



# Pengaruh Lingkungan Pengendapan terhadap Sebaran dan Kualitas Lapisan Batubara di Desa Kalasari, Papua Barat Daya

Yosiyan Daniel Sinaga<sup>a</sup>, Aang Panji Permana<sup>b\*</sup>, Muh Kasim<sup>c</sup>

<sup>abc</sup>Program Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo 96128, Indonesia

\*email: [aang@ung.ac.id](mailto:aang@ung.ac.id)

## ARTICLE INFO

### Sejarah artikel:

Diterima :09 September 2025

Direvisi : 13 Oktober 2025

Dipublish : 31 Desember 2025

### Keywords:

*Coal seam; Depositional environment; Coal quality; Sedimentology; Papua Barat Daya*

### How to cite this article:

Sinaga, Y. D., Permana, A. P., Kasim, M. (2025). Pengaruh Lingkungan Pengendapan terhadap Sebaran dan Kualitas Lapisan Batubara di Desa Kalasari, Papua Barat Daya. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 4(2), 184-192. <https://doi.org/10.34312/Jage.v4i2.37129>

## ABSTRACT

This study was conducted in Kalasari Village, Salawati District, Sorong Regency, Southwest Papua, within the Contract of Work area of PT Megapura Prima Industri. The research integrated field geological observations, detailed lithological and outcrop descriptions, drill core logging and correlation, and laboratory proximate analysis to characterize coal occurrence and quality. Stratigraphic analysis indicates that the study area is composed of two principal lithological units: the Sele Claystone Unit, deposited in backswamp to swamp environments, and the Sele Sandstone Unit, representing floodplain facies. Borehole correlation reveals coal seam thicknesses ranging from 0.3 to 1.82 m, with a general westward thickening trend, reflecting microtopographic variation and peat stability during deposition. The roof and floor of the coal seams are dominantly claystone or clayey sandstone, indicating overbank flood sedimentation that facilitated peat preservation. Proximate analysis shows that the coal is low rank, characterized by calorific values of 3220–3619 kcal/kg (adb), low ash content (1.7–3.8%), very low sulfur content (<0.2%), and high total moisture (32–37%). These characteristics are typical of freshwater swamp–backswamp facies within an upper delta plain depositional environment with limited clastic input. The relatively thin overburden further constrained coalification, resulting in low calorific values. Overall, the results demonstrate that coal distribution, seam thickness, and coal quality in the study area are strongly controlled by upper delta plain depositional dynamics, particularly swamp and backswamp facies that governed peat accumulation and preservation.

## 1. PENGANTAR

Indonesia merupakan negara dengan cadangan batubara terbesar di dunia, yang tidak hanya berperan sebagai sumber energi primer tetapi juga sebagai komoditas strategis untuk industri smelter. Batubara kalori tinggi khususnya memiliki nilai krusial sebagai bahan bakar (fuel) dan reduktor dalam proses peleburan bijih logam pada smelter. Potensi ini menjadikan batubara sebagai tulang punggung baik untuk ketahanan energi nasional maupun pengembangan industri hilir mineral.

Batubara merupakan endapan padat yang bersifat *combustible*, terbentuk melalui transformasi material tumbuhan yang mengalami proses humifikasi selama periode geologi yang panjang. Menurut Anggayana (2002), material organik ini mengalami serangkaian perubahan fisika-kimia selama jutaan tahun yang meningkatkan konsentrasi karbon secara bertahap, dengan variasi warna dari coklat hingga hitam. Proses pembentukannya diawali dengan dekomposisi vegetasi dalam lingkungan anaerobik, diikuti oleh kompaksi dan pengawetan material organik melalui aktivitas

bakteri anaerob. Tahap awal ini menghasilkan akumulasi biomassa yang kemudian mengalami *peatifikasi* (penggambutan), membentuk lapisan gambut sebagai precursor batubara sebelum mengalami proses *coalifikasi* lebih lanjut. Adapun tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh lingkungan pengendapan terhadap sebaran lapisan dan kualitas batubara.

## 2. METODE

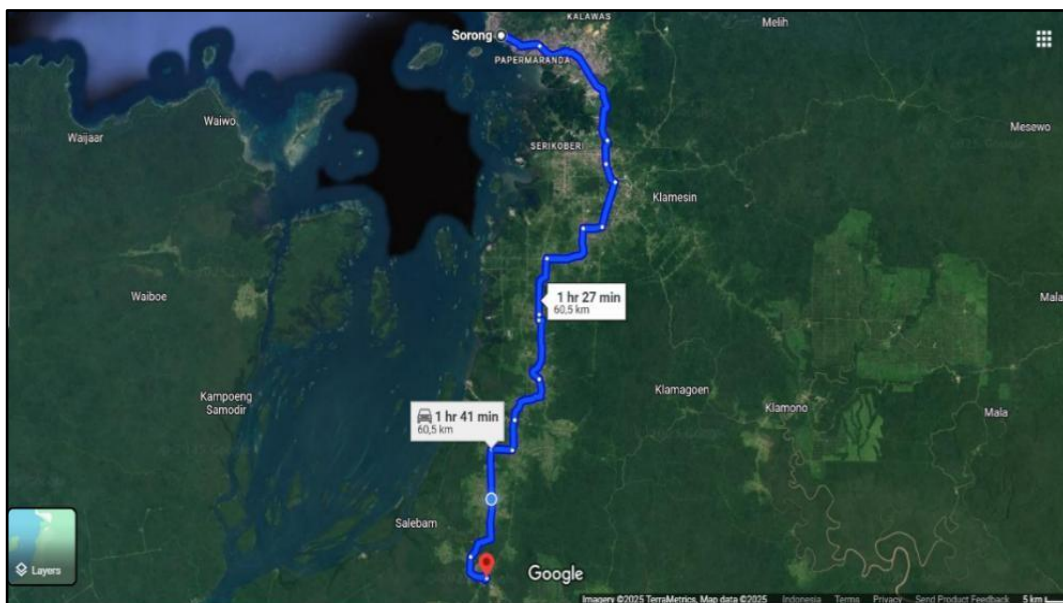
Administrasi lokasi penelitian berada di Desa Kalasari, Kecamatan Salawati, Kabupaten Sorong, Papua Barat Daya, daerah penelitian termasuk dalam daerah Kontrak Karya PT. Megapura Prima Industri. Jika dilihat dari segi geografis maka daerah penelitian ini mempunyai titik koordinat yaitu 1°14'54.36"S 131°14'49.65"T. Keterjangkauan untuk mencapai wilayah penelitian, dapat digunakan kendaraan mobil dari kota Sorong ke PT. Megapura Prima Industri menggunakan mobil dengan jarak ±60 km dengan waktu tempuh ±1 jam (Gambar 1).

Metode yang diperlukan demi tercapainya penelitian ini yaitu pengamatan kondisi geologi daerah penelitian (pengamatan litologi maupun singkapan, dan pengambilan sampel batuan) dan data hasil pemboran berupa inti bor. Analisis laboratorium berupa analisis kimia batubara meliputi analisis proksimat.

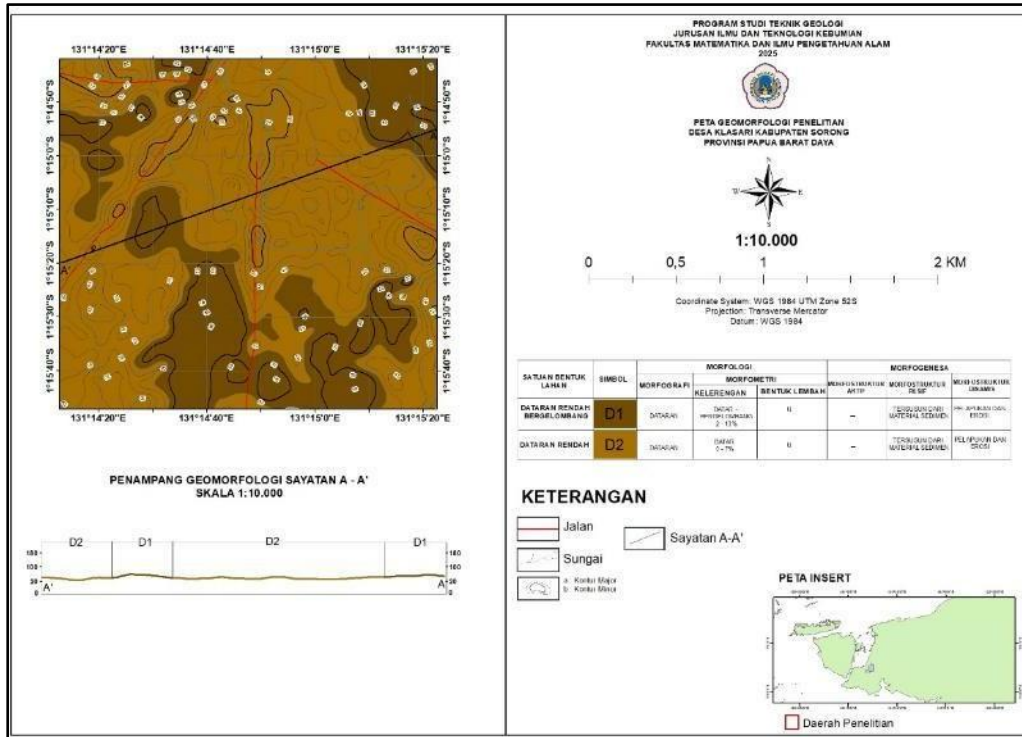
## 3. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Geomorfologi Daerah Penelitian

Pembagian geomorfologi daerah penelitian mengacu pada klasifikasi Van Zuidam (1985) dan Verstappen (1983). Geomorfologi pada daerah penelitian dilakukan dengan menganalisa peta topografi dan mengamati kondisi morfologi pada daerah penelitian. Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi, maka pada daerah penelitian dibagi menjadi 2 (dua) bentuk satuan bentuk lahan yaitu, Dataran Rendah Bergelombang (D1), Dataran Rendah (D2). Subsatuan dataran rendah bergelombang menempati 20% daerah penelitian. Satuan ini memiliki morfografi berupa dataran dengan satuan bentuk lahan dataran rendah bergelombang. Morfometri kelerengan pada daerah penelitian datar – bergelombang dengan persen kelerengan 2 – 13%. Subsatuan dataran rendah menempati 80% pada daerah penelitian. Satuan ini memiliki morfografi berupa dataran dengan satuan bentuk lahan dataran rendah. Morfometri kelerengan pada daerah penelitian datar dengan persen kelerengan 0 – 7% (Gambar 2).



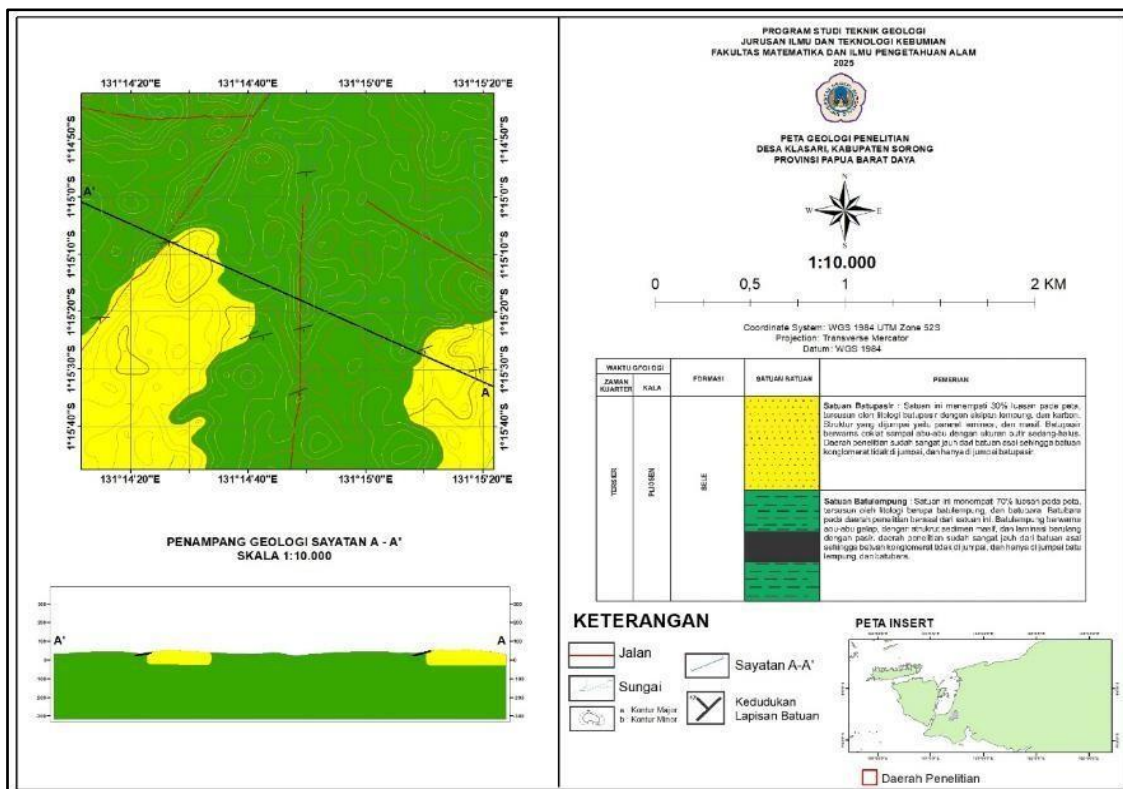
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta geomorfologi lokasi penelitian

### 3.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil pemetaan geologi dan analisis yang telah dilakukan, kolom stratigrafi daerah penelitian dibagi ke dalam beberapa satuan batuan dari tua ke muda yang dapat dilihat dari peta geologi yaitu, Satuan Batulempung Sele, dan atuan Batupasir Sele (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Geologi Lokasi Penelitian

### a. Satuan Batulempung Sele

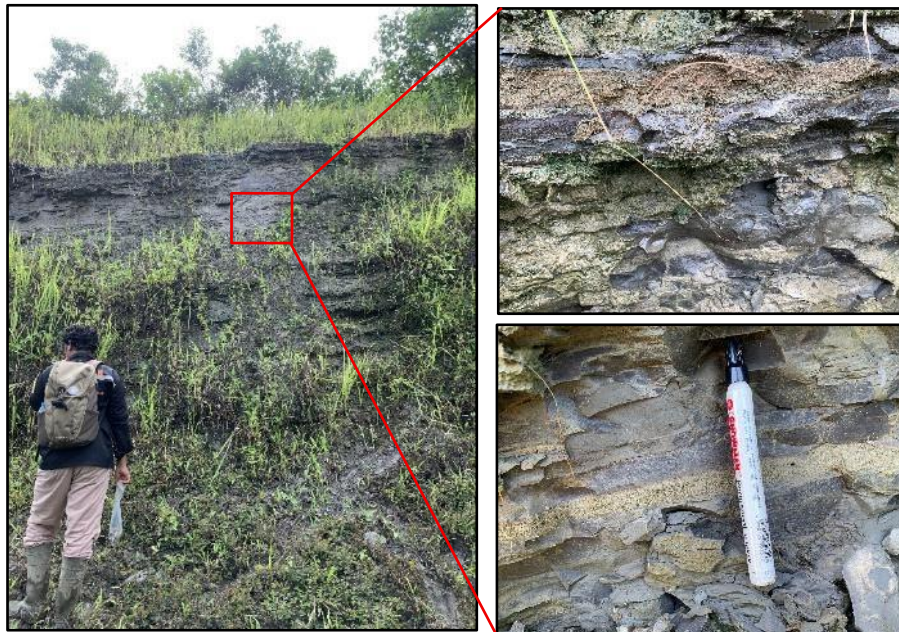
Satuan batulempung ini menempati 80% dari luas total daerah penelitian. Singkapan di temukan pada area-area bukaan tambang dan jalan, dan beberapa titik di lereng. Secara umum kondisi singkapan tidak segar tampak dari luar namun segar jika dilihat dari pengambilan sampel bagian dalam. Pada satuan ini memiliki arah strike dari  $N60^{\circ}E$  sampai  $N90^{\circ}E$  memiliki arah relatif Timur Laut-Barat Daya, dengan dip rata-rata  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$ .

Litologi batulempung pada satuan ini memiliki warna segar yang beragam dari berwarna abu-abu terang sampai gelap. Dengan ukuran butir lempung ( $1/256$ ), membundar sangat, sortasi baik disusun oleh kuarsa, dan material lempung  $>80\%$  dengan nama batuan batulempung – *mudstone*. Singkapan batuan di lapangan pada satuan ini di dominasi oleh singkapan batulempung dengan struktur sedimen perlapisan batulempung dengan batubara, dan batulempung dengan sisipan batupasir, dan *planar-laminated* (Gambar 4 dan 5).

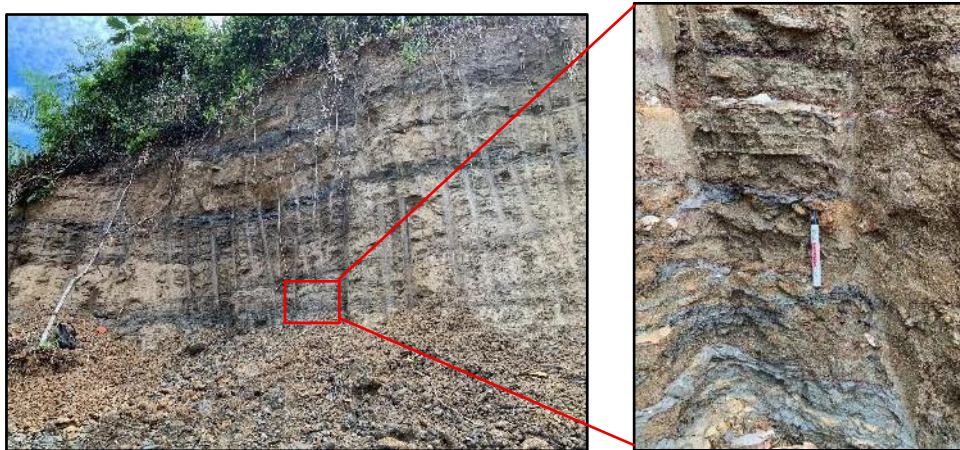
Litologi batulempung abu-abu tua dengan struktur *planar-laminated* halus menunjukkan endapan suspensi dari air banjir berenergi rendah. Fasies ini diinterpretasikan sebagai endapan *sawmp/backswamp* yang terbentuk di lingkungan pengendapan *Upper Delta Plain*.



Gambar 4. Singkapan litologi batulempung struktur *planar-laminated*



Gambar 5. Singkapan litologi batulempung dengan sisipan pasir



Gambar 6. Singkapan batupasir dengan sisipan batulempung dan serpih karbon

### b. Satuan Batupasir Sele

Satuan batupasir ini menempati 20% dari luas total daerah penelitian. Singkapan di temukan pada area-area bukaan tambang dan jalan, dan beberapa titik di lereng. Secara umum kondisi singkapan tidak segar tampak dari luar namun segar jika dilihat dari pengambilan sampel bagian dalam. Pada satuan ini memiliki arah strike dari  $N60^{\circ}E$  sampai  $N90^{\circ}E$  memiliki arah relatif Timur Laut-Barat Daya, dengan dip rata-rata  $0^{\circ}-10^{\circ}$ .

Litologi batupasir pada satuan ini memiliki warna segar yang beragam dari berwarna kecoklatan, kekuningan dan abu-abu. Dengan ukuran butir pasir halus-sangat halus ( $1/4-1/16$ ), membundar sangat, sortasi buruk, disusun oleh fragmen kuarsa, feldspar, dan litik dengan matriks material lempung  $>15\%$  dengan nama batuan *greywack*. Singkapan batuan di lapangan pada satuan ini di dominasi oleh singkapan batupasir dengan struktur sedimen perlapisan batupasir dengan batulempung, perulangan batupasir dengan batulempung, dan batupasir dengan sisipan batulempung dan serpih karbon (batubara) (Gambar 6).

### 3.3 Batubara Daerah Penelitian

Singkapan Batubara (Gambar 7) berada pada aliran air (sungai kecil) memiliki kondisi singkapan basah, batubara memiliki ketebalan 1 m. Singkapan batubara ini memiliki warna hitam kecoklatan dengan gores coklat.

Singkapan Batubara (Gambar 8) berada pada pinggir jalan memiliki kondisi singkapan sedikit basah. Kedudukan lapisan  $N76^{\circ}E/5^{\circ}$ , batubara memiliki ketebalan 60 cm. Singkapan batubara ini memiliki warna hitam kecoklatan dengan gores coklat, dengan *roof* merupakan batulempung soil, *floor* merupakan batulempung. Lapisan batubara yang hampir horizontal ini konsisten dengan model pengendapan gambut di lingkungan *backswamp* sampai *swamp* dengan energi rendah, kemudian mengalami kompaksi.



Gambar 7. Singkapan batubara



Gambar 8. Singkapan batubara



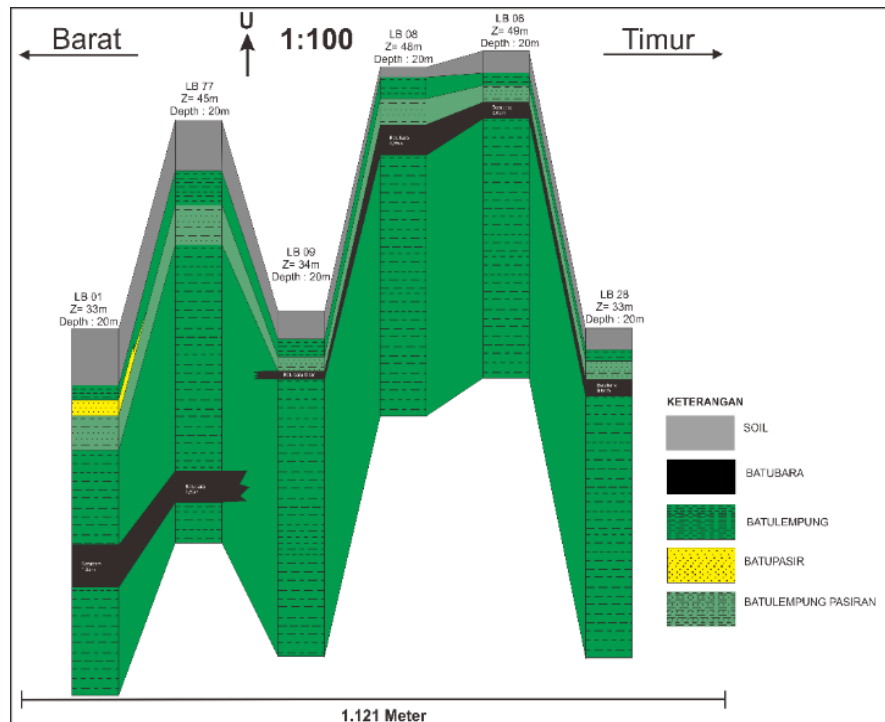
Gambar 9. Core Pengeboran Batubara

### 3.5 Sebaran Lapisan Batubara Daerah Penelitian

Berdasarkan litologi data korelasi penampang data bor, litologi yang terdiri atas batulempung dan lempung pasir diinterpretasikan sebagai produk dari fasies *backswamp*, sedangkan batubara merupakan hasil dari fasies *swamp*. Kehadiran batupasir mencerminkan fasies *flood plain* ke *backswamp* yang juga diduga sebagai penyebab terjadinya sisipan batupasir. Kombinasi fasies ini mengindikasikan lingkungan pengendapan *upper delta plain*. Tidak menerusnya lapisan batubara pada LB 77 dan LB 09 diakibatkan perbedaan litologi pada roof kedua lubang bor.

Tabel 1. Data lubang bor daerah penelitian

Bore Hole (Id)	Elevasi (Z)	From (M)	To (M)	Ketebalan Batubara
LB 01	33	12	13,82	1,82
LB 77	45	20,07	21,7	1,63
LB 09	34	3,4	3,7	0,3
LB 08	48	3,45	5,1	1,65
LB 06	49	3,05	3,74	0,69
LB 28	33	3,05	3,89	0,84



Gambar 10. Korelasi Data Bor Lokasi Penelitian

### 3.6 Pengaruh Lingkungan Pengendapan Terhadap Sebaran Lapisan Batubara

Berdasarkan data korelasi penampang data bor menampilkan fenomena penebalan lapisan batubara dari Timur menebal ke arah Barat, yang mencerminkan lapisan batubara yang tidak menerus dari lingkungan rawa tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa posisi topografi mikro, kestabilan rawa sangat memengaruhi sebaran batubara. Semakin stabil lingkungan pengendapan semakin besar akumulasi gambut lapisan batubara semakin tebal. Kestabilan rawa pada daerah penelitian tidak stabil bisa dilihat adanya penebalan dan penipisan lapisan batubara berdasarkan data bor yang ada.

Lapisan lempung dan lempung pasiran berperan sebagai lapisan atap (*roof*) dan dasar (*floor*) batubara di seluruh penampang korelasi. Sedimen halus ini merupakan hasil dari pengendapan selama fase banjir (*overbank*) di dataran banjir, menandakan bahwa batubara terbentuk dalam fasies *swamp* dan *backswamp*. Oleh karena itu, lapisan batubara di daerah penelitian ini berkembang dalam lingkungan pengendapan *upper delta plain*, yang ditandai oleh interaksi antara rawa, dan dataran banjir.

### 3.7 Pengaruh Lingkungan Pengendapan Terhadap Kualitas Lapisan Batubara

Berdasarkan data kualitas batubara dari penampang korelasi bor, data total sulfur sangat rendah di semua titik bor. Menurut Diessel (1992), batubara dengan sulfur rendah (kurang dari 2%) umumnya berasal dari gambut topogenik dengan muka air tinggi dan pH yang rendah. Tipe rawa ini merupakan rawa yang berkembang di lingkungan terestrial (darat), lingkungan yang cocok adalah lingkungan *upper delta plain*.

Nilai kadar abu rendah menandakan batubara terbentuk di lingkungan minim input sedimen detrital lingkungan *swamp/backswamp* menghasilkan seam dengan ash rendah.

Nilai total moisture yang tinggi menunjukkan bahwa batubara ini masih pada peringkat rendah, tingginya moisture adalah hasil dari pengawetan organik di rawa jenuh air, khas lingkungan *swamp/backswamp*, lingkungan *swamp/backswamp* dengan genangan permanen mempertahankan kondisi anaerob sehingga gambut kaya air tetap terakumulasi.

Penurunan nilai kalori berhubungan dengan peningkatan kadar abu, dan total moisture yang tinggi, yang menyebabkan rendahnya nilai kalorivariasi nilai kalor (*calorific value*) menunjukkan korelasi yang signifikan dengan fasies lingkungan pengendapan. Batubara pada daerah penelitian yang terbentuk dalam fasies *backswamp/swamp* dengan lingkungan pengendapan *upper delta plain*.

Tabel 2. Data kualitas batubara lubang bor daerah penelitian

Bore Hole Id	From	To	CV (Kacl/kg) adb	ASH (%) adb	TM (%) adb	TS (%) adb	FC (%) adb
LB 01	12	13,82	3454	3,3	34,7	0,06	5,2
LB 77	20,07	21,7	3510	1,8	36,8	0,1	6,1
LB 09	3,4	3,7	3619	1,7	37,4	0,2	6,1
LB 08	3,45	5,1	3421	2,4	32,4	0,1	6,8
LB 06	3,05	3,74	3220	3,6	36,1	0,2	6,1
LB 28	3,05	3,89	3400	3,8	37,2	0,1	6,1

Rendahnya tingkat penutupan oleh sedimen klastik menyebabkan proses pembatubaraan (*coalification*) berlangsung secara lambat, sebagaimana teramati pada penampang koralesi data bor dimana lapisan batubara terendapkan pada kedalaman 3,05 meter hingga 20,07 meter. Ketebalan sedimen penutup (*overburden*) yang relatif tipis di atas lapisan batubara tersebut mengindikasikan terbatasnya akumulasi material klastik selama proses pengendapan, sehingga berpengaruh terhadap tingkat kematangan dan nilai kalor batubara.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, pengolahan dan analisis data studio maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pemetaan geologi dan analisis yang telah dilakukan, stratigrafi daerah penelitian dibagi ke dalam 2 satuan yaitu, Satuan Batupasir Sele dan Satuan Batulempung Sele. Batupasir yang dijumpai pada singkapan merupakan hasil endapan dari fasies flood plain, ditandai oleh karakteristik berbutir halus – sedang, berstruktur laminasi planar, dan menunjukkan gradasi normal akibat luapan kanal berenergi tinggi. Sementara itu, batulempung terbentuk dari fasies backswamp, ditunjukkan oleh struktur laminasi halus hingga masif, hasil pengendapan suspensi berenergi rendah di dataran banjir. Dalam beberapa kasus, batulempung masif juga mencerminkan lingkungan transisi menuju fasies swamp, terutama jika berada tepat di bawah lapisan batubara. Pola asosiasi ini menunjukkan pengaruh penting lingkungan rawa dalam pengawetan dan pembentukan lapisan batubara di upper delta plain.
2. Sebaran lapisan batubara di daerah penelitian ini sangat dipengaruhi oleh dinamika lingkungan pengendapan upper delta plain. Lapisan lempung dan lempung pasiran berperan sebagai lapisan atap (*roof*) dan dasar (*floor*) pada lapisan batubara di seluruh penampang korelasi. Sedimen halus ini merupakan hasil dari pengendapan selama fase banjir (*overbank*) di dataran banjir, menandakan bahwa batubara terbentuk dalam fasies swamp dan backswamp, yang berada dalam satu sistem dengan fasies floodplain. Oleh karena itu, lapisan batubara di daerah penelitian ini berkembang dalam lingkungan pengendapan upper delta plain, yang ditandai oleh interaksi antara rawa, dan dataran banjir.
3. Berdasarkan data kualitas batubara, batubara di daerah penelitian terbentuk pada lingkungan pengendapan upper delta plain, khususnya fasies swamp –backswamp dengan kondisi rawa air tawar stabil. Nilai sulfur yang sangat rendah menunjukkan pengaruh lingkungan terestrial (*topogenik swamp*) tanpa keterlibatan air laut, sedangkan kadar abu rendah mengindikasikan minimnya suplai sedimen klastik. Moisture yang tinggi menegaskan bahwa batubara masih berperingkat rendah hasil pengawetan organik dalam kondisi rawa jenuh air. Variasi nilai kalor yang rendah berkorelasi dengan tingginya moisture dan kadar abu, serta dipengaruhi oleh *overburden* tipis, sehingga proses pembatubaraan berlangsung lambat. Dengan demikian, kualitas batubara di daerah penelitian dikontrol kuat oleh lingkungan pengendapan rawa air tawar (*backswamp*) pada upper delta plain serta keterbatasan penutupan sedimen klastik yang menghambat peningkatan rank batubara.

## 5. REFRENSI

- Anggayana, K., 2002., Genesa Batubara, Institut Teknologi Bandung. Departemen Teknik Pertambangan, FIKTM.
- Boggs, Sam, Jr. 2006. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Pearson Education. Oregon. ISBN 0-13-154728-3.
- Diessel, C.F.K. 1992. Coal-Bearing Depositional System. Berlin: Springer – Verlag. Howard, A.D., 1967, Drainage analysis in geological interpretation: A Summation, American Association of Petroleum Geologist, Bulletin.v.51., halaman.2246-2259.
- Horne, J.C., Caruccio, F.T., Baganz, B.P., 1978. Depositional Models In Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region”. The American Assosiation of Petroleum Geologists Bulletin Vol. 62 (12), 2379 – 2411.
- Lamberson, M.N. and Bustin, R.M., 1993: Coalbed methane characteristics of the Gates Formation coals, northestern British Columbia: effect of maceral composition. AAPG Bull,77; p2062-2076.
- McCabe, P. 1 January 1987. Facies studies of coal and coal-bearing strata. Geological Society of London, Special Publications, v.32,.
- Satyana, A.H., 2003. Re-evaluation of the sedimentology and evolution of the kais carbonate platform, salawati basin, eastern indonesia: exploration signific.
- Satyana, A.H., Purwaningsih, M.E.M., and Ngantung, E.C.P., 2002. Evolution of the Salawati structures, eastern Indonesia: a frontal Sorong fault deformation, Proceedings Indonesian Association of Geologists, 31st Annual Convention, p. 277-293.
- Sari, dkk 2005, Pemodelan Perhitungan Cadangan Batubara Dengan Perangkat Lunak Pada PT. Mitra Abadi Mahakam Provinsi Kalimantan Selatan, Journal of Information Technology Vol.2 No.2. ISSN: 2579-566X.
- Stefanko Robert. 1983. “Coal mining technology: theory and practice”.U.S. Department of Energy. Office of Scientific and Technical Information. United States.
- Sukandarrumidi, 1995, Batubara dan Gambut, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta, Hal 15.