahap pendahuluan dan, sebagaimana yang akan dipaparkan dalam makalah ini, hasil penelitian tersebut mengindikasikan perlunya dilakukan penelitian yang lebih intensif terhadap endapan tersebut, terutama dengan menggunakan berbagai metoda penelitian bawah permukaan.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Sebagaimana telah dikemukakan di atas, keberadaan dan karakter batubara di daerah Ransiki boleh dikatakan masih belum terungkap dengan jelas. Informasi yang ada sebelum penelitian ini tidak lebih dari beberapa keterangan singkat mengenai penemuan satu dua lapisan batubara di sebelah utara Danau Gita dan di sekitar Kampung Horna (Visser dan Hermes, 1962; Pieters dkk, 1990).

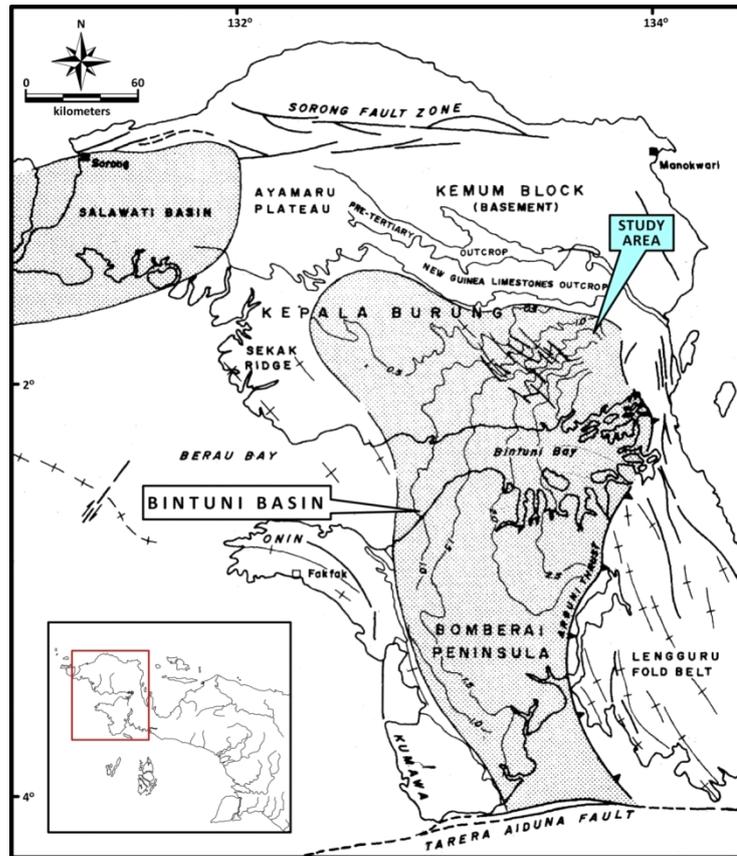
Berbekal informasi yang demikian terbatas, tim peneliti yang diterjunkan ke daerah Ransiki memutuskan bahwa penelitian awal yang akan dilakukan merupakan penelitian eksploratif berupa survei tinjau (*reconnaissance survey*) untuk memetakan lokasi singkapan batubara, meneliti karakter batubara di setiap lokasi penemuan, kemudian melakukan analisis laboratorium terbatas untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan kimia sumberdaya tersebut. Diharapkan bahwa hasil survei tinjau ini dapat menjadi salah satu bahan pertimbangan untuk melakukan penelitian yang lebih sistematis di masa mendatang.

Survei tinjau tersebut di atas dilaksanakan dengan menggunakan metoda-metoda studi geologi lapangan yang relatif baku, termasuk metoda pengukuran kolom stratigrafi dengan bantuan kompas, klinometer, dan pita ukur (Lahee, 1952; Low, 1957; Compton, 1962, 1985; Kottowski, 1965; McClay, 1987; Barnes, 1995; Tucker, 1996). Sampel yang dikumpulkan dari lapisan batubara terpilih berupa *channel samples* yang mencakup semua bagian lapisan batubara, mulai dari bagian atas hingga bawah, dengan menggunakan teknik pengumpulan *channel samples* batubara sebagaimana dipaparkan Ward (1984) dan Thomas (1992).

Penelitian laboratorium terhadap batubara berupa analisis proksimat yang mencakup penentuan kadar air lembab (*moisture content*), kadar abu (*ash content*), kadar volatil (*volatile content*), kadar karbon tertambat (*fixed carbon*), kadar total belerang (*total sulphur*), dan nilai kalor (*calorific value*) dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Batubara Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (TekMira) yang berkedudukan di Bandung. Satu sampel yang sama dikirim ke Laboratorium PT. Sucofindo, Jakarta, sebagai pembandingan terhadap hasil analisis yang diperoleh dari TekMira.

GEOLOGI REGIONAL

Pigram dkk (1982) serta Pieters dkk (1983, 1990) sepakat bahwa di bagian timur Kepala Burung dapat dikenal adanya 5 (lima) mandala geologi (gambar 1 dan 2), yakni:

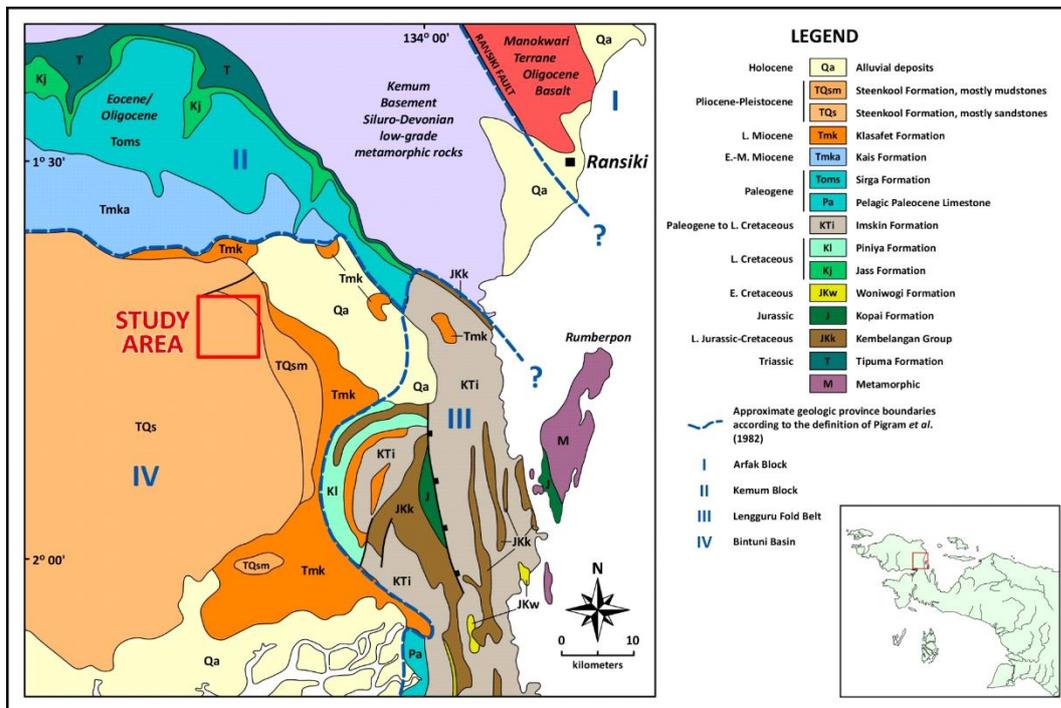


Gambar 1. Lokasi penelitian dalam konstelasi tatanan geologi regional Kepala Burung, Papua (dari Chevallier dan Bordenave, 1986, dengan sejumlah perubahan).

- Blok Kemum;
- Blok Arfak;
- Mintakat Leher Burung;
- Cekungan Bintuni; dan
- Sistem Sesar Ransiki.

Sebagaimana diperlihatkan pada gambar 1 dan 2, daerah penelitian termasuk ke dalam Mandala Cekungan Bintuni atau lebih tepatnya merupakan bagian sisi timurlaut Cekungan Bintuni. Karena itu, pembahasan mengenai tatanan geologi regional di bawah ini akan dibatasi pada pembahasan mengenai stratigrafi dan struktur Cekungan Bintuni, khususnya bagian timur cekungan tersebut. Sebelum membahas lebih jauh tentang tatanan stratigrafi dan struktur Cekungan Bintuni, perlu kiranya ditegaskan bahwa yang

penulis maksud dengan Cekungan Bintuni adalah cekungan yang batasannya telah dipaparkan oleh Pigram dkk (1982), Chevallier dan Bordenave (1986), serta Pieters dkk (1990). Hal itu perlu dimaklumi karena para ahli menetapkan batasan Cekungan Bintuni dengan cara yang berbeda-beda, bahkan tidak jarang ditemukan adanya ketidakajegan dalam menjelaskan proses pembentukan atau pengisiannya (sebagai contoh, lihat Visser dan Hermes, 1962; Koesoemadinata, 1976; Collins dan Qureshi, 1977; Pigram dan Panggabean, 1981; Pigram dkk, 1982; Chevallier dan Bordenave, 1986; Perkins & Livsey (PL), 1993; O'Sullivan dkk, 1995; Hobson dkk, 1997; Sutriyono dkk, 1997; Hill dkk, 2001; Satyana dkk, 2007).



Gambar 2. Peta geologi regional bagian timurlaut Cekungan Bintuni dan daerah sekitarnya. Dikompilasi dan disederhanakan berdasarkan karya tulis Pigram dkk (1982), Pieters dkk (1990), serta Hill dkk (2001).

Stratigrafi

Dengan batasan Cekungan Bintuni seperti yang dipaparkan oleh Pigram dkk (1982) serta Chevalier dan Boredave (1986), material Cekungan Bintuni mencakup Formasi Klasafet, Formasi Steenkool, dan Formasi Sele (gambar 3). Satuan batuan tertua pengisi Cekungan Bintuni dikenal dengan nama Formasi Klasafet. Sebagaimana dipaparkan oleh Pieters dkk (1990), satuan itu disusun oleh batunapal, batulumpur gampingan, dan serpih dengan sedikit sisipan batupasir gampingan, kalkarenit, dan kalsirudit. Di beberapa bagian ditemukan pula sejumlah kecil sisipan konglomerat gampingan. Runtunan batuan tersebut diyakini diendapkan pada lingkungan paparan laut terbuka yang berkembang di dekat ongkongan karbonat. Sebagian batuan penyusun Formasi Klasafet diyakini diendapkan pada lingkungan *euxinic* yang relatif dalam.

Dari sejumlah sampel yang terkumpul, Formasi Klasafet diketahui mengandung fosil ganggang, foraminifera bentonik, dan foraminifera planktonik. Sebagian diantara batuan itu juga mengandung kepingan moluska. Berdasarkan fosil foraminifera planktonik kunci yang ada didalamnya—*Globigerina apertura*, *Globoquadrina venezuelana*, *Globorotalia acostaensis*, *Globigerina mayeri*, *Globigerina menardii*, *Hastigerina sp.*, dan *Sphaeroidinellopsis sp.*—Rahardjo (1975, dalam Pieters dkk, 1990)

menyimpulkan bahwa Formasi Klasafet berumur Miosen Akhir.

Formasi Klasafet ditindih oleh Formasi Steenkool. Hubungan antara kedua satuan ini beragam, sesuai dengan posisinya di dalam cekungan. Di bagian tepi utara dan timur Cekungan Bintuni, hubungan antara kedua satuan itu berupa ketidakselarasan. Ke arah tengah cekungan, hubungan itu berubah menjadi selaras. Di beberapa bagian cekungan, Formasi Steenkool terlihat menumpang di atas batuan penyusun Blok Kemum dan batuan penyusun Sabuk Lipatan Lengguru.

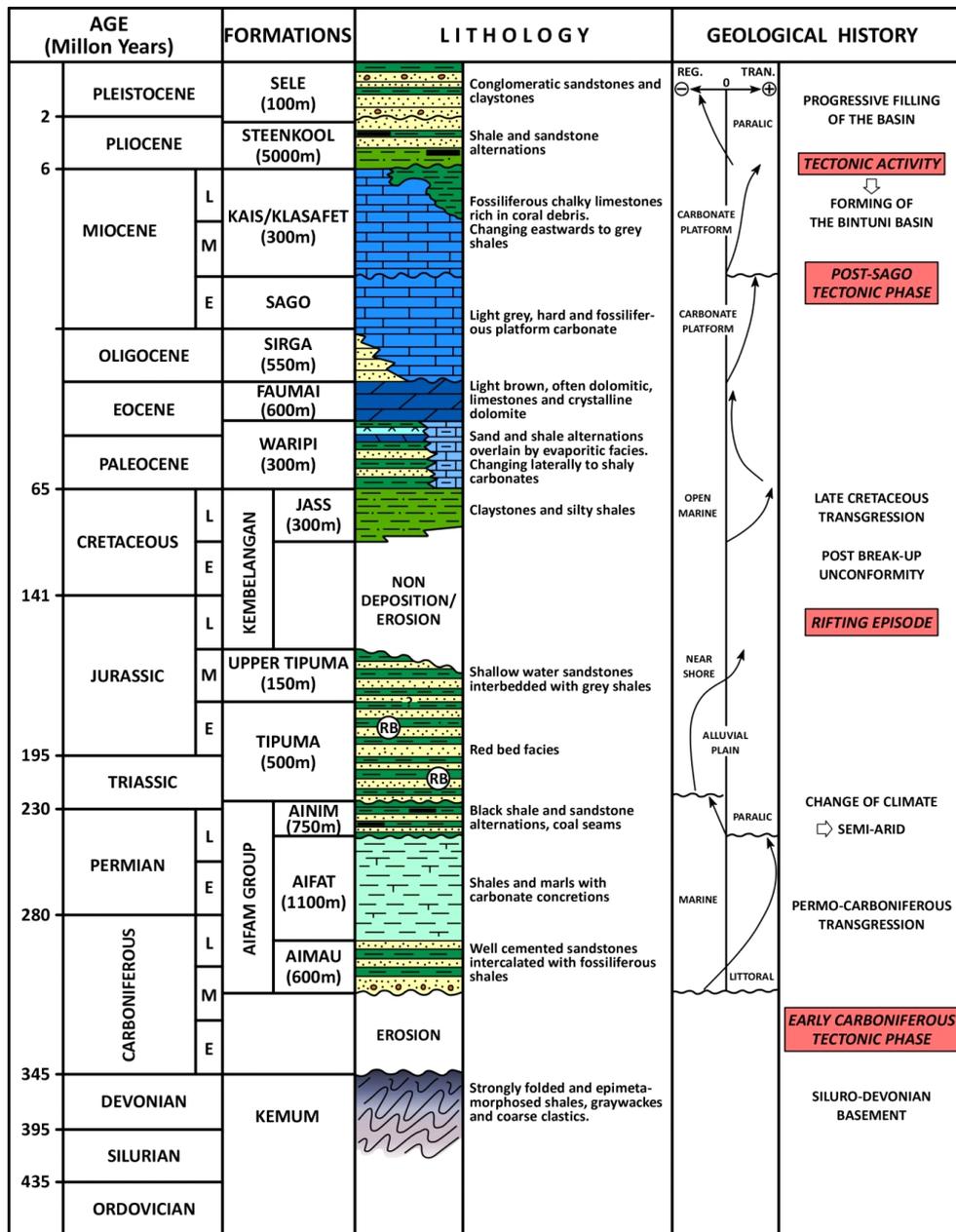
Formasi Steenkool, yang merupakan endapan utama dalam Cekungan Bintuni, disusun oleh batupasir, batulumpur, batulanau, dan konglomerat dengan sisipan kalkarenit dan batubara. Berdasarkan dominasi tipe litologi penyusunnya, Pieters dkk (1990) membagi Formasi Steenkool menjadi dua "anggota", yakni "anggota" yang didominasi oleh batupasir (satuan TQss pada gambar 2) dan "anggota" yang didominasi oleh batulumpur (satuan TQsm) pada gambar 2). Batuan penyusun satuan ini ditafsirkan sebagai endapan yang terbentuk pada lingkungan yang beragam, mulai dari lingkungan delta hingga lingkungan paralik.

Sebagian batuan penyusun Formasi Steenkool mengandung fosil foraminifera bentonik serta keratan moluska dan koral. Berdasarkan fosil yang terkandung didalamnya, dan dengan mempertimbangkan posisi relatifnya terhadap Formasi Klasafet

yang ditidihnya, Formasi Steenkool ditafsirkan berumur akhir Miosen hingga Plistosen. Di bagian timur Cekungan Bintuni, Formasi Steenkool ditidih secara tidak selaras oleh Formasi Tusuwai yang berumur Plistosen. Satuan yang disebut terakhir ini disusun oleh batupasir dan konglomerat polimiktos dengan sejumlah kecil sisipan batulumpur. Satuan ini ditafsirkan sebagai endapan kipas aluvial.

Struktur

Batuan di bagian tengah Cekungan Bintuni terdeformasi untuk membentuk sebuah zona lipatan dengan lebar sekitar 25 km. Lipatan-lipatan pada zona itu umumnya berarah barat-laut-tenggara, meskipun di beberapa tempat ada juga yang terlipat pada arah barat-timur. Lipatan-lipatan tersebut umumnya cukup panjang dan dapat ditelusuri hingga jarak beberapa puluh kilometer. Lebar lipatan itu berkisar antara 10 hingga 12 km.



Gambar 3. Stratigrafi bagian timur Kepala Burung, Papua, menurut Chevallier dan Berdenave (1986).

Antiklin pada zona lipatan tersebut di atas umumnya merupakan lipatan asimetris dengan sayap utara yang relatif landai (kemiringan maksimum sekitar 15°), sedangkan sayap selatan umumnya lebih

curam (kemiringan umumnya hingga sekitar 30°, meskipun di beberapa tempat ada yang mencapai sekitar 60°). Lipatan-lipatan di Cekungan Bintuni terpotong oleh sejumlah sesar mendatar

yang berarah barat laut-tenggara, utara-selatan, hingga timurlaut-baratdaya. Sesar-sesar itu umumnya relatif pendek (panjang rata-rata sesar itu tidak lebih dari 10 km).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Semua batuan yang ditemukan di daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Steenkool. Batuan-batuan itu berupa batupasir, serpih, batulanau, batulempung, dan batubara. Gambar 4 merupakan kolom stratigrafi yang memperlihatkan urutan batuan penyusun Formasi Steenkool di Sungai Titenyi yang terletak di bagian utara daerah penelitian.

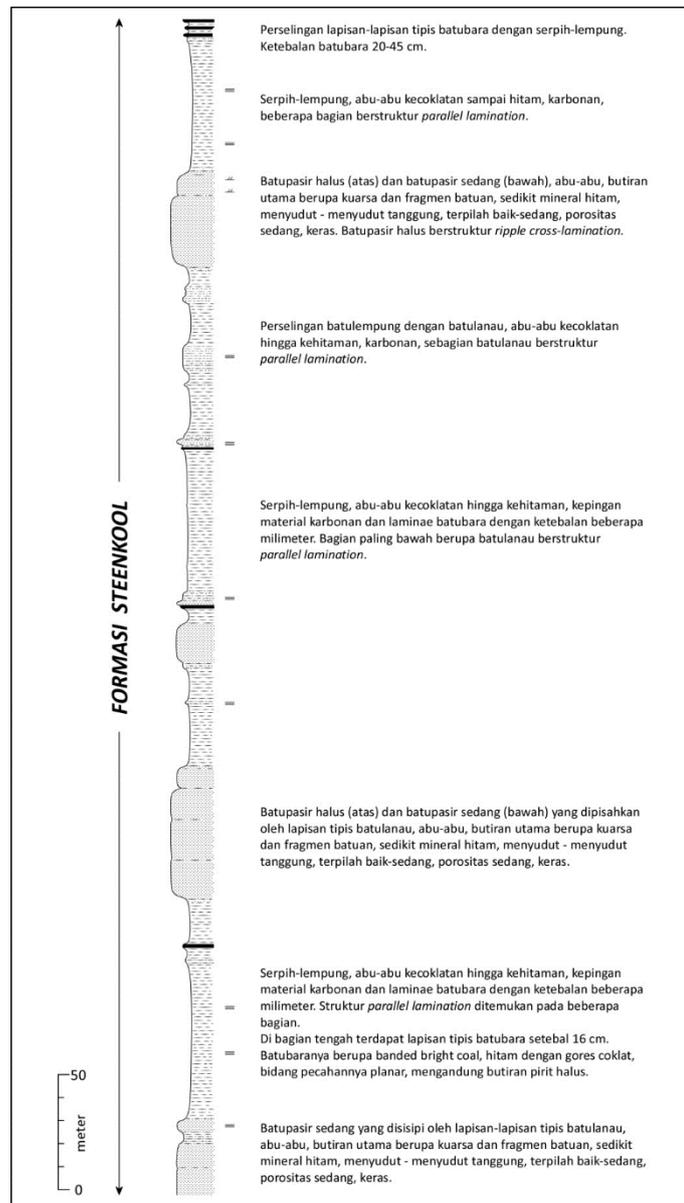
Batupasir di daerah penelitian umumnya berbutir halus sampai sedang. Hanya beberapa lapisan saja yang merupakan batupasir kasar. Semua batupasir itu berwarna abu-abu (segar) hingga abu-abu kehitaman dengan kuarsa dan fragmen batuan sebagai material penyusun utama. Mineral gelap dan potongan material karbonan ditemukan dalam beberapa lapisan. Butiran penyusunnya hampir seragam, dengan bentuk butir yang bervariasi, mulai dari menyudut tanggung sampai membundar tanggung. Pada singkapan yang segar, tubuh-tubuh batupasir itu umumnya keras. Dalam beberapa lapisan batupasir ditemukan struktur sedimen lamisasi sejajar, dan *ripple-cross lamination* berskala kecil.

Lapisan-lapisan batupasir di daerah penelitian memiliki ketebalan yang cukup bervariasi, mulai dari beberapa centimeter hingga lebih dari 1 m. Di beberapa tempat, sejumlah lapisan batupasir bertumpuk membentuk paket batupasir dengan ketebalan total lebih dari 40 m.

Serpih, batulanau, dan batulempung di daerah penelitian umumnya berwarna abu-abu kecoklatan hingga kehitaman. Serpih yang berwarna kehitaman umumnya mengandung kepingan material karbonan, bahkan kadang-kadang ada yang mengandung laminae batubara. Sebagian serpih disusun oleh perselingan lamina batulanau, batulempung, dan batupasir sangat halus yang di beberapa tempat berkembang sedemikian rupa untuk membentuk struktur *flaser bedding*, *wavy bedding*, atau *lenticular bedding*. Sebagian lapisan batulanau juga terlihat mengandung struktur laminasi sejajar.

Batuan-batuan di bagian utara daerah penelitian terlipat relatif landai untuk membentuk antiklin asimetris berarah barat-timur. Sayap selatan lipatan itu relatif curam dengan kemiringan berkisar dari 12° hingga 33°, meskipun di beberapa tempat ada yang lebih curam dari itu, terutama di sekitar zona sesar mendatar. Sayap utara antiklin lebih landai dengan kemiringan maksimum 27°. Lipatan tersebut terpotong oleh tiga sesar mendatar sinistral yang semuanya berarah timurlaut-baratdaya.

Di bagian tengah dan selatan daerah penelitian, batuan-batuan penyusun Formasi Steenkool membentuk sebuah homoklin dengan jurus baratlaut-tenggara dan miring cukup curam ke arah baratdaya. Nilai kemiringannya berkisar mulai dari 32° hingga hampir vertikal dengan nilai kemiringan rata-rata sekitar 50°. Tingginya kemiringan batuan di daerah tersebut kemungkinan terjadi karena batuan-batuan di daerah itu terpengaruh oleh gerak-gerak vertikal yang menyebabkan terbentuknya Zona Lipatan Lengguru.



Gambar 4. Kolom stratigrafi terukur Formasi Steenkool di Sungai Titenyi, Ransiki, Papua.

Walau demikian, di bagian timur dan selatan daerah penelitian tidak ditemukan indikasi-indikasi sesar.

KARAKTER BATUBARA DI DAERAH PENELITIAN

Secara megaskopis, batubara di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yakni *bright coal*, *banded-bright coal*, dan *dull coal*. Meskipun demikian, ketiga jenis batubara itu memiliki banyak kemiripan sifat megaskopis.

Bright coal di daerah penelitian berwarna hitam dengan gores coklat, mengkilap dan keras. Apabila pecah, bidang pecah umumnya planar, meskipun ada sebagian kecil yang memiliki bidang pecah *conchoidal*. Pada bidang-bidang pecah terkadang ditemukan pirit. Lapisan-lapisan *bright coal* di daerah penelitian memiliki ketebalan yang bervariasi.

Lapisan paling tebal yang pernah terukur adalah sekitar 190 cm.

Banded bright coal di daerah penelitian berwarna hitam dengan gores coklat. Batubara ini tersusun oleh perselingan pita-pita batubara yang mengkilap (*bright bands*) dan pita-pita batubara kusam (*dull bands*), dengan proporsi 3 : 2 hingga 2 : 1, dimana ketebalan total pita-pita batubara yang mengkilap lebih besar dibanding ketebalan total pita-pita batubara kusam. Pecahan batubara ini hampir seluruhnya merupakan pecahan planar. Dalam *banded bright coal* di daerah penelitian juga terkandung ditemukan butiran-butiran pirit berukuran kecil. Lapisan-lapisan *banded bright coal* di daerah penelitian memiliki ketebalan yang bervariasi, namun umumnya kurang dari 1 m. Ketebalan maksimum yang pernah terukur hampir 3 m.

Dull coal ditemukan di beberapa tempat. Batubara itu umumnya berwarna coklat kehitaman hingga hitam dengan gores coklat dan keras hingga agak lunak. Lapisan-lapisan *dull coal* di daerah penelitian relatif tipis, dengan ketebalan berkisar dari 4 cm hingga 34 cm, dan umumnya memiliki ketebalan kurang dari 20 cm.

Hasil Analisis Laboratorium

Ringkasan hasil penelitian laboratorium terhadap sampel lapisan-lapisan batubara yang terpilih adalah sebagai berikut:

- Kelembapan total (*total moisture*) berkisar mulai dari 2.06% sampai 6.08% adb, meskipun umumnya berharga kurang dari 3% adb.
- Kadar abu (*ash content*) umumnya kurang dari 5% adb. Dalam beberapa sampel ditemukan kadar abu yang tinggi (> 10% adb).
- Kadar volatil (*volatile content*) berkisar mulai dari 34.89% sampai 44.98% adb, meskipun umumnya berharga lebih dari 40% adb.
- Kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) umumnya lebih dari 45% adb. Satu sampel diantaranya, yakni sampel yang memiliki kadar abu paling tinggi, memiliki kandungan karbon tertambat paling rendah, yakni 34.91% adb.
- Kadar belerang (*total sulphur*) umumnya berharga kurang dari 1% adb. Hanya 4 sampel yang menunjukkan kadar belerang > 1% adb dan keempat sampel itu juga merupakan sampel yang diketahui memiliki kadar abu tinggi.
- Nilai kalor (*calorific value*) seluruhnya berharga lebih dari 5000 kal/g adb.

Dengan mengubah hasil penelitian laboratorium yang berbasis adb (*air-dried basis*) menjadi angka-angka berbasis dmmf (*dry, mineral matter free*) sebagaimana diuraikan Wood dkk (1983), kemudian menerapkannya pada skema klasifikasi batubara menurut ASTM (1981, dalam Gordon dkk, 1983), dapat diketahui bahwa batubara yang ditemukan di daerah penelitian hampir seluruhnya termasuk ke dalam kategori *high-volatile subbituminous coal*. Kesimpulan dari hasil penelitian laboratorium ini didukung oleh karakter megaskopis sebagaimana telah dipaparkan pada bagian sebelumnya karena karakter seperti itu lebih cenderung dimiliki oleh batubara subbituminus atau batubara bituminus.

Hasil penelitian laboratorium tersebut di atas berbeda dengan hasil penelitian selama ini yang menyatakan bahwa batubara Formasi Steenkool termasuk ke dalam kategori lignit. Hasil ini juga sekaligus membuka kesempatan untuk melakukan peninjauan

yang lebih mendalam terhadap batubara Formasi Steenkool secara keseluruhan serta untuk mengkaji nilai ekonomi yang dimilikinya.

KESIMPULAN

Hasil survei tinjau yang dilakukan terhadap batubara Formasi Steenkool di daerah Ransiki menunjukkan bahwa satuan itu kemungkinan besar mengandung lapisan-lapisan batubara dalam jumlah yang lebih banyak dibanding dengan apa yang selama ini diungkapkan dalam literatur geologi daerah tersebut.

Sebagaimana yang terlihat dari hasil penelitian lapangan dan laboratorium, batubara Formasi Steenkool juga kemungkinan memiliki kualitas yang lebih baik dibanding dengan laporan yang beredar selama ini. Secara umum, batubara itu termasuk ke dalam kategori high-volatile subbituminous coal dengan nilai kalor lebih dari 5000 kal/g.

Keseluruhan hasil penelitian sebagaimana yang telah dipaparkan di atas membuka sebuah peluang baru untuk melakukan penelitian yang lebih mendetil pada batubara Formasi Steenkool serta untuk mengkaji nilai ekonomisnya secara mendalam demi kepentingan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, J., 1995, *Basic Geological Mapping*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Chevallier, B., dan M. L., Bordenave, 1986, Contribution of geochemistry to the exploration in the Bintuni area, Irian Jaya, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 15th Annual Convention*, Vol. I, h. 439-460.
- Collins, J. L., dan M. K. Qureshi, 1977, Reef Exploration in Bintuni Basin and Bomberai Trough, Irian Jaya, *Proceedings Indonesian Petroleum Associations 6th Annual Convention*, Vol. II, h. 43-67.
- Compton, R. R., 1962, *Manual of Field Geology*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- Compton, R. R., 1985, *Geology in the Field*, New York: John Wiley & Sons.
- Hill, K. C., N. Hoffman, P. Lunt, dan R. Paul, 2001, Structure and hydrocarbons in the Sereba Block, "Bird's Neck", West Papua, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 28th Annual Convention*, Vol. I, h. 227-248.
- Hobson, D. M., A. Adnan, dan L. Samuel, 1997, The relationship between Late Tertiary basins, thrust belts and major transcurrent faults in Irian Jaya: Implications for petroleum systems throughout New Guinea, *Proceedings of the Conference on Petroleum Systems of*

- SE Asia and Australia*, Jakarta: Indonesian Petroleum Association, h. 261-284.
- Koesoemadinata, R. P., 1977, Tertiary carbonate sedimentation in Irian Jaya with special reference to the northern part of the Bintuni Basin, *Proceedings Indonesian Petroleum Association Carbonate Seminar*, h. 79-92.
- Kottlowski, F. E., 1965, *Measuring Stratigraphic Sections*, New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Lahee, F. H., 1952, *Field Geology*, 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Low, J. W., 1957, *Geologic Field Methods*, New York: Harper & Brothers.
- McClay, K., 1987, *Geologic Field Methods*, Chichester: John Wiley & Sons.
- O'Sullivan, P. B., K. C. Hill, I. Saefuddin, dan R. D. Kendrick, 1995, Mesozoic and Cenozoic thermal history of sedimentary rocks in the Bintuni Basin, Irian Jaya, Indonesia, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 24th Annual Convention*, Vol. I, h. 235-248.
- Perkins, T. W., dan A. R. Livsey, 1993, Geology of the Jurassic gas discoveries in Bintuni Bay, western Irian Jaya, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 22nd Annual Convention*, Vol. I, h. 793-830.
- Pieters, P. E., C. J. Pigram, D. S. Trail, D. B. Dow, N. Ratman, dan R. Sukamto, 1983, The stratigraphy of western Irian Jaya, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 12th Annual Convention*, Vol. I, h. 229-261.
- Pieters, P. E., A. Sufni Hakim, dan S. Atmawinata, 1990, *Geologi Lembar Ransiki, Irian Jaya, Skala 1 : 250.000*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Pigram, C. J., dan H. Panggabean, 1981, Pretertiary geology of western Irian Jaya and Misool island: Implications for the tectonic development of eastern Indonesia, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 10th Annual Convention*, h. 385-399.
- Pigram, C. J., G. P. Robinson, dan S. L. Tobing, 1982, Late Cenozoic origin of the Bintuni Basin and adjacent Lengguru Fold Belt, Irian Jaya, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 11th Annual Convention*, Vol. I, h. 109-126.
- Satyana, A. H., L. P. Marpaung, M. E. M. Purwaningsih, dan M. K. Utama, 2007, Regional gas geochemistry of Indonesia: Genetic characterization and habitat of natural gases, *Proceedings Indonesian Petroleum Association 31st Annual Convention*, Paper IPA07-G-050, 31 h.
- Sutriyono, E., P. B. O'Sullivan, dan K. C. Hill, 1997, Thermochronology and tectonics of the Bird's Head region, Irian Jaya: Apatite fission track constraints, *Dalam: J. V. C. Howes dan R. A. Noble (ed.) Proceedings of the Conference on Petroleum Systems of SE Asia and Australia*, Jakarta: Indonesian Petroleum Association, h. 285-299.
- Thomas, L., 1992, *Handbook of Practical Coal Geology*, New York: John Wiley & Sons.
- Visser, W. A., dan J. J. Hermes, 1962, Geological results of the exploration for oil in Netherlands NewGuinea, *Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap Verhandelingen, Geologisch Serie, deel XX*. 265 h.
- Ward, C., 1984, *Coal Geology and Technology*, Oxford: Blackwell.
- Wood, G. H., Jr., T. M. Kehn, M. D. Carter, dan W. C. Culbertson, 1983, Coal Resource Classification System of the U.S. Geological Survey. *United States Geological Survey Circular 891*. 65 p.

