Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 4 No. 2 Juni 2009: 133-144

Karakteristik Batubara dan Batuan Sedimen Pembawanya, Formasi Talangakar, di daerah Lampung Tengah

KUSNAMA dan HERMES PANGGABEAN

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi
Jl. Diponegoro 57 Bandung

SARI

Formasi batuan pembawa-batubara di daerah Lampung Tengah terletak di tepi batas cekungan atau bagian barat Cekungan Sumatra Selatan, dan secara fisiografi berada di dalam Lajur Palembang yang berbatasan langsung dengan ujung selatan Lajur Barisan.

Fasies batuan di bagian bawah adalah konglomerat, batupasir konglomeratan, dan batupasir kuarsa. Di bagian atas terdiri atas perselingan batulanau, serpih, batulempung, batulumpur, batugamping, dan batubara dengan sisipan serpih batubaraan serta batubara serpihan. Satuan fasies batuan pembawa-batubara diyakini merupakan bagian Formasi Talangakar berlingkungan pengendapan mulai dari fluviatil – paralik, yang semakin ke atas berubah menjadi sublitoral, dan berumur Oligo-Miosen. Kondisi lingkungan ini berpengaruh kuat terhadap karakter dan jenis batubara yang terbentuk.

Secara stratigrafi, runtunan batuan ini ditindih selaras oleh satuan batugamping berumur Miosen Awal -Tengah, dan diterobos oleh granodiorit berumur Miosen Tengah – Akhir. Batuan dasar runtunan batuan sedimen berumur Tersier ini adalah batuan malihan Kelompok Gunungkasih dan granit berumur Kapur.

Sesar normal berarah barat laut - tenggara mengontrol daerah penelitian, dan mempengaruhi kemiringan lapisan batubara ke arah utara - timur, dengan besar sudut kemiringan 15º - 23º. Batubara di daerah penelitian terendapkan dalam lingkungan hutan berawa basah, pada saat susut laut dengan tingkat penurunan yang tinggi sampai menengah. Batubara ini termasuk ke dalam peringkat bituminus *high volatile* sampai *low volatile,* sementara kematangan termalnya termasuk dalam kategori matang.

Kata kunci: batuan pembawa-batubara, Talangakar, Oligo-Miosen, Lampung Tengah, Cekungan Sumatra Selatan

ABSTRACT

The rock succession of coal bearing formation, situated in Lampung Tengah, occupies the basinal margin or the western part of South Sumatra Basin. Physiographically, the rock succession lies in the Palembang Zone which directly contacts with the southernmost Barisan Mountain Zone.

The rock facies consists of conglomerate, and conglomeratic and quartz sandstones in the lower part, whilst the upper part comprises shale, claystone, mudstone, siltstone, and coal with coally shale and shaly coal intercalations. The rock facies of coal bearing unit is strongly believed to be part of the Oligo - Miocene Talangakar Formation deposited in a fluvial – paralic environment which further up section, it turns to be a sub-littoral deposit. The depositional environment strongly affected the coal characteristics and type.

Stratigraphically, the rock unit is conformably overlain by the Early - Middle Miocene limestone unit and is intruded by the Middle – Late Miocene granodiorite. The basement of the Tertiary rock succession is metamorphics of the Gunungkasih Complex and the Cretaceous granitic rock.

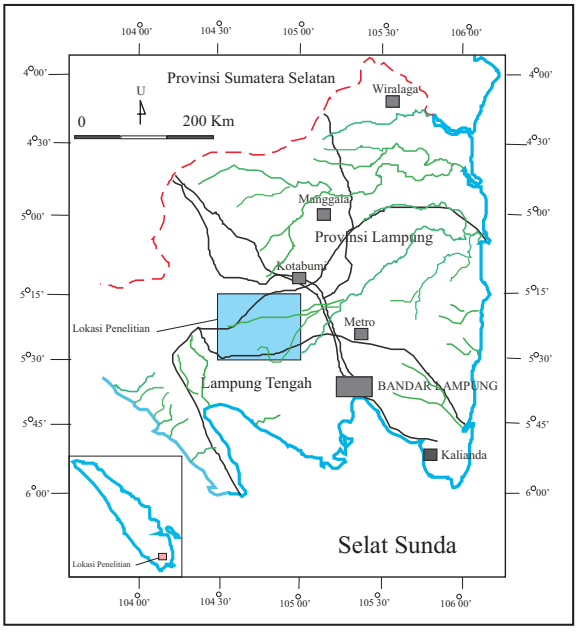
The normal fault controlling the area studied has a northwest - southeast direction and it caused the dip of coal trending north - east direction of 15º - 23º. The coal of the research area was deposited in wet forest swamp environment within a high to medium subsidence level. The coal is grouped to a high to low volatile bituminuous rank, included to a mature category.

Keywords: *coal-bearing formation, Talangakar, Oligo-Miocene, Central Lampung, South Sumatra Basin*

Naskah diterima: 16 Januari 2009, revisi kesatu: 02 Februari 2009, revisi kedua: 02 April 2009, revisi terakhir: 01 Mei 2009

Pendahuluan

Daerah penelitian terletak di desa Linggapura, Kecamatan Selagai, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada koordinat 104˚30' - 105˚ BT dan 5˚15' - 5˚30' LS (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap yakni tahap 1 pada tahun 2004 dan tahap 2 tahun 2005.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Tujuan penelitian adalah mengelompokkan jenis batuan yang diduga termasuk Formasi Talangakar dalam suatu runtunan litologi untuk mengetahui gambaran secara menyeluruh keberadaan batubara, serta posisi stratigrafi, umur, dan lingkungan pengendapannya.

Penelitian ini meliputi pemetaan sebaran batubara, pengamatan penampang terukur runtunan batuan, dan pengamatan penampang stratigrafi hasil pemboran batubara dengan total kedalaman 270 m, yang terbagi dalam 12 titik lubang bor. Kedalaman tiap bor, yang bervariasi antara 15 - 30 m, digunakan untuk memastikan ketebalan, jumlah lapisan (*seam*), dan sebaran batubara.

Pengamatan batubara pada setiap titik lubang bor dilakukan dengan memerikan secara terperinci setiap meter inti (*core*) kedalaman pemboran, untuk menghasilkan data geologi terperinci dan terukur yang meliputi kolom-kolom variasi batuan dan jumlah lapisan batubara di setiap titik lubang bor.

Metodologi

Penelitian dilakukan dengan metode pemetaan permukaan secara terukur untuk setiap runtunan batuan pembawa-batubara, yang tersingkap terutama sepanjang Sungai Penandingan yang melalui daerah penelitian. Rekaman data lapangan meliputi struktur sedimen yang dijumpai, hubungan antar satuan batuan apakah menerus atau berupa ketakselarasan, jenis batuan, tebal, kemiringan lapisan, kandungan fosil kalau memungkinkan, dan komposisi batuan/mineral yang terdapat dalam batuan klastika.

Selanjutnya setiap lapisan batubara dikelompokkan ke dalam *seam* tertentu. Pengelompokan ini dimaksudkan untuk membedakan variasi batuan lapisan tudung (*roof*) dan lapisan lantai (*floor*), serta sifat fisik, jenis, dan ketebalan batubara. Selain itu, juga untuk mengetahui keterdapatan batubara dalam runtunan batuan pembawanya, termasuk di bagian mana batubara itu diendapkan. Sebagai tambahan, dilakukan pula analisis petrografi batubara dengan menggunakan mikroskop atas dasar metode optik sinar pantul dengan dan tanpa sinar *fluoresen*. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeskripsi jenis maseral dan material mineral, serta mengukur tingkat kematangan termal bahan organik berdasarkan pengukuran indeks reflektansi kelompok maseral vitrinit dalam batubara. Selain itu, diteliti pula kandungan maseral dan material mineral dari DOM dalam formasi batuan sedimen pembawa-batubara.

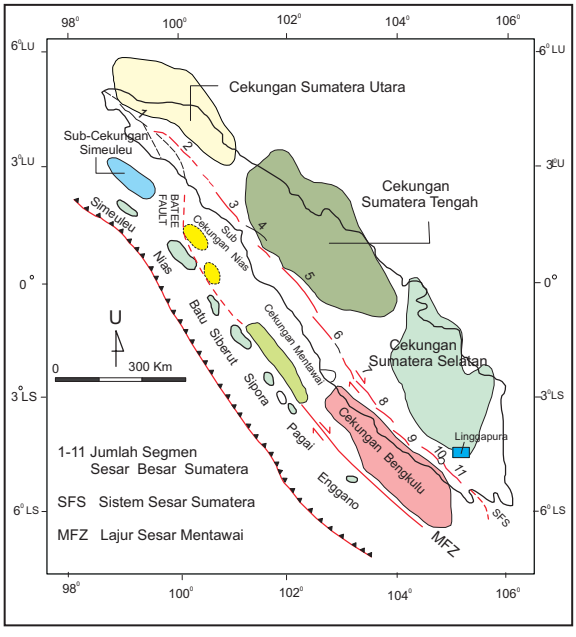
Tataan Geologi Regional

Fisiografi dan Morfologi

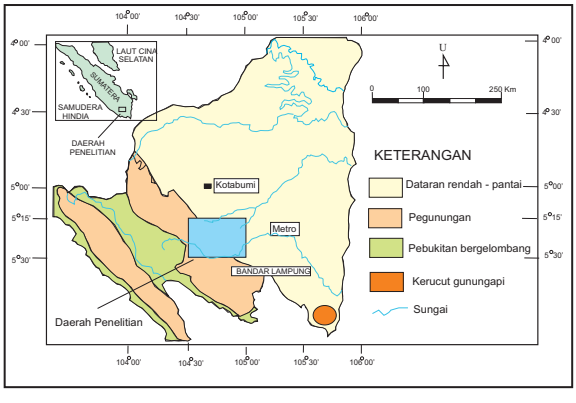
Daerah penelitian, secara fisiografi terletak di lereng timur Pegunungan Barisan, dan merupakan bagian paling barat Cekungan Sumatra Selatan (Gambar 2).

Secara morfologi, daerah ini termasuk ke dalam kelompok wilayah pebukitan bergelombang dan pegunungan tinggi yang berlereng terjal. Aliran sungai, yang memperlihatkan arah aliran dari barat yang merupakan Lajur Pegunungan Barisan ke arah

timur yang bermorfologi landai, mempunyai pola dendritik (Gambar 3).



Gambar 2. Posisi Linggapura dalam tataan tektonika dan Cekungan Sumatra Selatan (modifikasi dari Gafoer, 1985; Pulunggono, 1985).



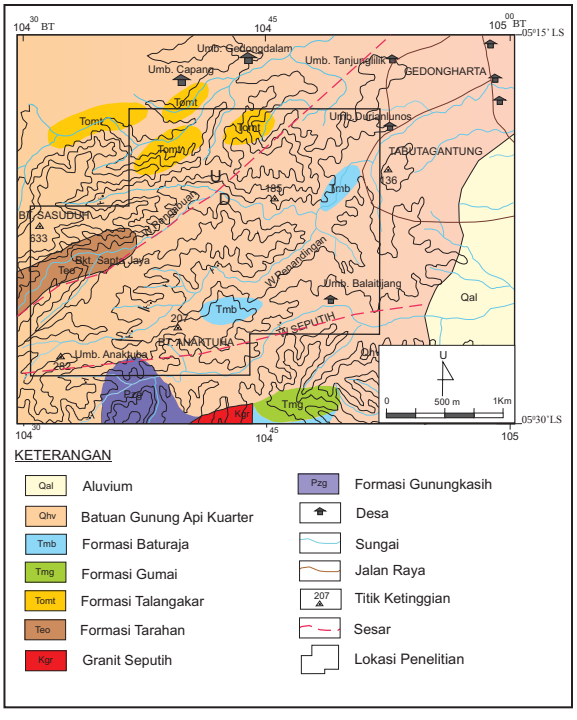
Gambar 3. Satuan morfologi regional Linggapura (Andi Mangga drr., 1993).

Stratigrafi

Di daerah penelitian yang dianggap sebagai batuan dasar adalah batuan malihan berderajat rendah dan batuan sedimen berumur Pratersier. Batuan malihan tersusun atas sekis, filit, dan migmatit Kelompok Gunungkasih, yang diduga umurnya sekitar Permo-Karbon dan termalih secara regional.

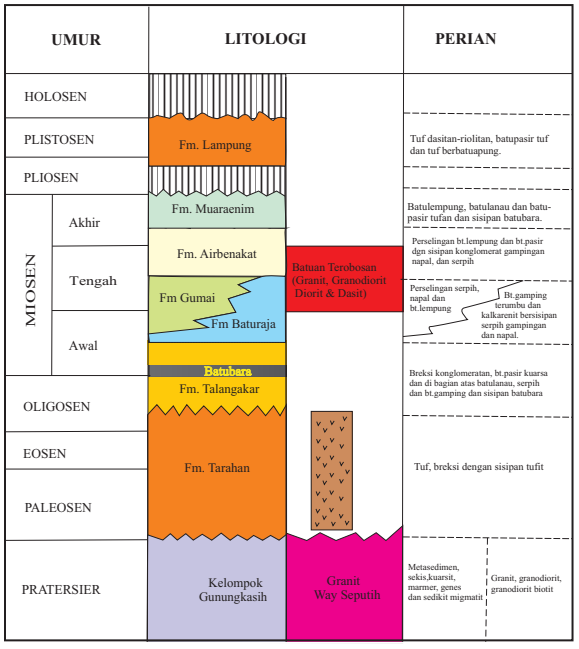
Secara takselaras di atas Kelompok Gunungkasih terendapkan batuan gunung api bersusunan andesit, sisipan tufit, dan setempat tuf padu yang merupakan bagian Formasi Kikim dan hadir sebagai runtunan terbawah batuan sedimen dalam Cekungan Sumatra Selatan bagian barat. Tetapi, di daerah penelitian, satuan batuan ini hanya dijumpai berupa *float* di sungai yang merupakan sisa erosi daerah tinggian di bagian barat.

Batuan tertua runtunan Tersier yang dijumpai di daerah penelitian adalah batuan gunung api andesit, yang telah mengalami ubahan, berwarna kehijauan akibat proses serpentinisasi dan epidotisasi, berumur Eosen – Oligosen, dan lebih dikenal sebagai Formasi Tarahan (Andi Mangga drr., 1993; Gambar 4 & 5).



Gambar 4. Peta geologi daerah penelitian (Andi Mangga drr., 1993).

Secara takselaras, di atas Formasi Tarahan terendapkan runtunan konglomerat yang umumnya berkomponen kuarsa berbutir kasar berwarna kelabu kekuningan di bagian bawahnya, yang secara berangsur ke arah atas menjadi batupasir kasar-menengah sampai halus dengan massa dasar dominan kuarsa, sedikit batuan malih, dan fragmen batuan lain. Semakin ke atas, runtunan ini menjadi



Gambar 5. Kolom stratigrafi daerah Linggapura.

serpih warna kelabu gelap, yang berselingan dengan batulumpur dan lempung kelabu, agak karbonan, mengandung sisipan serpih batubaraan (*coaly shale*) dan batubara serpihan (*shaly coal*). Seri batuan ini memperlihatkan lingkungan pengendapan fluviatil – paralik, dan semakin ke atas menjadi sublitoral, yang mencirikan suatu fase lingkungan genang laut.

Berdasarkan tipe dan posisi stratigrafi terhadap batuan lainnya, maka satuan batuan ini bisa dikelompokkan ke dalam Formasi Talangakar (Andi Mangga drr., 1993). Berdasarkan korelasi dengan batuan lainnya, diduga runtunan ini berumur Oligosen – Miosen.

Di atas Formasi Talangakar, secara selaras diendapkan Formasi Baturaja yang terdiri atas batugamping terumbu dan batupasir gampingan yang berselingan dengan serpih gampingan dan napal. Di daerah penelitian, satuan batuan ini tersingkap di bagian timur, berupa bukit yang dilalui oleh Sungai Penandingan Hilir. Lingkungan pengendapan Formasi Baturaja adalah laut dangkal.

Struktur Geologi

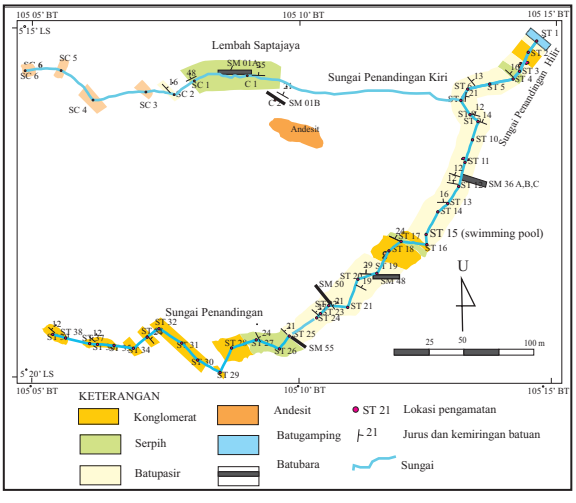
Struktur geologi yang dijumpai di daerah Linggapura berupa sesar dan perlipatan. Sesar yang dikenali berupa sesar normal berarah hampir barat laut – tenggara, dengan bagian barat daya nisbi turun dibandingkan terhadap bagian timur laut.

Sementara itu, perlipatan juga mempunyai arah sumbu barat laut – tenggara. Pola struktur geologi ini sangat mempengaruhi ketebalan dan sebaran formasi pembawa-batubara serta sebaran batubara itu sendiri.

Secara tektonika, daerah ini berada di ujung paling selatan sistem Sesar Besar Sumatra, pada segmen Sesar Semangko yang berarah barat laut – tenggara (Gambar 2), searah dengan sumbu Pulau Sumatra (Kusnama drr., 1992; Kusnama 2003).

Litofasies Formasi Pembawa Batubara

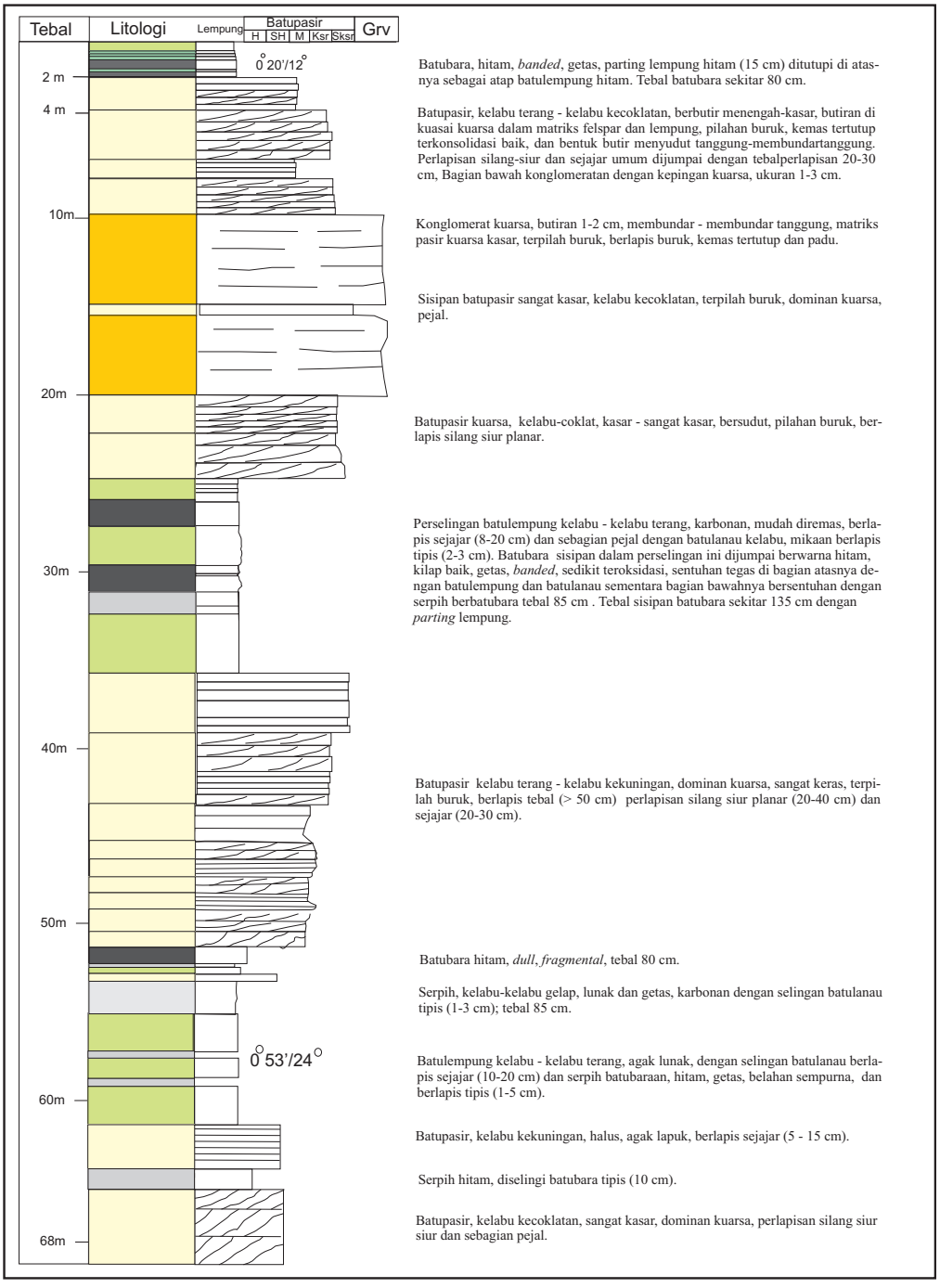
Berdasarkan lokasi singkapan yang ada di permukaan, litofasies formasi pembawa-batubara di wilayah Linggapura ini dijumpai di dua wilayah, yakni Sungai Penandingan dan Lembah Saptajaya (Gambar 6).



Gambar 6. Lintasan geologi sepanjang Sungai Penandingan dan Lembah Saptajaya.

Sungai Penandingan

Sungai Penandingan. yang berhulu di Pegunungan Barisan, mengalir ke arah timur, dan posisinya berada pada batas bagian selatan wilayah penelitian. Litofasies singkapan yang dijumpai di Sungai Penandingan dikuasai oleh konglomerat di bagian hulu (Gambar 6 & 7) yang tersusun oleh kepingan kuarsa dan kuarsit berukuran kasar sampai kerikil, kemas tertutup, sangat padu, pilahan buruk - menengah, butiran umumnya membundar –



Gambar 7. Kolom stratigrafi di Sungai Penandingan.

membundar tanggung, yang tertanam dalam massa dasar batupasir kasar - menengah dan batulempung. Jurus lapisan konglomerat berarah N 315º -325º E dengan kemiringan lapisan sekitar 5º - 20º ke arah timur - timur laut.

Bentuk butiran dan pilahan konglomerat ini mencirikan bahwa fragmen batuan ini telah mengalami transportasi cukup jauh dengan energi cukup kuat. Tebal lapisan konglomerat berkisar dari 1 sampai 5 m (Gambar 8).

Gambar 8. Potret singkapan konglomerat di Sungai Penandingan, dengan komponen kuarsa malih yang tertanam dalam massa dasar batupasir dan batulempung.

Secara berangsur, makin ke atas runtunan atau ke arah hilir sungai, konglomerat ini berubah menjadi batupasir berbutir kasar - menengah, terkadang konglomeratan, berwarna kelabu terang agak kekuningan, dengan komponen kuarsa malih (kuarsit), yang membundar, tertanam dalam massa dasar batupasir halus dan batulempung; kemas tertutup; dan sangat padu. Dijumpai kehadiran struktur sedimen berangsur ke atas (*graded bedding*), perarian sejajar, dan silang-siur (Gambar 9), serta beberapa lensa kecil batulanau dan batulempung. Jenis struktur sedimen dan bentuk butir yang membundar pada batupasir ini memberikan indikasi kecepatan arus yang memiliki energi tinggi dan telah terangkut jauh. Tebal runtunan batupasir kuarsa ini sekitar 15 m.

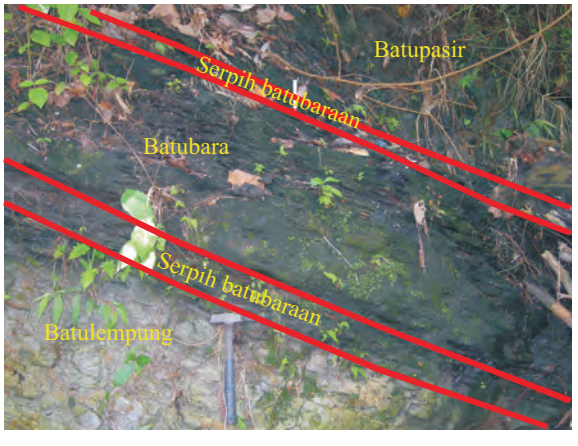
Gambar 9. Potret batupasir kuarsa dengan struktur silang-siur planar di Sungai Penandingan.

Di atas batupasir ini diendapkan perselingan serpih dan batulempung-batulanau. Serpih, kelabu gelap, berlapis baik, dengan tebal lapisan berkisar dari beberapa mm sampai 1 cm. Bahan karbonan umum dijumpai, dan beberapa sisipan batulumpur dan batulempung dengan tebal perlapisan berkisar 1 - 2 cm. Batulempung, kelabu, berlapis baik dengan tebal perlapisan antara 5 - 10 cm dan setempat pejal; batulanau, kelabu gelap, berlapis baik, dengan tebal perlapisan antara 3 - 5 cm. Runtunan batuan ini memiliki tebal 40 m.

Di lintasan Sungai Penandingan dijumpai singkapan batubara sebagai sisipan dalam runtunan batupasir kuarsa, serpih, batulempung, dan batulanau.

Batubara yang terdapat dalam runtunan batuan ini terdiri atas dua *seam*, berwarna kelabu kehitaman sampai hitam dengan kilap cukup baik. Ketebalan masing-masing seam bervariasi antara 50 – 150 cm dan 100 – 400 cm, serta berasosiasi dengan lapisan serpih. Lapisan miring ke arah timur laut dengan besar kemiringan 30º - 40º. Batubara, berwarna hitam, keras, terkekarkan ter-*cleat*-kan, kilap bagus, dan secara fisik kering dan ringan. Lapisan batubara di Sungai Penandingan memiliki ketebalan antara 80-120 cm. Di beberapa lokasi pengamatan, batubara ini dijumpai berupa lensa yang terkadang terputus dan menghilang (membaji).

Batuan tudung lapisan batubara ini (Gambar 10) berupa batulempung berwarna kelabu, berlapis baik dengan ketebalan antara 0,5 – 1,5 cm, getas, tetapi sebagian cukup keras, kemungkinan karena



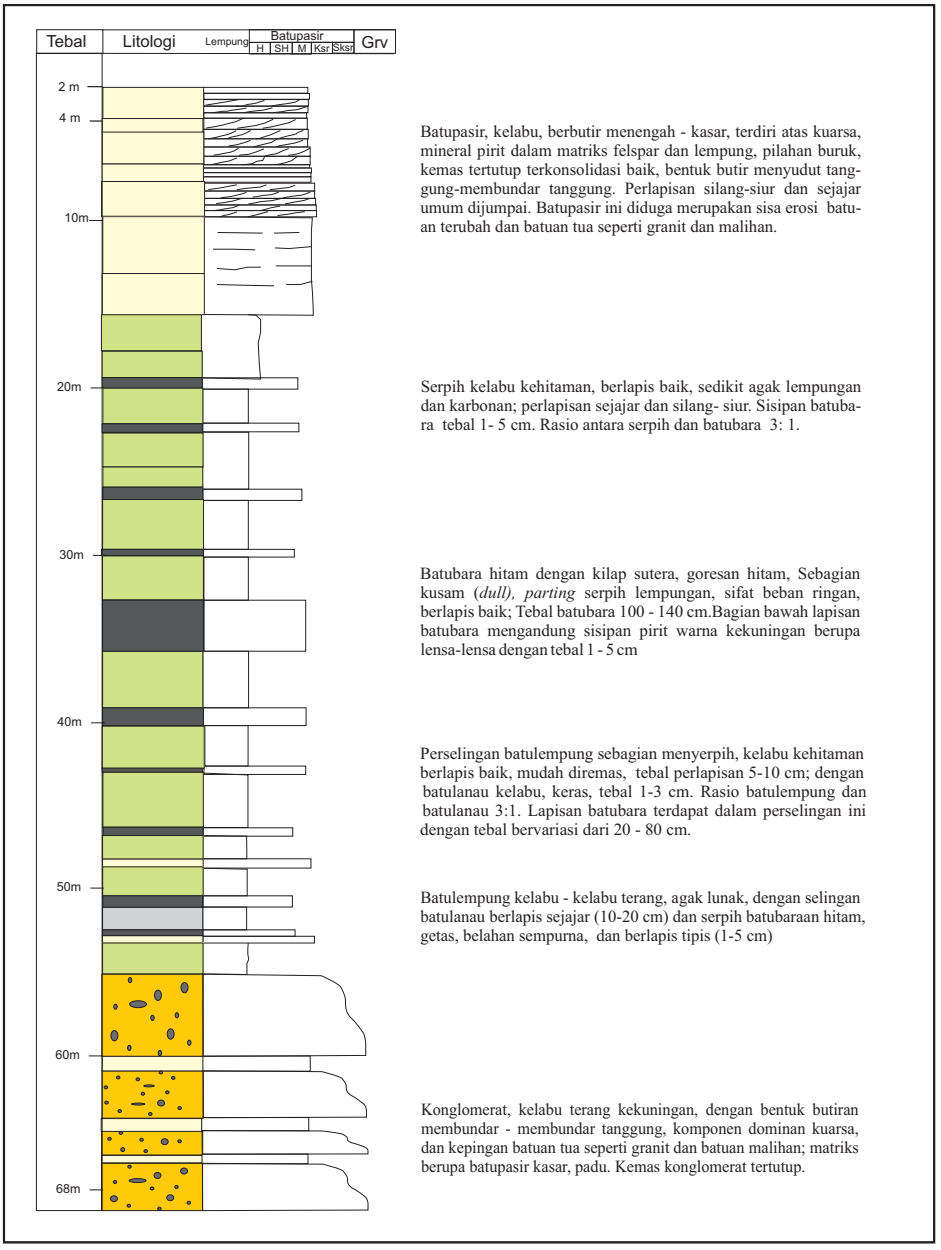
Gambar 10. Potret lapisan batubara dengan tudung dan lantai batulempung; kontak dengan batubara dibatasi oleh serpih batubaraan.

berdekatan dengan retas andesit yang menerobos lapisan batuan ini. Tebal lapisan batulempung ini sekitar 4 m, memperlihatkan sudut kemiringan agak tajam, sebagian karbonan berwarna kehitaman, dan memiliki struktur belah *choncoidal*. Lensa tipis-tipis batubara skala kecil menyebar hampir di seluruh lapisan batulempung ini.

Sementara itu, bagian lantai (alas) berupa batulempung sebagian serpihan (Gambar 10), agak gembur dan mudah lepas kalau dipukul, memperlihatkan struktur menjarum. Pada lapisan ini rasio batubara dengan batulempung hampir 1 : 2.

Lembah Saptajaya

Runtunan batuan di Lembah Saptajaya terdiri atas tiga fasies batuan, yakni konglomerat, perselingan batulempung dan batulanau, dan paling atas adalah fasies serpih dan batupasir (Gambar 11).



Gambar 11. Kolom stratigrafi di Lembah Saptajaya.

Fasies batuan paling bawah di Lembah Saptajaya terdiri atas konglomerat, kelabu terang agak kekuningan, yang komponennya dikuasai oleh kepingan kuarsa dan kuarsit putih kekuningan, berbutir kasar – menengah, dengan bentuk butiran membundar – membundar tanggung; massa dasar terdiri atas batupasir kasar – menengah, padu, pilahan buruk – menengah, dan kemas tertutup. Berdasarkan bentuk butiran yang membundar, diduga fasies konglomerat ini merupakan hasil endapan longsoran yang telah terangkut cukup jauh, dengan kepingan pembentuk batuan berasal dari batuan alas granitan (Granit Seputih) dan malihan (Formasi Gunungkasih).

Fasies bagian tengah terdiri atas perselingan batulempung dan batulanau. Batulempung, kelabu kehitaman, berlapis baik, tebal perlapisan 5 – 10 cm, karbonan; mudah diremas, dengan struktur sedimen berupa perlapisan sejajar. Batulanau, kelabu, keras, berlapis baik, tebal perlapisan 1 – 3 cm.

Secara jelas, di atas perselingan batulempung dan batulanau terendapkan batubara hitam dengan kilap sutera, goresan hitam, sifat beban ringan, sebagian kusam, *parting* berupa serpih lempungan dengan tebal 1 – 3 cm; beberapa lapisan tipis pirit dengan warna kuning kehijauan dijumpai di bagian bawah lapisan batubara. Tebal lapisan batubara berkisar antara 80 - 100 cm.

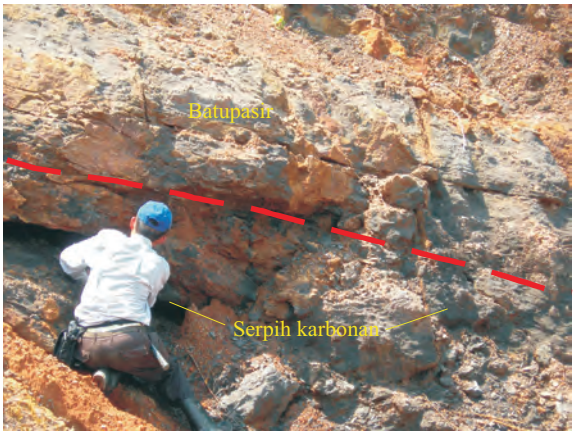
Fasies paling atas terdiri atas serpih, kelabu kehitaman, berlapis baik dengan tebal perlapisan antara 1 – 3 cm, mengandung lensa tipis karbon dan batulempung. Struktur sedimen yang dijumpai berupa perlapisan sejajar dan silang siur skala kecil. Di bagian bawahnya mengandung banyak lapisan tipis batubara; paling bawah adalah serpih batubaraan dengan tebal 30 cm.

Singkapan lapisan batubara di Lembah Saptajaya terbuka akibat tertoreh erosi yang kemungkinan besar oleh sesar normal yang melewatinya. Batuan sedimen karbonan yang berupa batubara serpihan dan serpih batubaraan, tersingkap sebagai sisipan dalam lapisan batubara. Singkapan batuan sedimen pembawa-batubara ini menunjukkan kemiringan ke arah timur laut.

Perselingan serpih batubaraan dengan batulanau memiliki rasio sekitar 3 : 2. Ketebalan runtunan perselingan batuan ini dalam singkapan yang terbuka mencapai 15 m, sedangkan ketebalan serpih batubaraan berkisar antara 2 – 20 cm, dan memperlihatkan warna kehitaman agak keabuan dengan kilap cukup baik.

Berbeda dengan singkapan di Sungai Penandingan, batuan pembawa-batubara di Lembah Saptajaya, serpihnya bercampur dengan batupasir berbutir kasar (Gambar 12), yang banyak mengandung buntal oksida besi berukuran pasir sampai kerakal.

Adanya retas batuan beku andesit yang menerobos runtunan serpih – batulumpur, memungkinkan pematangan batubara menjadi lebih bagus. Dari beberapa contoh batubara yang diambil terlihat adanya penurunan tingkat kadar air.



Gambar 12. Potret sentuhan antara serpih karbonan dan batupasir. Lokasi Lembah Saptajaya.

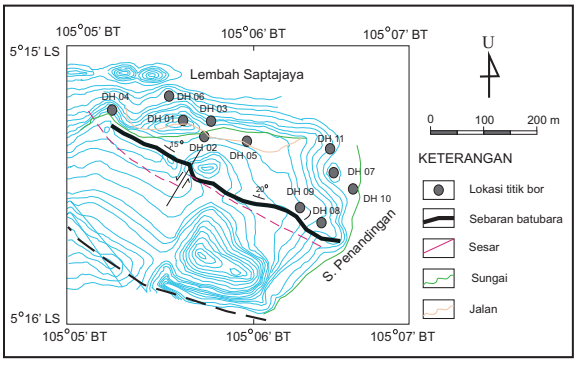
Diskusi dan Pembahasan

Sedimentologi dan Data Pemboran

Berdasarkan data sebelas titik bor (Gambar 13), variasi runtunan litologi di daerah penelitian dikuasai oleh satuan batuan konglomerat, batupasir kuarsa, batulempung, batulumpur, serpih, batulanau, andesit, aglomerat/tuf, dan sisipan batubara.

Pemboran dilakukan dengan sistem kisi (*griding*). Jarak antar titik lubang bor masing-masing 100 m dan total kedalaman seluruh lubang bor adalah 270 m. Dari kesebelas titik lubang bor, yang mengandung lapisan batubara adalah sebanyak tujuh titik, yakni DH 01, DH 02, DH 03, DH 06, DH 07, DH 08 dan DH 09. Kedalaman pemboran berkisar antara 25 m – 30 m. Di dalam ketujuh lubang bor tersebut, ketebalan lapisan batubara memiliki variasi antara 50 cm sampai dengan 300 cm.

Titik bor yang terletak di Sungai Penandingan adalah DH 07, DH 08, DH 09, DH10 dan DH 11; sedangkan di Lembah Saptajaya yakni DH 01, DH 02, DH 03, DH 04, DH 05 dan DH 06 (Gambar 13).



Gambar 13. Peta sebaran batuan dan lokasi titik bor di Lembah Saptajaya.

Lembah Saptajaya

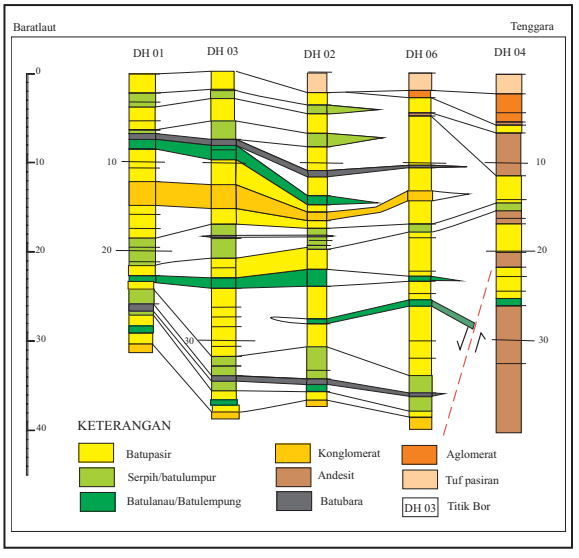
Dari kelima titik bor di Lembah Saptajaya, yang mengandung batubara adalah DH 01-03 dan DH 06, sedangkan DH 04 yang lokasinya berada di lereng Bukit Saptajaya ditempati oleh batuan gunung api dan andesit, bagian dari Formasi Tarahan. Batubara yang hadir terdiri atas tiga lapisan utama, yakni:

- Lapisan pertama pada kedalaman 10 m, menem-pati fasies batupasir dan batulanau-batu-lempung;
- Lapisan kedua pada kedalaman 20-25 m, terdapat pada fasies serpih dan batulempung-batulanau;
- Lapisan ketiga pada kedalaman 30-35 m dalam fasies serpih dan batulempung.

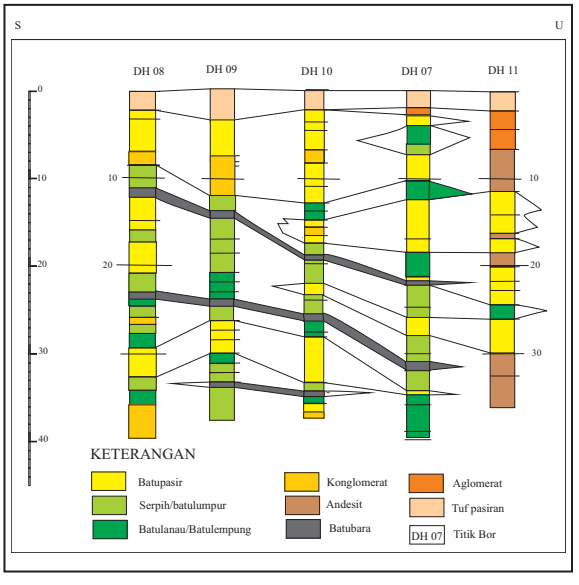
Korelasi dari kelima titik bor mencerminkan bahwa lapisan batubara terhenti pada bor DH 06, sedangkan pada bor DH 04 menghilang dan dikuasai oleh tuf, aglomerat, dan andesit terubah, walaupun masih terdapat lapisan batulanau dan batulempung (Gambar 14).

Sungai Penandingan

Sementara itu, pemboran di Sungai Penanding-an menembus dua *seam* batubara (Gambar 15). Dari data bor terlihat adanya litofasies batupasir kuarsa dan konglomerat pada kedalaman 10 m, yang mengalami perubahan semakin ke utara semakin dikuasai oleh batuan gunung api, serta hadirnya dua *seam* serta satu lensa batubara berupa sisipan dalam



Gambar 14. Korelasi titik bor DH-2-3-4-6 di Lembah Saptajaya.



Gambar 15. Korelasi titik bor DH 1-2-3-4-6 di Lembah Saptajaya.

runtunan serpih, batupasir, dan lempung-batulanau. Ke arah utara, lapisan batubara posisinya semakin dalam, yakni dari kedalaman 12 m dan 22 m masing-masing berangsur menjadi 20 m dan 30 m. Meskipun pada bor paling utara yakni DH 11 masih dijumpai batupasir, namun berbeda fasies, karena batupasir ini mengandung tuf dan komponennya dikuasai oleh litik gunung api.

Hasil korelasi antar kesebelas lubang bor menunjukkan bahwa keberadaan batubara secara lateral kemungkinan terkontrol oleh adanya struktur sesar normal. Beberapa titik lubang bor yang negatif (tidak ditemukan batubara) terletak pada posisi atau daerah pergeseran turun. Perbedaan litologi lantai dan tudung batubara juga terlihat jelas pada hasil korelasi dari beberapa titik lubang bor.

Lingkungan Pengendapan

Bagian bawah satuan batuan pembawa-batubara dikuasai oleh konglomerat yang memiliki bentuk butir membundar yang mencerminkan telah terangkut cukup jauh dan berlingkungan darat. Kemudian diikuti oleh perselingan batulempung dan batulanau mengandung sisipan batubara, dan semakin ke atas menjadi serpih karbonan dan sisipan batugamping. Dari runtunan ini maka diperkirakan lingkungan pengendapan batuan sedimen pembawa-batubara ini adalah sublitoral – laut dangkal.

Tipe, Peringkat, dan Lingkungan Pengendapan Batubara

Analisis petrografi organik lengkap telah dilaksanakan terhadap sembilan contoh batubara dan memberikan hasil seperti terlihat pada Tabel 1.

Batubara di daerah Linggapura memperlihatkan bahwa bahan organik utama penyusunnya terdiri atas kelompok maseral vitrinit sebanyak 5,6 - 96,0 %, eksinit sebanyak 0,2 - 2,0 %, dan inertinit 0,2 - 1,8 %. Bahan mineral pengotor terdiri atas mineral lempung 1,8 - 83,8 %, pirit sebanyak 0,4 - 12 %, dan karbonat 0,4 - 4,8 %. Nilai reflektan vitrinit maksimum batubara adalah 0,84 - 1,61 % dengan nilai reflektan rata-rata antara 0,68 - 1,43 % (Tabel 1). Kisaran nilai reflektan ini memperlihatkan bahwa batubara termasuk peringkat bituminus *high* sampai *low volatile.*

Kandungan telovitrinit yang cukup tinggi dengan kisaran 60,4 - 79,6 % terdapat dalam percontoh SM 01B, SM 36C, SM 48, dan SM 55. Kandungan detrovitrinit yang paling tinggi dari sembilan percontoh dimiliki oleh SM01B, SM36B, dan SM 52 yang masing-masing memiliki nilai 25,8 %, 31,2 %, dan 40,6 %; sedangkan sisanya berada pada kisaran 10,8 - 22,2 %. Kandungan vitrinit paling tinggi dimiliki oleh SM01B, SM 36C dan SM 48, yang masing-masing bernilai 90,2, 94,8, dan 96,0 %, sementara contoh lainnya antara 31,8 % - 52,4 %.

Percontoh batubara yang memiliki kandungan pengotor mineral lempung paling tinggi diperlihatkan oleh SM 36B, SM36A, SM 36F, dan SM 50 yang masing-masing nilainya adalah 58,0 %, 65,4 %, 80,4 %, dan 83,8 %.

Reflektan vitrinit maksimum paling tinggi dengan kandungan pengotor lempung rendah dimiliki oleh SM01B (1,34 %), SM 36C (1,17 %) dan SM 48 (1,61 %).

Semua percontoh yang dianalisis mengandung mineral pirit, namun hanya dua percontoh yang kandungan piritnya di bawah 1 % yakni SM 50 dan SM 52, yang diambil dari Sungai Penandingan. Sementara itu, percontoh lainnya memiliki kandungan pirit dari 1,0 % sampai 12,0 %. Dari proporsi kandungan pirit yang diduga kuat jenis framboid mengindikasikan bahwa endapan batubara ini sangat dipengaruhi oleh lingkungan marin.

Berdasarkan perbandingan kombinasi beberapa maseral, Diessel (1986) memperkenalkan istilah *"Gelification Index"* (GI) dan *"Tissue Preservation Index"* (TPI). Hasil perbandingan tersebut dapat digunakan untuk merekonstruksi lingkungan bahan pembentuk batubara. GI dan TPI tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$GI = \frac{\text{Vitrinit + Makrinit}}{\text{Intertinit Total tanpa Makrinit}}$$

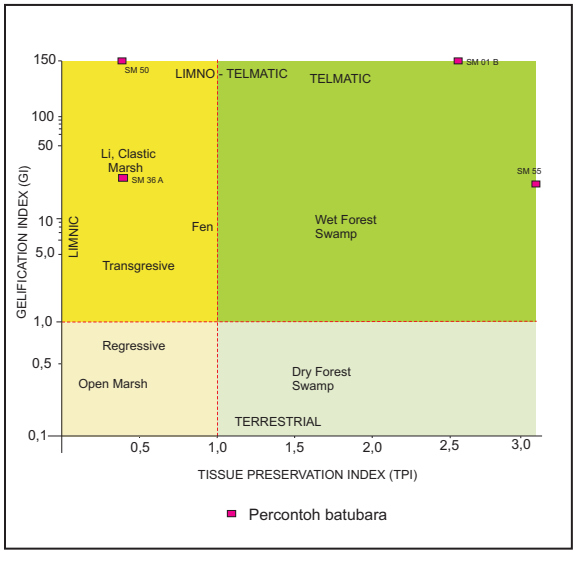
$$TPI = \frac{\text{Telovitrinit + Semifusinit + Fusinit}}{\text{Detrovitrinit + Makrinit + Inertodetrinit}}$$

Nilai TPI perconto batubara yang berkisar dari 0,4 – 5,33 mengindikasikan tumbuhan yang mengandung *tissue* sangat berkembang baik pada batubara. Harga GI yang berkisar antara 27,85 – 161 menggambarkan lingkungan batubara di daerah penelitian berada pada lingkungan basah (*subaqeous*; Gambar 16).

Hasil kombinasi dari harga GI dan TPI, yang telah diplot ke dalam Diagram Diessel (Gambar 16), menunjukkan bahwa batubara (SM 01B dan SM 55) diendapkan pada lingkungan basah, tepatnya *wet forest swamp*, sementara SM 36A dan SM 50 di endapkan di lingkungan *marsh*. Nilai GI dan nilai TPI memperlihatkan lingkungan pengendapan daerah penelitian adalah *wet forest swamp* (*telmatic)* dan *marsh* (*limnic*). Hasil tersebut di atas menggambarkan lingkungan pengendapan daerah telitian berada pada saat genang laut dengan tingkat penurunan (*subsidence*) yang tinggi sampai menengah.

Tabel 1. Hasil Analisis Petrografi Organik

N0	N0 Contoh	Tl	Dt	Gl	V	Sf	Sc	Idt	I	Re	Sb	E	Cly	Carb	Py	MM	Rv min	Rv max	Rv
1	SM01B	67,4	25,8	-	90,2	0,2	-	0,2	0,4	-	-	-	3,6	4,8	1,0	9,4	1,01	1,34	1,0
2	SM36A	0,6	13,8	-	14,4	-	0,4	-	0,4	-	-	-	80,4	2,2	2,6	85,2	0,88	1,04	0,94
3	SM36B	7,8	31,2	-	39,0	-	-	-	-	-	-	-	58,0	1,4	1,6	61,0	0,84	1,04	0,92
4	SM36C	79,6	15,2	-	94,8	-	-	-	-	-	-	-	1,8	-	3,4	5,2	1,05	1,17	1,08
5	SM36F	0,4	5,2	-	5,6	-	-	-	-	-	-	-	83,8	3,8	6,8	94,4	0,55	0,84	0,68
6	SM48	74,0	22,0	-	96,0	-	-	-	-	0,2	-	0,2	2,0	0,4	1,4	3,8	1,29	1,61	1,43
7	SM50	9,2	22,2	0,4	31,8	-	0,2	-	0,2	-	-	-	65,4	2,0	0,6	68,0	0,90	1,25	0,98
8	SM52	11,6	40,6	0,2	52,4	-	-	-	-	-	-	-	42,8	4,4	0,4	47,6	0,82	1,02	0,90
9	SM55	60,4	10,8	0,6	71,8	0,2	1,2	0,4	1,8	1,8	0,2	2,0	2,4	-	12,0	24,4	0,68	0,93	0,72



Gambar 16. Lingkungan pengendapan batubara berdasarkan nilai TPI dan GI (Diessel, 1986).

Beberapa percontoh batubara seperti SM 36A dan SM 36B, SM 36 F, SM 50, dan SM 52, yang masing-masing mengandung mineral lempung mencapai 80,4 %, 58,0 %, 83,8 %, 65,4 %, dan 42,8 % kemungkinan diendapkan dalam lingkungan hutan berawa basah (*telmatic*) dan juga *marsh*, berdekatan dengan daerah sesar dengan tingkat penurunan cukup curam, sehingga distribusi lempung ke dalam batubara sangat tinggi. Dari kelima percontoh batuan tersebut, hanya SM 52 yang dapat dikategorikan sebagai batubara, sedangkan empat lainnya adalah batulempung atau serpih batubaraan dan karbonan karena kandungan mineralnya > 60 %.

Kesimpulan

Runtunan batuan yang terdapat di daerah Linggapura dikuasai oleh batuan sedimen klastika kasar berupa konglomerat dengan komponen kuarsa dan kuarsa malih (kuarsit), yang kemudian berubah secara berangsur menjadi batupasir kuarsa berbutir kasar – menengah, dan terkadang konglomeratan; semakin ke atas berubah menjadi serpih, batulumpur, dan batulempung-batulanau.

Lingkungan pengendapan satuan batuan pembawa-batubara diduga fluviatil, yang secara berangsur ke arah atas terpengaruh oleh lingkungan laut dangkal. Kondisi ini ditunjukkan oleh keterdapatan konglomerat yang ditindih oleh perselingan batulumpur/batulempung dan batupasir yang selanjutnya ditindih oleh batugamping. Lapisan batubara banyak yang terbentuk dalam lapisan bagian tengah runtuan batuan ini, yakni pada perselingan serpih, batulumpur dan batulempung-batulanau. Kandungan pirit yang cukup tinggi diduga akibat adanya pengaruh airlaut.

Lapisan batubara yang hadir berjumlah dua lapisan (*seam*), yakni pada kedalaman 0 - 10 m dan 25 - 30 m.

Lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian adalah fluviatil – laut dangkal dan berada pada saat genang laut dengan tingkat penurunan yang tinggi sampai menengah. Masing-masing lapisan batubara ketebalannya bervariasi antara 50 – 150 cm dan 100 – 400 cm, serta mempunyai arah jurus kemiringan ke barat laut (N315º) dengan besar sudut kemiringan antara 30º - 40°. Peringkat batubara di

daerah Linggapura termasuk ke dalam *bituminus* yaitu masuk peringkat *high volatile* sampai *low volatile.*

Ucapan Terima Kasih—Terima kasih para penulis ucapkan kepada Ketua Kelompok Dinamika Cekungan dan rekan sejawat yang memberikan saran ilmiah untuk peningkatan kualitas isi makalah. Kepada Sdr. Ridwan Risnadi, Hery Hermiyanto dan yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian makalah ini, para penulis juga mengucapkan terima kasih.

Accuan

Andi Mangga, S., Amiruddin, Suwarti, T., Gafoer, S., dan Sidarto, 1993. *Peta Geologi Lembar Tanjungkarang, Sumatra,* skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Diessel, C.F.K., 1986. On the correlation between coal facies and depositional environments. *Proceedings 20th Symposium of Department Geology, University of New Castle, New South Wales*, h. 19-22.

Gafoer, S.dan Pardede, R., 1988. *Geologi Lembar Baturaja, skala 1 : 250.000.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Kusnama, Andi Mangga, S., dan Sukarna, D., 1992. Tertiary stratigraphy and tectonic evolution of southern Sumatra. *Geological Society of Malaysia, Bulletin*, 33, h. 143-152.

Kusnama, 2003. The significance of sedimentary rocks of the Bengkulu Basin in the development of the Fore Arc Basin, Sumatra. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* , XII (126-132), h. 2-13.

Kusnama, 2004. Tertiary succession of the Gedongharta Region and its relation to the tectonic of South Sumatra. *Special Publication* No. 31, GRDC, Bandung**,** h**.** 14-23.

Pulunggono, A., 1985**.** The changing pattern of ideas on Sundaland within the last hundred years, its implications to oil exploration. *Proceedings 14th Annual Convention Indonesian Petroleum Association*, Jakarta, 1, h. 347-348.