

PENGARUH LINGKUNGAN PENGENDAPAN TERHADAP KUALITAS DAN PERINGKAT BATUBARA PADA SATUAN BATUPASIR KUARSA FORMASI BALIKPAPAN

Boy Syamsu¹, Dian Agus Widiarso¹, Reddy Setyawan¹

¹Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang

Email: boysyamsu28@gmail.com

(Diterima: Oktober 2021/Revisi: November 2021 /Disetujui: November 2021)

ABSTRAK

Batubara merupakan salah satu bahan tambang yang terdapat di Kecamatan Sanga-sanga, Kabupaten Kutai Kartanegara, namun belum terlalu banyak dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai lingkungan pengendapan batubara pada daerah tersebut. Tujuan dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh lingkungan pengendapan dan kondisi geologi terhadap kualitas dan peringkat batubara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan data primer berupa pemetaan geologi, analisis maseral, analisis petrografi batubara klasifikasi TPI, GI, GWI dan VI, serta analisis kualitas batubara dan ditambah dengan menggunakan data sekunder berupa penelitian terdahulu. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada daerah penelitian terdapat dua satuan litologi berupa satuan batupasir kuarsa Balikpapan dan satuan batulempung Balikpapan, analisis *measuring* stratigrafi dan analisis maseral pada batubara, satuan batupasir kuarsa Balikpapan diketahui bahwa lingkungan pengendapan batubara terendapkan pada lingkungan *upper delta plain* dengan kondisi *limnic* berdasarkan hasil analisis kualitas batubara dilihat dari kadar abu dan sulfur, seam batubara A3 dan A5 memiliki kadar yang lebih tinggi dibandingkan seam A2 dan A4. Sedangkan peringkat batubara dari masing – masing seam batubara yaitu *subbituminous*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan lingkungan *upper delta plain* pada daerah penelitian mengakibatkan terjadinya perbedaan nilai abu dan sulfur dari lapisan batubara, yang diakibatkan oleh fluktuatif air permukaan dan kondisi geologi yang berkembang berupa struktur geologi.

Kata kunci: *Sanga-sanga, Formasi Balikpapan, lingkungan pengendapan, kualitas batubara, peringkat batubara.*

ABSTRACT

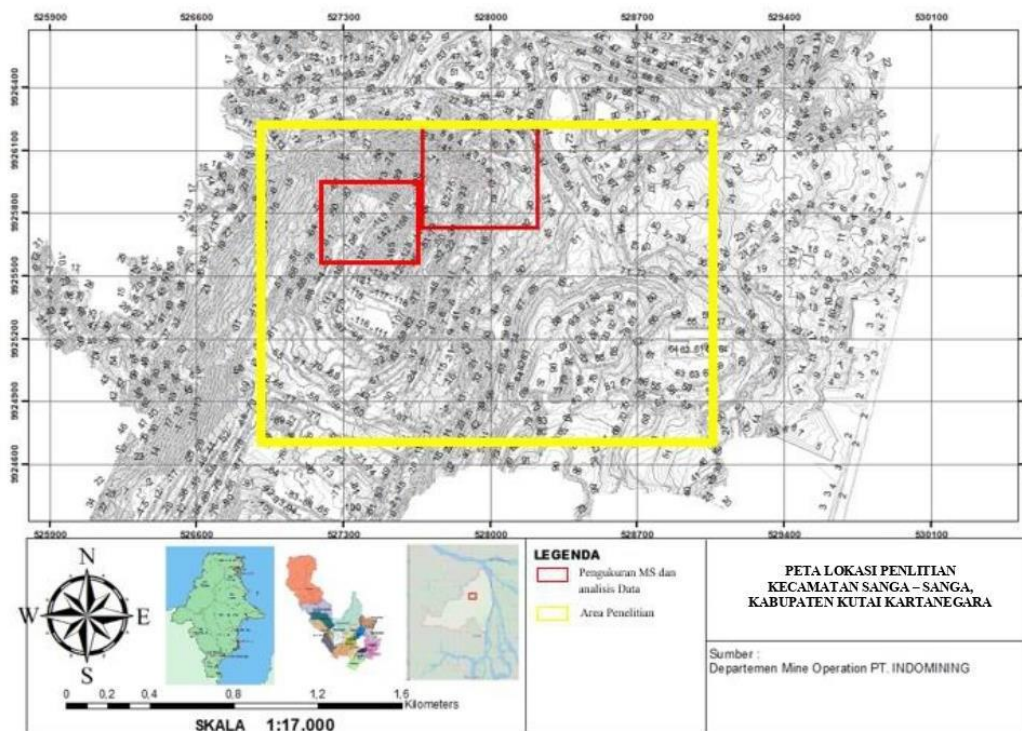
Kutai Kartanegara is one of the areas with quite a lot of coal. The presence of the coal needs to be done further research on the coal depositional environment. The purpose of this research is to determine the effect of the depositional environment on coal quality. Methodology of this research form primary data from the results of field mapping and laboratory analysis and added from previous research. Purpose of the research, it is known that the coal depositional environment is upper delta plain, with limnic conditions, the results of the analysis of coal quality are seen from the ash and sulfur content, A3 and A5 coal seams have higher grades than A2 and A4 seams. The quality of coal in the study area is influenced by the conditions of the depositional environment, namely in the form of constituent materials and fluctuating conditions of seawater and geological conditions that develop.

Keywords: *Sanga-sanga, Balikpapan Formation, depositional environment, coal quality, coal rank.*

1. PENDAHULUAN

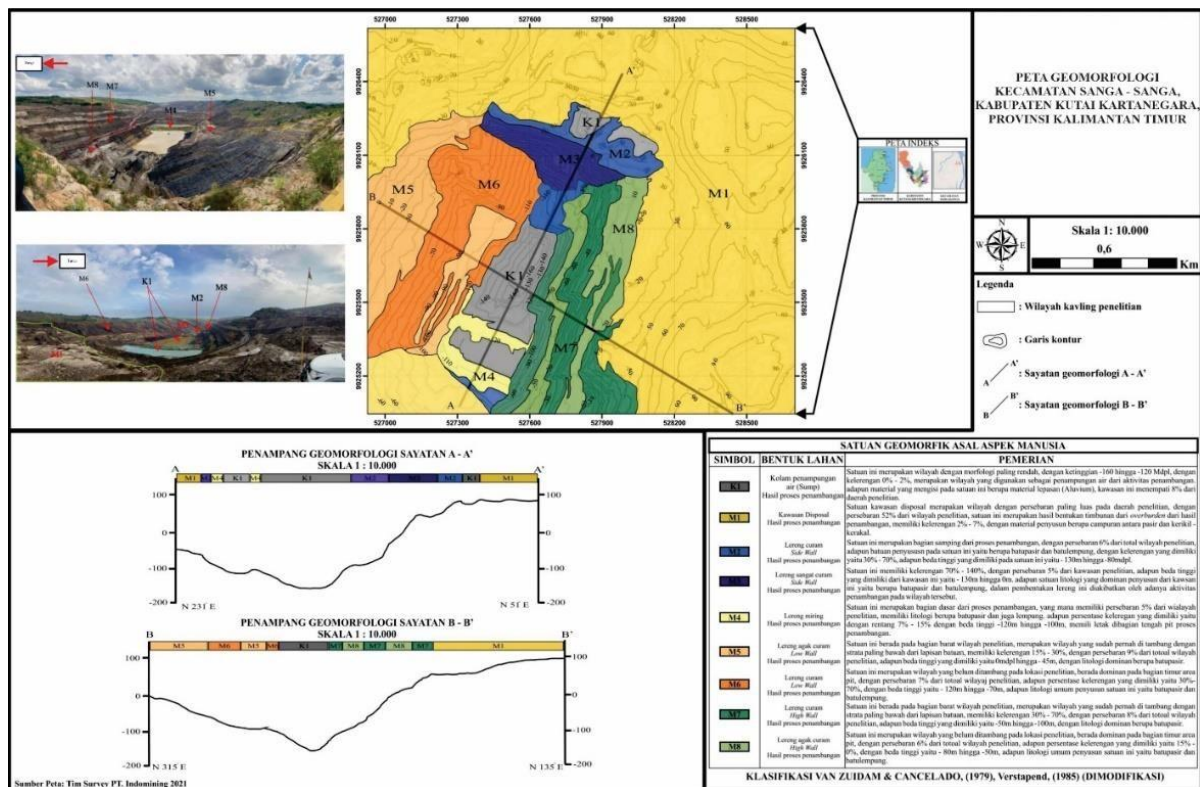
Batubara merupakan salah satu batuan yang terbentuk pada suatu cekungan yang berasal dari hasil akumulasi material organik yang cukup tinggi, berasal dari sisa tumbuhan yang telah terjadi proses litifikasi untuk membentuk lapisan batubara (Yonas, 2016). Keterdapatannya pada suatu cekungan tidak terlepas dari pengaruh kondisi geologi dan kondisi lingkungan pengendapan pada saat batubara terbentuk (Linggadipura, 2017). Tingkat keekonomisan batubara sangat dipengaruhi oleh kualitas batubara itu sendiri (Nuramila, 2019).

Penelitian dilakukan di daerah Sanga – Sanga Dalam, Kabupaten Kutai Kartanegara, penelitian mengenai batubara belum terlalu banyak dilakukan. Penelitian mengenai lingkungan pengendapan dan kajian mengenai kualitas batubara yang nantinya akan berhubungan dengan tingkat keekonomisan batubara yang ditemukan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui beberapa aspek geologi yang ada, seperti kondisi geologi (geomorfologi, litologi, stratigrafi, dan struktur geologi) wilayah penelitian, mengetahui lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian, dengan menggunakan beberapa aspek seperti data stratigrafi terukur dan menggunakan data analisis maseral batubara, mengetahui nilai kualitas dan peringkat batubara yang nantinya akan berhubungan dengan faktor yang mempengaruhi kualitas dan peringkat batubara pada wilayah penelitian.



Gambar 1 Lokasi penelitian, Kecamatan Sanga-sanga, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur (PT Indominig 2021)

Hasil analisis dengan menggunakan data citra, analisis peta topografi pada daerah penelitian dan di bantu dengan data pemetaan lapangan (*surface mapping*) dengan menggunakan klasifikasi lereng oleh Van Zuidam & Cancelado (1983) dan Verstappen (1983) yang dimodifikasi dengan morfogenesis daerah penelitian merupakan bentuk lahan *antopogenic*. Bentuk lahan *antropogenic* merupakan salah satu bentuk lahan yang pembentukannya dipengaruhi oleh campurtangan manusia, sehingga pada lahan tersebut menggunakan istilah tertentu pada penelitian kali ini menggunakan istilah yang diajukan oleh Sancoko (2010), daerah penelitian dapat dibagi menjadi 6 satuanyaitu, bentuk lahan *sump*, bentuklahan disposal, bentuklahan *side wall* (curam dan sangat curam), bentuk lahan lereng miring penambangan, bentuk lahan lereng *low wall* (agakcuram dan curam) dan bentuk lahan lereng *high wall* (agak curam dan curam) (Gambar 2).



Gambar 2 Peta geomorfologi (Peneliti 2021)

Pemetaan geologi permukaan (*surface mapping*) daerah penelitian secara stratigrafi disusun oleh 4 satuan batuan yang di runtut dari tua ke muda yaitu satuan batupasir kuarsa Formasi Balikpapan (Tmbp), satuan batulempung Formasi Balikpapan (Tmbp), satuan alluvium (Qa) dan satuan disposal (Qa) (Gambar 3).

Satuan batupasir kuarsa Formasi Balikpapan, Komposisi umum pada batuan ini didominasi oleh mineral kuarsa, pecahan batubara, semen silica dengan warna dominan yaitu coklat muda. Ukuran butir dominan pasir halus hingga pasir kasar (1/4 mm – 1mm) (Wentworth, 1922), keterdapatn struktur sedimen pada batuan ini berupa *parallel* laminasi bergelombang,

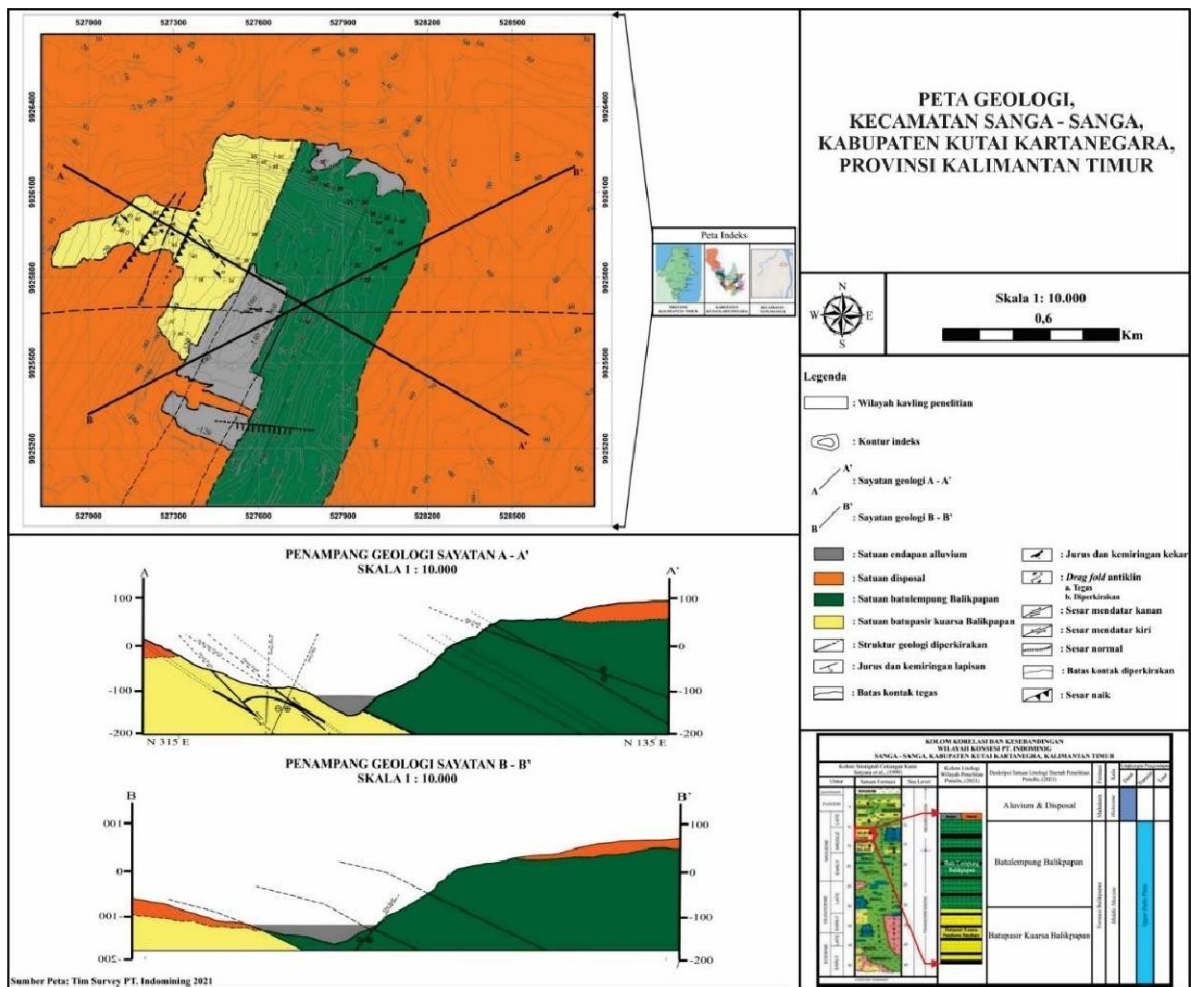
massif, *flasher*, dan *cross bedding*. Selain keterdapatan batupasir kuarsa pada satuan ini juga terdapat perselingan batulempung dengan warna abu – abu hingga coklat, dengan struktur sedimen berupa *massif* dan *lenticular* dan keterdapatan 5 lapisan *seam* batubara dengan rata-rata ketebalan 1–5 meter. Secara stratigrafi satuan batupasir kuarsa memiliki persebaran dominan pada bagian barat dengan persebaran 20% pada wilayah konsesi (Gambar 3).

Satuan batulempung Formasi Balikpapan, keterdapatan batulempung memiliki ciri – cirri fisik yaitu berwarna abu – abu hingga kecoklatan, dengan struktur sedimen yang didapat berupa laminasi, *massif*, dan juga terdapat struktur *lenticular*, ukuran butir yaitu ($<1/256\text{mm}$) (Wentworth, 1922) dengan komposisi utama mineral lempung dengan semen silika, di beberapa lokasi ditemukan kenampakan *woody structure* (struktur kayu). Selain keterdapatan batulempung, pada satuan ini juga memiliki perselingan batupasir pasir halus hingga pasir kasar ($1/8\text{ mm} - 1\text{mm}$), keterdapatan struktur sedimen pada batuan ini berupa *parallel* laminasi bergelombang, *massif*, *flasher*, dan *cross bedding* dan lapisan batubara dengan memiliki 9 *seam* batubara. Persebaran satuan batulempung Formasi Balikpapan, mendominasi pada batian timur konsesi dengan persebaran 30% dari wilayah penelitian (Gambar 3).

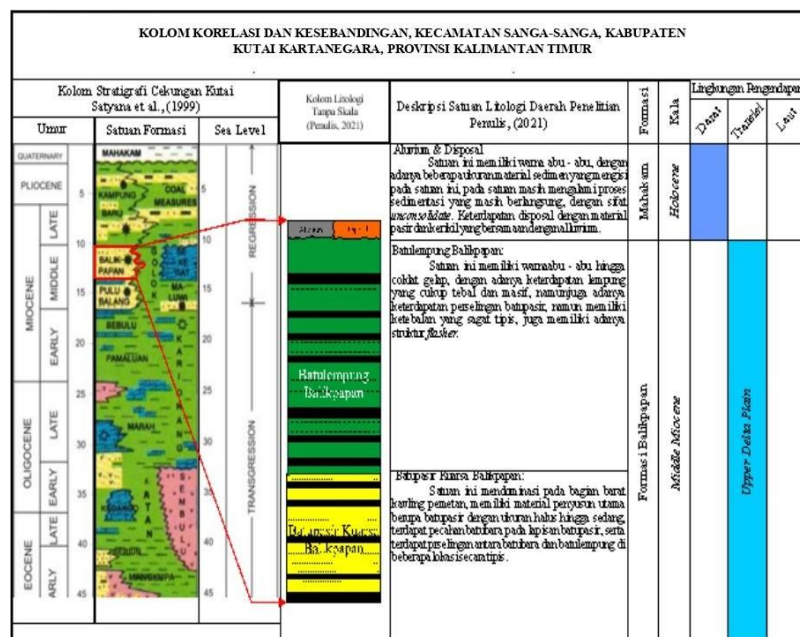
Satuan endapan alluvium merupakan salah satu endapan yang tersusun dari material-material lepasan hasil dari transportasi dan rombakan batuan yang memiliki umur lebih tua dan juga dapat berasal dari material yang belum terkompaksi yang tertransportasi oleh air. Secara umum material penyusun endapan ini terdiri dari material berukuran lempung hingga pasir, tidak dijumpai perselingan atau perlapisan batuan dan struktur sedimen. Satuan ini sebagian besar tersebar pada area *sump* (kolam penampungan air) dengan persebaran 10% dari area penelitian (Gambar 3).

Satuan disposal merupakan satuan yang terbentuk oleh aktivitas manusia berupa material hasil proses pengerukan material penutup dari lapisan batubara yang diletakan pada suatu tempat, satuan ini tidak memiliki lapisan dan juga struktur sedimen, sehingga dalam penentuan hubungan stratigrafi yang berada diatasnya berupa bidang erosi. Satuan disposal memiliki persebaran secara menyeluruh pada area penelitian, dengan persebaran 60% (Gambar 3).

Kondisi stratigrafi pada daerah penelitian dapat dilihat pada kolom kesebandingan (Gambar 4), menjelaskan bahwa satuan batupasir kuarsa Formasi Balikpapan dan satuan batulempung Formasi Balikpapan terendapkan secara selaras, hubungan stratigrafi batulempung Formasi Balikpapan dengan satuan endapan alluvium dan disposal terendapkan secara tidak selaras dan satuan endapan alluvium dan disposal terendapkan menjari.



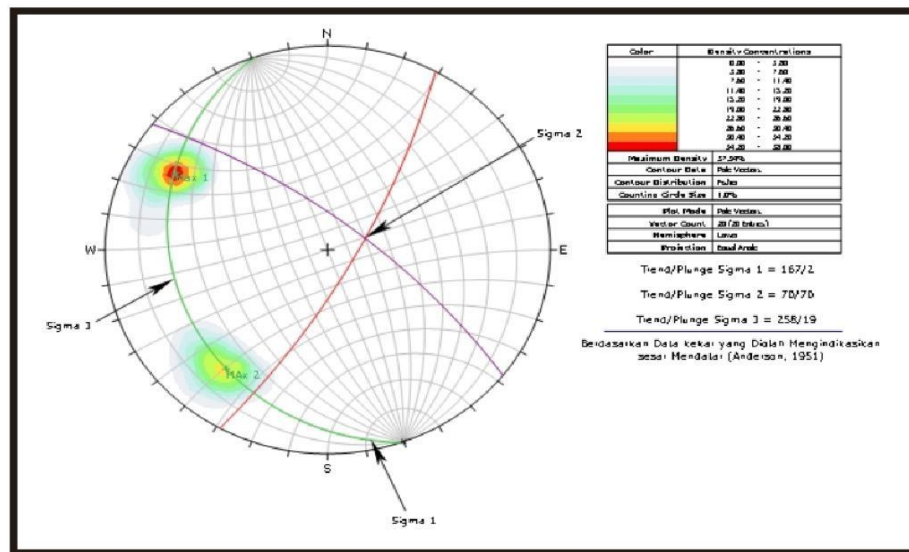
Gambar 3 Peta geologi (Peneliti, 2021)



Gambar 4 Kolom korelasi dan kesebandingan (Peneliti 2021)

Analisis struktur geologi daerah penelitian dilakukan pada beberapa strukutr geologi yaitu berupa kekar, sesar, *drag fold*.

Analisis Kekar: Pengukuran kekar di lakukan pada lokasi pengamatan 47, pengamatan dilakukan pada litologi batupasir kuarsa secara umum keterdapatan kekar gerus daerah penelitian memiliki arah dominan N 332⁰ E/75⁰, N 18⁰ E/73⁰. Berdasarkan hasil analisis stereografis pada data kekar, diketahui bahwa tegasan utama pembentuk kekar yaitu *south east* hingga *north west* (Gambar 5).



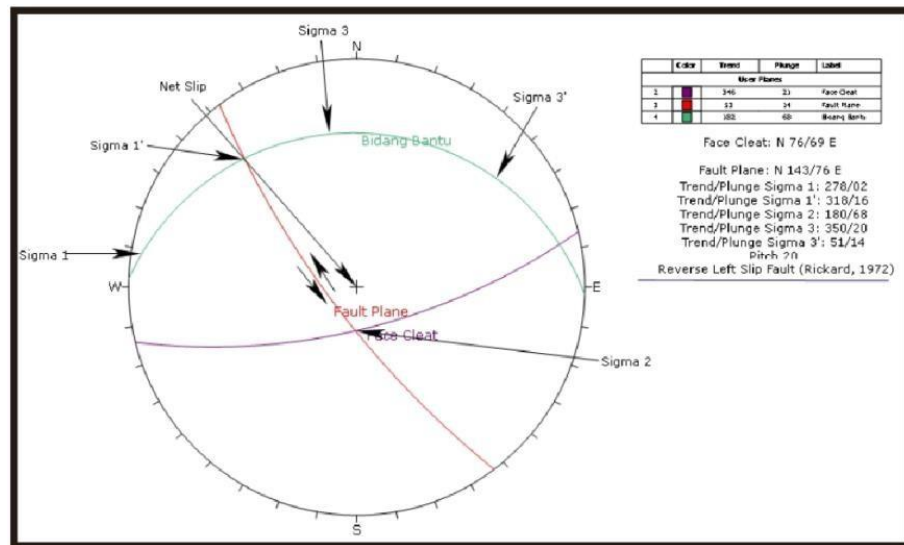
Gambar 5 Analisis stereografis kekar pada litologi batupasir kuarsa

Cleat: Menurut (Ryan, 2003) berdasarkan pembentukannya *cleat* dibagi menjadi eksogenik (proses strukturgeologi) dan endogenik (alamiah), pembedaan ini didasarkan atas nilai sudut yang terbentuk antara *cleat* dan perapisan batuan, <70⁰ eksogenik *cleat* dan sebaliknya tabel 1 (Apriyani, dkk.,2013).

Tabel 1 Tabulasi data *face cleat*

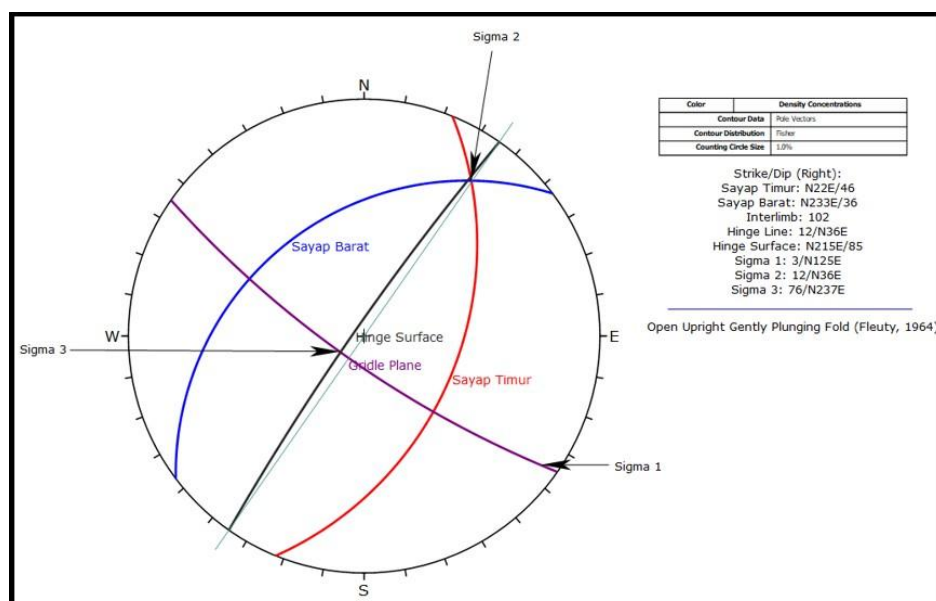
No. LP	Seam	Face Cleat	Kedudukan Batuan	Pengisi	Proses pembentukan (Apriyani, dkk., 2013)
2	14	N108 ⁰ E/70 ⁰	N22 ⁰ E/33 ⁰	-	Endogenik
11	13	N103 ⁰ E/68 ⁰	N22 ⁰ E/33 ⁰	-	Endogenik
55	1	N76 ⁰ E/69 ⁰	N23 ⁰ E/43 ⁰	Lempung	Eksogenik

Struktur Sesar: Keterdapatan sesar dilakukan pengukuran dengan data berupa bidang sesar, *cleat* dan *face cleat* yang diinterpretasikan sebagai kekar tension/*gash fracture*. Berdasarkan analisis stereografis (Gambar 6) yang dilakukan maka penamaan sesar dapat diklasifikasikan berdasarkan (Rickard, 1972) maka dapat diketahui nama sesar yaitu *Reverse Left Slip Fault*.



Gambar 6 Analisis stereografis sesar mendatar bagian barat konsesi (LP 52)

Drag fold dan sesar aik: Analisis yang telah dilakukan terhadap *drag fold* (Gambar 7) diperoleh kedudukan sumbu N215°E/85°, dengan nilai *plunge* yang terbilang kecil yaitu 12°. Berdasarkan (Moody & Hill, 1961, dalam Rodhi & Raharjo, 2007) penarikan sesar dapat mengikuti dasar hubungan antara pembentukan struktur penyerta dengan sesar utama yaitu sebesar 12° dari sumbu *drag fold*. Maka dapat diketahui bahwa kedudukan sesar yaitu N227°E dengan kemiringan *north – west*, yang diasumsikan dari kedudukan *drag fold* dan keterdapatan struktur regional pada daerah penelitian. Dengan keterdapatan nilai *plunge* dari hasil analisis *drag fold* yang kecil, maka dapat diketahui bahwa pergerakan sesar relatif naik dengan kedudukan bidang sesar N227°E dengan arah dominan kemiringan *north – west*.



Gambar 7 Hasil analisis stereografis *drag fold* pada bagian barat konsesi

2. METODOLOGI

Metode yang dilakukan yaitu dengan menggunakan data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan dengan menggunakan pemetaan permukaan (*surface mapping*) dan sekunder merupakan metode untuk mendapatkan data sekunder sebagai penunjang data primer, berupa studi literatur baik dari buku, jurnal atau karya ilmiah. Beberapa tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dapat dibagi menjadi 3, tahap pendahuluan, tahap pelaksanaan dan tahap analisis data.

Tahap pendahuluan merupakan tahapan awal dalam penelitian, tahapan ini dilakukan untuk memudahkan dalam tahapan pelaksanaan lapangan, tahapan ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu persiapan peralatan dan perlengkapan lapangan, orientasi awal lapangan, mempelajari kondisi geologi regional daerah penelitian.

Tahapan pelaksanaan/lapangan merupakan salah satu proses penting dalam penelitian ini, pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data geologi dan data pendukung yang dapat digunakan dalam pembuatan laporan penelitian ini pada area penelitian. Pengumpulan data penelitian dilakukan pengamatan langsung di lapangan (data primer) yang diperoleh dari pemetaan geologi lapangan.

Tahapan analisis merupakan salah satu tahapan yang sangat penting pada penelitian ini, pada tahapan ini dilakukan penggabungan dari beberapa data dari bahan bacaan seperti jurnal, geologi regional dan penelitian terdahulu dan ditambah dari data lapangan didukung dengan analisa laboratorium meliputi: analisis petrologi, analisis petrografi, analisis struktur geologi, analisis paleontologi, serta analisis data lapangan yang dibuat menjadi suatu penampang terukur (profil), agar dicapai kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Petrografi Batubara

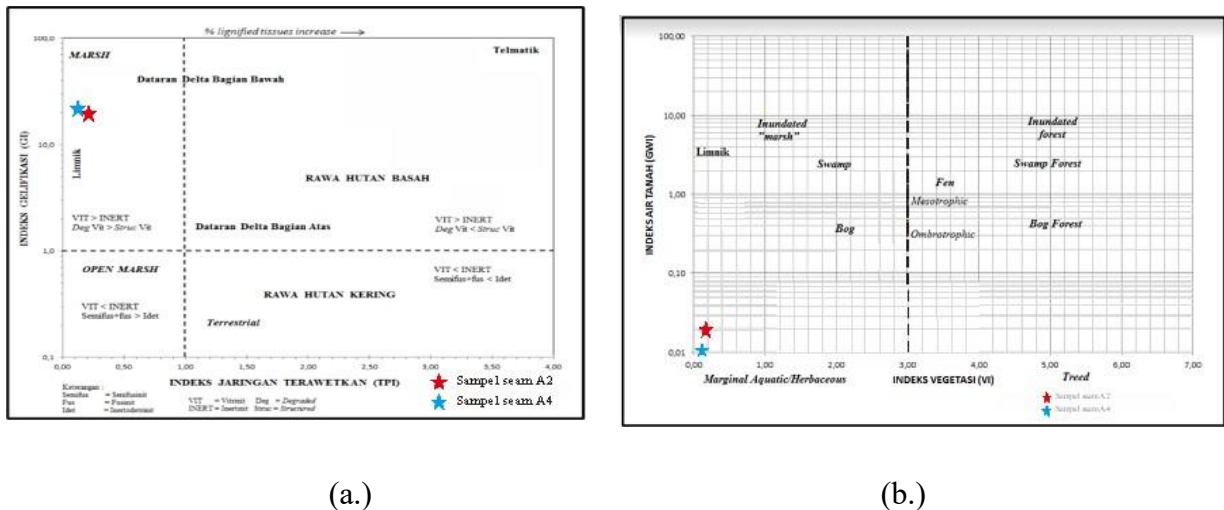
Petrografi batubara, digunakan untuk mengetahui komposisi detail batubara secara keseluruhan, adapun keterapatan komposisi umum batubara yaitu berupa maseral *vitrinite*, *liptinite*, *inertinite* dan *mineral matters*. Maseral *vitrinite* maseral ini memiliki kelimpahan yang paling dominan yaitu (89,9% - 90,3%), maseral *liptinit* memiliki kelimpahan (3,5% - 5,2%), maseral *inertinite*, memiliki kelimpahan (4,4%) dan mineral *matters* memiliki kelimpahan (1,8% - 0,5%) (Lampiran 1), hasil perhitungan maseral pada sampel (Amijaya & Littke, 2005) dapat dilihat pada (Tabel 2).

Tabel 2 Tabulasi perhitungan maseral (Amijaya dan Littke, 2005)

Kode Sampel	TPI	GI	GW	VI
A2	0,2	20,5	0,02	0,1
A4	0,18	21,3	0,01	0,07

Lingkungan Pengendapan Batubara Berdasarkan Data Maseral

Berdasarkan data maseral yang dimiliki dilakukan *ploting* dengan menggunakan klasifikasi (Diessel 1992, Modifikasi Amijaya & Littke, 2005) diperoleh lingkungan pengendapan batubara yaitu pada lingkungan *limnic* dengan kondisi *bog ombrothropic* (Gambar 8).



Gambar 8 (a.) Ploting nilai TPI dan GI, (b.) Ploting nilai GI dan VI, Diesse, 1992, modifikasi Amijaya dan Littke, 2005)

Ploting nilai TPI – GI dan GI - VI dapat dilihat memiliki kondisi yang bertolak belakang, hal ini dapat diinterpretasikan pembentukan batubara awal diasumsikan berawal dari *mire* yang terendapkan pada kondisi *limnic*. Kondisi tersebut mengindikasikan sumber air yang ada berasal dari air tanah sehingga kondisi gambut tergenang oleh airtanah, selanjutnya akibat akumulasi penumpukkan gambut yang relatif cepat dan terjadi berulang sehingga gambut akan membentuk bentuk kubah (*dome*) dengan tipe gambut *high moor*. Kondisi pertumbuhan gambut tersebut menurut (Angayana, dkk, 2014) menjelaskan bahwa pengertian *limnic* adalah gambut yang berbentuk kubah atau *raised bog*. Sebagian besar gambut terendam air dan muka air mengikuti permukaan kubah dimana kondisi muka air tersebut merupakan batasan antara zona jenuh air (terendam air) dengan zona tidak jenuh air (kering) sehingga pada zona kering ini menjadi salah satu zona yang memiliki sumber air dari air hujan.

Lingkungan Pengendapan Formasi Pembawa Batubara

Pengindikasikan kondisi lingkungan pengendapan formasi pembawa batubara, dilakukan dengan menggunakan dua parameter (data maseral dan data stratigrafi). Pengamatan stratigrafi dari data lapangan yaitu secara fisik dan kimiawi batuan dapat diketahui pada daerah penelitian memiliki beberapa fasies lingkungan pengendapan berupa *levee*, *channel* dan *flood plain*, berdasarkan fasies lingkungan pengendapan (Lampiran 2) dilakukan pengklasifikasian dengan menggunakan permodelan (Horne, 1978) dapat diketahui bahwa lingkungan pengendapan formasi pembawa batubara pada satuan batupasir kuarsa Formasi Balikpapan yaitu *Upper Delta Plain*. Selain menggunakan data stratigrafi juga dapat digunakan data maseral untuk mengetahui kondisi lingkungan pengendapan batubara daerah

penelitian. Berdasarkan hasil plotting nilai TPI – GI dan GWI – VI berdasarkan klasifikasi (Diessel, 1992, Modifikasi Amijaya & Littke, 2005) diketahui lingkungan pengendapan *limnic* dengan kondisi *bog-ombrothropic*.

Analisis Kualitas Dan Peringkat Batubara

a. Kualitas Batubara

Analisis kualitas terhadap 4 lapisan batubara menggunakan 5 parameter data kualitas yaitu *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter*, *total sulphur* dan *caloric value*.

Inherent Moisture: Kualitas batubara berdasarkan nilai *inherent moisture* memiliki masing – masing nilai pada 4 lapisan batubara. *Seam A2* memiliki rata – rata (% Adb) 11,8, *seam A3* rata – rata 11,5, *seam A4* rata – rata 12,76 dan *seam A5* memiliki rata – rata 11,63.

Volatile Matter: Nilai zat terbang (*volatile matter*) pada masing – masing sampel batubara memiliki beberapa nilai yang cukup berbeda. *Seam A2* memiliki rata – rata (% Adb) 41,4, *seam A3* rata – rata 39,45, *seam A4* memiliki rata – rata 39 dan *seam A5* rata – rata 40,6.

Ash Content: *Ash content* atau dapat disebut juga sebagai kadar abu, merupakan salah satu parameter yang cukup berpengaruh dalam identifikasi kualitas batubara. Nilai *ash* dari masing – masing sampel batubara (% Adb) yaitu memiliki nilai rata – rata *seam A2* memiliki rata – rata 2, *seam A3* memiliki rata – rata 6,83, *seam A4* 4,9 dan *seam A5* 2,87.

Total Sulphur: Analisis kadar sulfur pada beberapa sampel batubara memiliki nilai yang cukup berbeda dari masing – masing conto batuan yaitu (% Adb), *seam A2* memiliki rata – rata 0,2, *seam A3* memiliki rata – rata 2,2, *seam A4* rata – rata 0,7 dan *seam A5* 1,71.

Caloric Value: Nilai kalori merupakan salah satu parameter untuk menentukan tingkat ekonomis batubara. Sampel analisis kualitas batubara yang dilakukan memiliki nilai yang cukup berbeda (Kcal/Kg Adb), *seam A2* memiliki rata – rata 6.462, *seam A3* rata – rata 6.066, *seam A4* memiliki rata – rata 6.101 dan *seam A5* 6.234.

b. Peringkat Batubara

Penentuan peringkat batubara menggunakan beberapa parameter berupa nilai *volatile matter* dan *reflectance vitrinite*. Klasifikasi peringkat batubara yang digunakan menurut (ASTM, 1983, modifikasi Meissner, 1984) dapat diketahui bahwa pada 4 sampel analisis batubara memiliki nilai *volatile matter* dan nilai *reflectance vitrinite*, dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3 Nilai *reflectance vitrinite* dan *volatile matter* sampel batubara

Kode Sampel	<i>Volatile Matter</i> (adb)	<i>Volatile Matter</i> (dmmf)	<i>Reflectance Vitrinite</i> (%)	peringkat
A2	41,4	46,63	0,38	<i>Subituminous</i>
A3	39,45	46,25	-	<i>Sbuituminous</i>
A4	39	44	0,38	<i>Sbuituminous</i>
A5	40,6	47,44	-	<i>Sbuituminous</i>

Pengaruh Lingkungan Pengendapan dan Kondisi Geologi Terhadap Kualitas dan Peringkat Batubara

Kondisi lingkungan pengendapan dan kondisi geologi dapat mempengaruhi kualitas dan peringkat batubara pada suatu cekungan pengendapan batubara (Nuramalia, 2019). Analisis *inherent moisture* pada sampel batubara memiliki nilai yang berbeda – beda, hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pembentuk batubara, kondisi air permukaan relative lebih tinggi dibandingkan dengan penggabutan, sehingga memiliki kadar air yang cukup tinggi, namun faktor eksternal saat analisis batubara juga menjadi faktor pengaruh juga.

Kadar abu dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pengendapan batubara, berdasarkan lingkungan pengendapan batubara yaitu berada pada *upper delta plain*, pada lingkungan ini semua material dapat terendapkan, sehingga dapat mempengaruhi kadar abu pembentuk batubara. *Volatille matter* pada sampel batubara memiliki nilai yang berbeda– beda, faktor pengontrol pembentukan nilai *volatile matter* ini dapat diakibatkan oleh kondisi cekungan yang tidak stabil dan juga dapat dipengaruhi oleh tidak meratanya *burial depth* pada suatu cekungan.

Nilai sulphur dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan batubara, sampel batubara yang memiliki nilai bervariasi diakibatkan oleh pengaruh naik turunnya muka air laut, sehingga proses kimiawi dapat mempengaruhi pembentukan sulfur pada batubara. Nilai kalori dan peringkat batubara dapat diakibatkan oleh faktor fisik yang ada ada proses pembentukan batubara, seperti kondisi tektonik, *burial depth* dan gesekan akibat adanya zona pensesaran yang mengakibatkan batubara yang ada mengalami peningkatan suhu dan panas sehingga menjadikan proses fisik tersebut meningkatkan nilai kalori dan peringkat batubara.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada daerah penelitian, dapat diketahui bahwa lingkungan pengendapan batubara pada lokasi penelitian berdasarkan stratigrafi terendapkan pada lingkungan *upper delta plain* dengan fasies berupa *flood plain*, *levee* dan *channel*, sedangkan berdasarkan plot nilai TPI, GI, GWI dan VI, sampel batubara terendapkan pada lingkungan *limnic* dengan kondisi *bog-omrotrophic*. Kualitas batubara dilihat dari kadar abu dan sulfur, seam batubara A3 dan A5 memiliki kadar yang lebih tinggi dibandingkan seam A2 dan A4. Sedangkan peringkat batubara dari masing – masing seam batubara yaitu *subbituminous*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan lingkungan *upper delta plain* pada daerah penelitian mengakibatkan terjadinya perbedaan nilai abu dan sulfur dari lapisan batubara, yang diakibatkan oleh fluktuatif air permukaan dan kondisi geologi yang berkembang berupa struktur geologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro, PT Indomining, PT. Sucofindo dan semua pihak yang belum dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amijaya, H. & Littke, R. (2005). Microfasies and depositional environment of Tertiary Tanjung Enim low rank coal, South Sumatra, Basin, Indonesia. *Proceedings of 61th International Journal of Coal Geology*, Jakarta: 2005. Hal 197- 221.
- Apriyani, N., Suharmono., & Momen, M. (2013). Integrated cleat analysis and coal quality on CBM exploration in Sangatta II Field, Kutai Basin, East Kalimantan. *Proceedings of 37th Indonesian Petroleum Association*, Turkey: 2013.
- Diessel, C.F.K. (1992). *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Horne, F, JC, Caruccio, F.T., & Baganz, B.P. (1978). *Depositional Models in Coal Exploration and Planning in Appalachian Region*. 62th of AAPG. Amerika: 1978. Hal 2379
- Linggadipura, R. (2016). Lingkungan Pengendapan dan Karakteristik Batubara Pada Formasi Sawahlunto, Daerah Ranith Dan Skitarnya, SUMATERA BARAT. *Proceeding Seminar Nasional Ke – 10*.
- Nuramalia. (2019). Tingkat Keekonomian Kegiatan Penambangan Batubara, PT Citra Tobindo Sukses Perkasa Berdasarkan Metode Discontinued Cash Flow. *Universitas Sriwijaya. Vol 10, No 1, 2021*
- Rickard, M.J. (1972). *Fault classification – discussion: Geological Society of 83th America Bulletin*. America: 1972. Hal 2545–2546.
- Rodhi, A., & Raharjo, S. (2007). Kontrol Struktur Geologi Terhadap Penyebaran Lapisan Batubara di Daerah Binungan Blok 1-4 Berau. Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmiah MTG*.
- Ryan, B. (2003). *Cleat Development in Some British Columbia Coals, New Ventures Branch, Geological Fieldwork 2002*, Paper 2003-1, British Columbia Geological Survey.
- Sancoko, I. (2010). *Calssification of open pit mine*.
- Van Zuidam, R.A. & Cancelado. (1979). *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs*. ITC 350, Boulevard 1945, 7511 AL Enchede, the Netherlands.
- Verstappen, H. (1983). *Applied geomorphology: Geomorphological surveys for environmental development*. Amsterdam.
- Wentworth, C.K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology* 30th. Hal 377–394.