

**ANALISIS ANOMALI KANDUNGAN TOTAL SULFUR
DALAM PENENTUAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN
BATUBARA SEAM X78 FORMASI BALIKPAPAN
DI DAERAH SEPARI, KALIMANTAN TIMUR**
*ANALYSIS OF TOTAL SULFUR CONTENT ANOMALY
TO DETERMINE THE COAL DEPOSITIONAL ENVIRONMENT
FROM X78 COAL SEAM IN BALIKPAPAN FORMATION
AT SEPARI AREA, EAST KALIMANTAN*

***Teddy Tresnanto, **Yoga Andriana S, dan **Budi Muljana**

*PT Sinergy Consultancy Services

**Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

teddy_tresnanto@yahoo.com

diterima : 23 Juni 2014

direvisi : 26 Juni 2014

disetujui : 4 Agustus 2014

ABSTRAK

Batubara *seam* X78 pada Formasi Balikpapan, Cekungan Kutai, secara lateral memiliki anomali kandungan total sulfur, dimana di bagian utara dan selatan daerah penelitian kandungan sulfur cukup tinggi dibandingkan di bagian tengah daerah penelitian dengan kecenderungan meningkat ke bagian selatan daerah penelitian. Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara dan pengaruh batuan pengapit terhadap anomali kandungan total sulfur *seam* X78. Metoda analisis yang digunakan adalah analisis proksimat untuk mengetahui kandungan abu, analisis kimia abu untuk mengetahui kandungan Na_2O , analisis petrografi dilakukan sebagai validasi dalam penentuan lingkungan pengendapan batubara, analisis *form of sulfur* untuk mengetahui jenis sulfur dan analisis SEM untuk mengetahui jenis pirit. Untuk menguji pengaruh kandungan total sulfur batuan pengapit terhadap kandungan total sulfur batubara *seam* X78 maka dilakukan analisis statistik.

Dari hasil analisis petrografi diketahui komposisi maseral didominasi oleh maseral asal tumbuhan perdu yang cenderung meningkat dari arah utara ke selatan daerah penelitian namun berbanding terbalik dengan komposisi maseral asal tumbuhan kayu. Batubara *seam* X78 dapat diinterpretasikan sebagai endapan dalam lingkungan *lower delta plain* dengan sub lingkungan *limnic – marsh*. Berdasarkan analisis statistik pengaruh batuan pengapit terhadap anomali kandungan total sulfur pada *seam* X78 dapat disimpulkan bahwa khususnya pada blok 1, total sulfur batubara *seam* X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan bagian bawah. Manfaat penelitian ini adalah untuk arah pengembangan area eksplorasi, strategi rencana penjualan produk batubara yang tersedia pada area eksplorasi dan strategi perencanaan *blending* khususnya kandungan total sulfur batubara.

Kata kunci : Batubara, lingkungan pengendapan, maseral, sulfur.

ABSTRACT

Coal seam X78 at Balikpapan Formation of the Kutai Basin laterally shows anomaly of total sulfur content, where in the north and south part of the study area sulfur content is higher than in the central part with an increasing trend to the south. The objective of this study was to determine the depositional environment of coal and rock influences on the anomalies of the total sulfur content of seam X78. The methods of analyses used in this research were the

proximate analysis to determine the ash content, ash chemical analysis to determine the content of Na₂O, petrographic analysis was carried out as validation in determining the coal depositional environment, forms of sulfur analysis to determine the type of sulfur and SEM analysis to determine the type of pyrite. Statistical analysis was performed to test the influence of rock flanking to the total sulfur content of the coal seam X78.

From the analysis of petrography, maceral composition is dominated by herbaceous plant origin, with increasing tendency from the north towards the south of the study area but inversely decreasing for the maceral composition of woody plant origin further to the south. Coal seam X78 is interpreted as deposited in lower delta plain environments with limnic – marsh subenvironment. Based on the statistical analysis for the influence of rock flanking to the total sulfur content anomalies of seam X78, it can be concluded that, especially on the block 1, total sulfur coal seam X78 is influenced by the total sulfur content of the rocks flanking on top and bottom. Benefit of this study is to develop the direction of the exploration area, strategy for coal product sales plan in the area of exploration and strategy of blending plan especially for the total sulfur content of the coal.

Keywords : Coal, depositional environment, maceral, sulfur.

PENDAHULUAN

Formasi Balikpapan, merupakan Formasi pembawa batubara pada Cekungan Kutai, di Kalimantan Timur. Pada Kegiatan penambangan batubara di Kalimantan Timur, umumnya dilakukan pada Formasi Balikpapan. Pada saat ini di area penelitian, total terdapat 51 *seam* batubara yang ditambang, pada Formasi Balikpapan. Berdasarkan hasil analisa laboratorium data eksplorasi dan data *channel sampling*, terdapat 30 *seam* batubara dengan kandungan total sulfur rata – rata di bawah 1%, dan terdapat 21 *seam* batubara, dengan kandungan total sulfur di atas 1%. Adapun kandungan total sulfur bervariasi, dengan rata – rata total sulfur tertinggi adalah 6.17%. Salah satu *seam* batubara yang memiliki variasi kandungan total sulfur tinggi adalah *seam* X78 dimana setempat memiliki kandungan total sulfur 0.04 % sampai dengan 4.69%. Litologi batuan pengapit bagian atas dan bagian bawah batubara *seam* X78 pada umumnya diapit oleh litologi batulempung.

Pola penyebaran kandungan total sulfur batubara *seam* X78, secara lateral bervariasi. Kandungan total sulfur *seam* X78 di bagian utara dan selatan, cukup tinggi, dibandingkan di bagian tengah daerah penelitian. Kecenderungan kandungan total sulfur meningkat ke bagian selatan daerah penelitian.

Kandungan sulfur pada batubara secara umum relatif rendah, namun merupakan salah satu elemen penting pada batubara, yang dapat mempengaruhi kualitas. Beberapa penyebab terbentuknya sulfur dalam batubara, diantaranya adalah berasal dari pengaruh lapisan pengapit yang terendapkan dalam lingkungan laut (Horne *et. al.*,1978), pengaruh air laut selama proses pengendapan tumbuhan, proses mikrobial dan perubahan pH (Casagrande *et. al.*, 1987).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor yang menyebabkan adanya anomali pola penyebaran kandungan total sulfur *seam* X78, apakah pengaruh lingkungan pengendapan batubara *seam* X78 atau pengaruh kandungan sulfur batuan pengapit *seam* X78.

Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah untuk strategi perencanaan *blending* batubara, sehingga dapat dilakukan secara terencana, menyesuaikan dengan produk batubara permintaan pasar khususnya kandungan sulfur dan juga pada kegiatan eksplorasi di area baru, dapat digunakan sebagai strategi rencana penjualan produk batubara yang ada pada area baru tersebut.

METODOLOGI

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan mengevaluasi hasil beberapa jenis analisis dari sejumlah conto batubara dan batuan pengapit batubara.

Jenis analisis yang dilakukan untuk bahan evaluasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Analisis Sulfur (Total Sulfur dan *Form of Sulfur*)

Analisis Sulfur dilakukan pada seluruh sampel yang diperoleh dari lapangan dalam basis *adb (air dry basis)*. Analisis Sulfur ini bertujuan untuk mengetahui jumlah total sulfur dalam batubara (uji total sulfur) serta menentukan jenis sulfur (uji *form of sulfur*) : sulfur piritik, sulfur organik dan sulfur sulfat.

Analisis SEM (*Scan Electrone Microscope*)

Pengamatan perilaku mineral pirit (jenis dan bentuk mineral pirit) dilakukan dengan menggunakan metode SEM (*Scanning Electrone Microscope*). Sampel – sampel yang mewakili ke-3 (tiga) blok pada daerah penelitian dilakukan analisis SEM dengan metode *x-ray mapping*.

Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif untuk mengetahui komponen organik dan anorganik dalam batubara dengan bantuan mikroskop.

Analisis Proksimat

Analisis proksimat dengan menggunakan basis *adb (basis air dried)* dilakukan pada sampel yang telah kering pada kondisi temperatur kamar, untuk mengetahui kandungan abu batubara *seam X78*.

Analisis Kimia Abu (Na₂O)

Analisis kimia abu batubara berguna untuk memprediksi perilaku abu dan juga untuk mengidentifikasi kandungan konsentrasi tinggi komponen tertentu, analisis kimia abu pada penelitian ini adalah analisis kimia kandungan Na₂O.

Analisis Statistik

Data yang telah di peroleh dianalisis dengan menggunakan pendekatan probabilitik, dan pengujian hipotesis dengan menggunakan *tools* statistika.

Semua sampel uji laboratorium dilakukan di Lab.PT.Geoservices Balikpapan, PT.SGS Samarinda, PT.Jembayan Muarabara, Separi dan Tekmira Bandung.

Jumlah conto batubara yang diambil untuk beberapa jenis analisis sebanyak 164 conto yang rinciannya tertera pada tabel.1, sedangkan jumlah conto batuan pengapit yang dianalisis tertera pada tabel.2

Conto–conto batubara dan batuan pengapit diperoleh dari hasil pengeboran inti (*coring*) dan dari *channel sampling*.

Tabel 1. Jumlah pengambilan conto pada batubara

<i>Block</i>	TS	Ash	Na ₂ O	Maseral	<i>Form Of sulfur</i>	SEM
1	30	25	16	9	9	9
2	16	7	6	2	2	2
3	9	8	8	2	2	2
Total	55	40	30	13	13	13

Tabel 2. Prosentase litologi pengapit dan jumlah pengambilan contoh pada batuan pengapit.

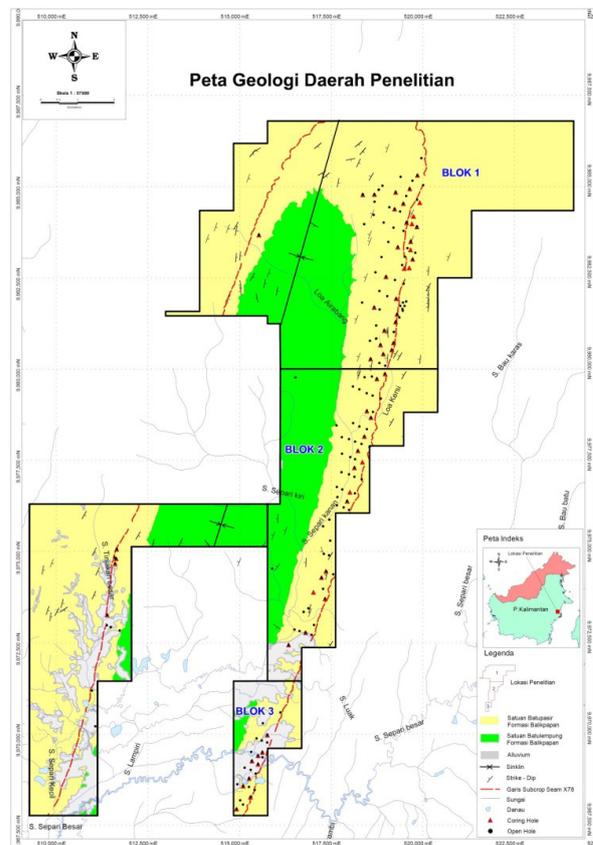
Block	Litology (Roof Rock)	Total Sample	Litology (Floor Rock)	Total Sample
1	Claystone (44%), Shaly coal (24%), Carbonaceous mudstone (16%), Carbonaceous Shale (8%), Coaly Shale (4%), Siltstone (4%)	29	Claystone (76%), Shaly coal (12%), Coaly Shale (4%), Carbonaceous Shale (4%), Carbonaceous mudstone (4%)	29
2	Claystone (71.42%), Coaly Shale (14.28%), Carbonaceous mudstone (14.30%)	15	Claystone (42.85%), Coaly Shale (14.28%), Shaly Coal (14.28%), Carbonaceous mudstone (14.28%), Sandstone (14.31%)	15
3	Claystone (75%), Carbonaceous mudstone (25%)	9	Claystone (87.5%), Shaly Coal (12.5%)	9

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian berdasarkan peta geologi regional lembar Samarinda (Supriatna, Sukardi & Rustandi, 1995) masuk kedalam Formasi Balikpapan, yang merupakan Formasi pembawa batubara pada Cekungan Kutai. Terdapat 2 (dua) satuan batuan pada daerah penelitian dengan urutan dari tua ke muda adalah satuan batuan batupasir Formasi Balikpapan dan satuan batulempung Formasi Balikpapan.

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian, merupakan struktur sinklin, yang dinamakan sinklin Separi yang merupakan bagian dari antiklinorium Samarinda. Struktur sinklin Separi memiliki arah struktur timur laut – barat daya dengan sayap bagian timur memiliki dip 54° dan sayap bagian barat 82°

Litofasies pengapit *seam* X78, kemungkinan diendapkan dalam lingkungan *upper delta plain*, dengan sub lingkungan *channel*, endapan limpah banjir dan endapan rawa, dimana litofasies ke arah bagian selatan (blok 3) daerah penelitian, terjadi perubahan lingkungan pengendapan menjadi *transitional lower delta plain*, ini dicirikan dengan perubahan fraksi besar butir makin menghalus kearah selatan daerah penelitian, atau energi pengendapan makin berkurang di bagian selatan (blok 3).



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian

Tabel. 3 Hasil analisa TS (%), Ash (%) dan Na₂O (ppm) pada ke 3 (tiga) blok

No	Kode Sampel	(%TS) Roof Rock	(%TS) Coal	(%TS) Floor Rock	Ash_adb (%)	Na ₂ O (ppm)	Blok
1	CSN001	0,09	0,24	0,09	4,29		
2	CSN002	0,15	0,2	0,12	4,9		
3	CSN003	0,11	0,22	0,06			
4	CSN004				7,36	56800	
5	CSN005	0,07	0,17	0,05	6,08	70600	
6	CSN006	0,63	0,3	0,05			
7	CSN007	0,17	0,42	0,17	4,38	7000	
8	CSN008	0,12	0,2	0,09	18,54		
9	CSN009	0,16	0,77	0,5	47,36	33000	
10	CSN010	4,63	3,23	0			
11	CSN011	2,7	2,26	0,8	7,13	45600	
12	CSN012	0,37	3,03	1,89	7,61	19600	
13	CSN013	0,95	2,04	0,25	27,34		
14	CSN014	0,2	0,24	0,39	4,51	109000	
15	CSN015	0,32	0,23	0,18			
16	CSN016	0,29	1,41	0,25	12,82		
17	CSN017	0,15	0,25	0,07	4,28	42000	1
18	CSN018	0,33	0,34	0,34	8,6	3300	
19	CSN019	0,425	0,42	0,05			
20	CSN020	0,22	0,21	0,1	3,03	96100	
21	CSN021	0,21	0,29	0,14	14,21		
22	CSN022	0,74	0,28	0,1			
23	CSN023	0,86	0,63	0,03	11,22		
24	CSN024	0,29	0,15	0,18	4,29		
25	CSN025	0,75	0,28	0,13	4,79	65600	
26	CSN026	1,01	0,37	0,2	2,94		
27	CSN027	0,48	0,32	0,3	3,46	52300	
28	CSN028				3,53	84000	
29	CSN029	0,93	0,29	0,15	2,96	116000	
30	CSN030	0,26	0,31	0,34	4,55	7800	
31	CSN031		0,54				
32	CSN032	0,48	0,28	0,4	2,76	119000	
33	CSN033		0,24				
34	CSN034	0,73	0,26	0,28			
35	CSN035	0,826	0,29	0,433			
36	CSN036	0,91	0,19	0,57			
37	CSN037	0,68	0,2	0,95			
38	CSN038	0,72	0,28	0,22			
39	CSN039	0,61	0,26	1,059			
40	CSN040	0,58	0,36	0,17			
41	CSN041	0,65	0,26	0,297			
42	CSN042	0,32	0,25	0,26			2
43	CSN043	0,11	1,36	3,25			
44	CSN044				8,57	34600	
45	CSN045	4,67	1,99	0,66	15,16	22300	
46	CSN046	0,12	0,49	0,09	10,51	34200	
47	CSN047	0,31	0,49	0,59	3,58	54200	
48	CSN048	5,26	2,32	0,75	9,59	37000	
49	CSN049	0,21	3,74	2,25	7,61	47600	
50	CSN050				3,55		
51	CSN051	3,6	2,68	0,95			
52	CSN052	1,18	3,18	1,72	10,13	43700	
53	CSN053	1,23	2,24	1,52	5,74	53000	
54	CSN054	9,78	4,16	2,73	6,12	50100	
55	CSN055	0,29	2,21	0,79	10,97	31400	
56	CSN056	4,62	2,03	3,62	2,62	65500	
57	CSN057	0,39	0,4	0,14	29,93	8600	
58	CSN058	0,51	0,04	0,18	6,67	27700	
59	CSN059	1,4	0,44	1,09	7,36	54300	

TS (%) Total Sulfur

Analisis Total Sulfur dan Form of Sulfur

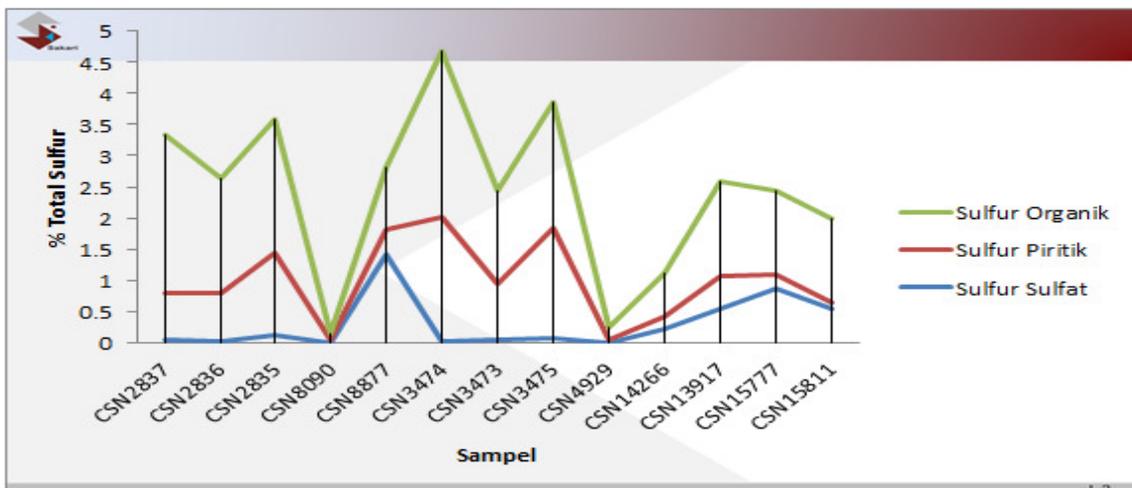
Kecenderungan kandungan total sulfur pada blok 1, 2 dan blok 3, menunjukkan kandungan total sulfur pada batubara semakin meningkat dari utara ke selatan daerah penelitian, dengan prosentase rata – rata kandungan sulfur tertinggi pada blok 3 yaitu 1.93%.

Kecenderungan total sulfur pada batuan pengapit, menunjukkan, kecenderungan meningkat ke bagian selatan (blok 3), khususnya batuan pengapit bagian atas dengan rata – rata kandungan total sulfur pada blok 3 adalah 2.56%.

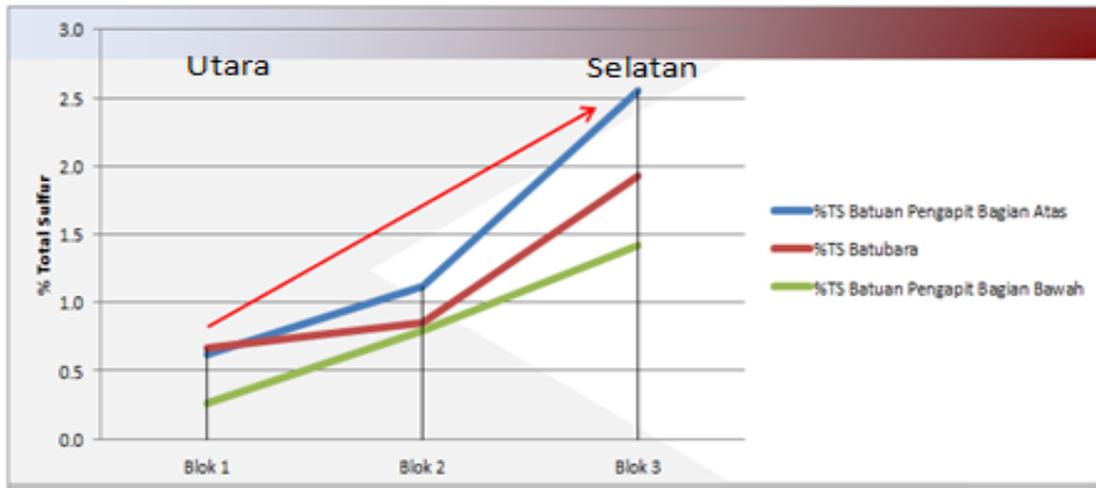
Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin ke selatan daerah penelitian, kandungan total sulfur seam X78, dimungkinkan dipengaruhi oleh air laut, dimana litofasies batuan pengapit seam X78, ke bagian selatan didominasi oleh fraksi butir halus (batulempung dan batulanau) yang dimungkinkan merupakan endapan *transitional lower delta plain*, dimana lingkungan tersebut dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Selain pada saat pembentukan rawa gambut seam

X78 dipengaruhi oleh air laut, seam X78 juga dipengaruhi kandungan mineral pirit pada batuan pengapit seam X78, khususnya batuan pengapit bagian atas berupa litologi batulempung.

Kecenderungan rata–rata kandungan *form of sulfur* pada batubara 1.46% didominasi oleh sulfur organik, dan rata – rata kandungan sulfur piritik secara lateral dari arah utara – selatan (blok 1 – blok 3) semakin berkurang, dan berbanding terbalik dengan rata – rata kandungan sulfur sulfat, dimana secara lateral dari utara – selatan semakin meningkat. Kandungan sulfur organik mendominasi prosentase total sulfur dari utara ke selatan, ini menunjukkan kelimpahan sulfat yang direduksi oleh bakteri, menjadi sulfur organik lebih dominan. Tingginya kandungan sulfur organik mengindikasikan bahwa ada pengaruh air laut pada saat pembentukan gambut dimana pengaruh air laut lebih intensif di bagian selatan (blok 3) pada daerah penelitian.



Gambar 2. Variasi kandungan *form of sulfur* batubara seam X78.



Gambar 3. Kecenderungan rata-rata kandungan total sulfur batubara dan batuan pengapit seam X78.

Dimana lingkungan laut, PH umumnya berkisar antara 4 – 8 (netral – basa) sulfat berlimpah keadaan ini menyebabkan aktifitas bakteri sangat berperan untuk terbentuknya sulfur. Sulfur sulfat lebih dominan di bagian selatan (blok 3) ini artinya pengaruh air laut lebih intensif di bagian selatan daerah penelitian,

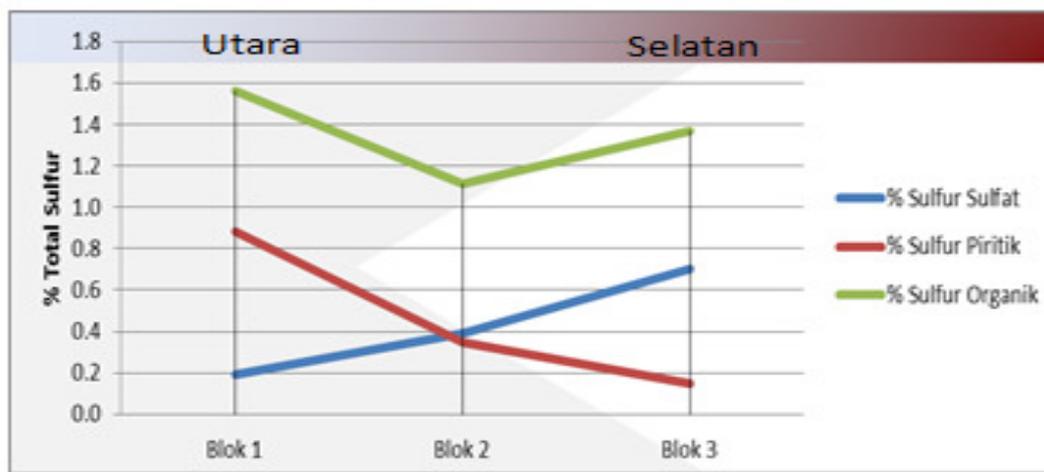
Sedangkan lingkungan pengendapan batubara pada air tawar (lacustrine dan rawa) pH umumnya rendah. Sulfat terlarut juga rendah ($\pm < 40$ ppm), sehingga sulfur yang terbentuk sedikit karena aktifitas bakteri rendah, dan hal tersebut, menggambarkan kondisi di bagian utara daerah penelitian dimana sulfat terlarut sangat rendah dan aktifitas bakteri pereduksi sulfat di bagian utara daerah penelitian juga rendah dibandingkan di bagian selatan daerah penelitian, sehingga kandungan sulfur sulfat, di bagian utara cenderung berkurang dibandingkan di bagian selatan daerah penelitian, ini menunjukkan bahwa pengaruh air laut tidak intensif di bagian

utara daerah penelitian dibandingkan di bagian selatan daerah penelitian.

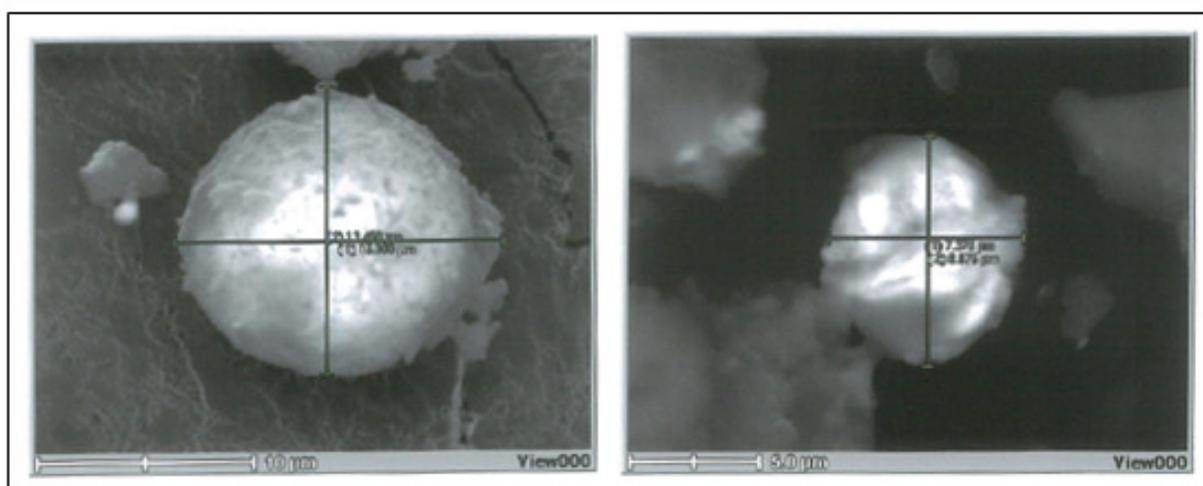
Analisis SEM (*Scan Electrone Microscope*)

Berdasarkan hasil analisis SEM dengan metoda *X-Ray Mapping* pada 9 conto batubara, pirit yang teramati umumnya memiliki bentuk *euهدral* dengan ukuran $0.84\mu\text{m} - 38\mu\text{m}$, kelimpahannya pirit (FeS_2) pada conto uji bervariasi umumnya melimpah dan setempat relatif jarang, pirit (FeS_2) umumnya mengisi *cleat* pada batubara, dan menempel pada maseral batubara.

Pirit yang teramati pada analisa SEM ini merupakan pirit epigenetik, dimana terbentuk setelah pembentukan batubara seam X78, bervariasinya pirit epigenetik disebabkan oleh bervariasinya kelimpahan pirit pada batuan pengapit (batulempung).



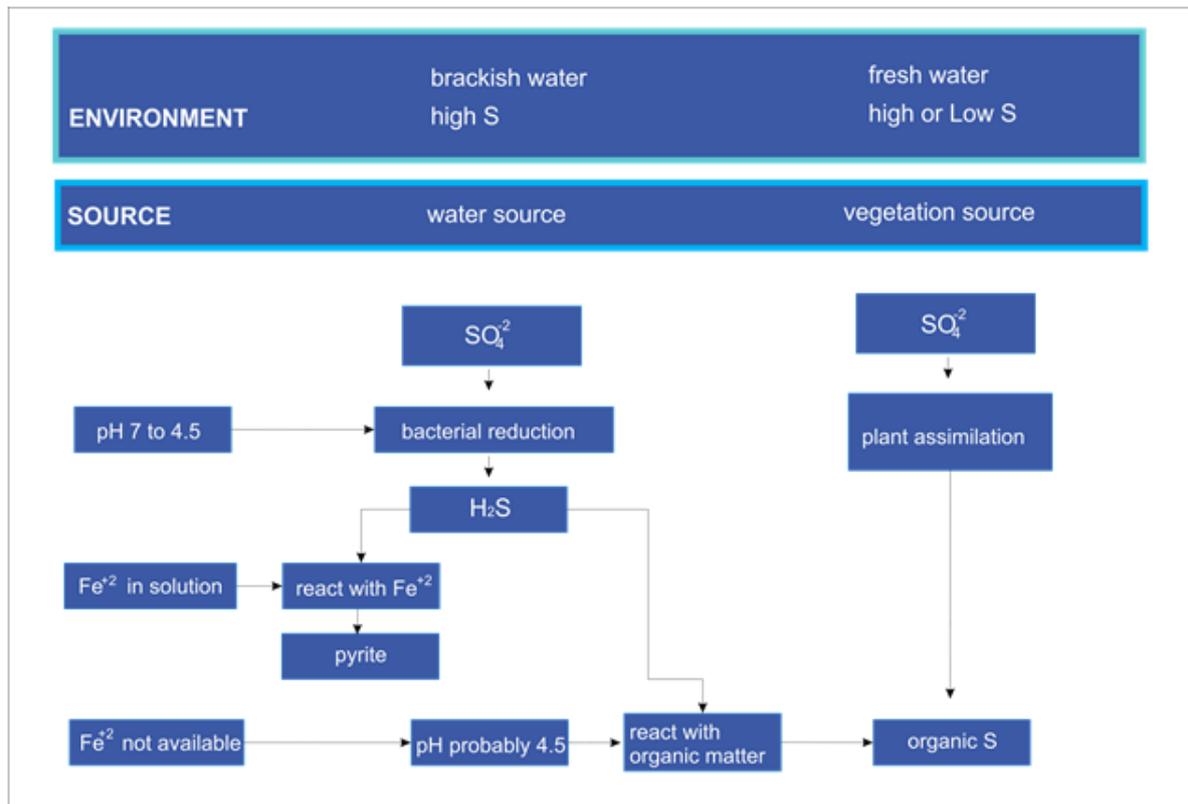
Gambar 4. Prosentase rata – rata kandungan *form of sulfur* batubara seam X78.



Gambar 5. Pirit menempel pada maseral batubara pada conto CSN2836 dan CSN3474

Pirit yang teramati pada analisa SEM ini merupakan pirit epigenetik, dimana terbentuk setelah pembentukan batubara seam X78, bervariasinya pirit epigenetik disebabkan oleh bervariasinya kelimpahan pirit pada batuan pengapit (batulempung). Hadirnya unsur Fe pada analisa SEM dengan prosentase 13.24%

dari keseluruhan sampel pada semua blok, menunjukkan bahwa unsur Fe tersebut merupakan, salah satu sumber pembentuk pirit, pada reaksi H_2S dengan Fe^{2+} .



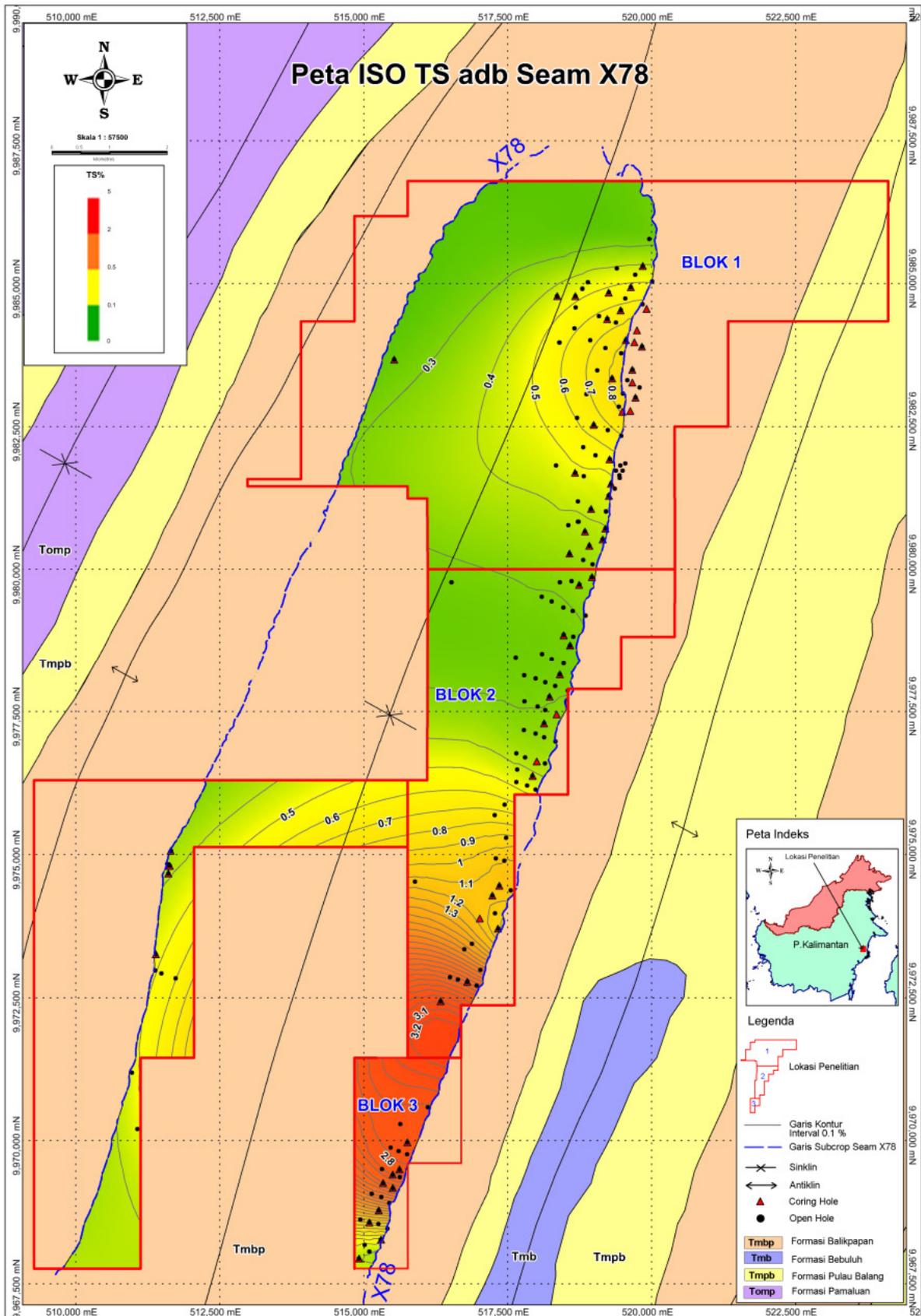
Gambar 6. Skema pembentukan sulfur dalam batubara, (modifikasi dari Price & Shieh, 1979 dalam Ryan & Ledda,1997).

Komposisi Mineral Matter

Berdasarkan hasil uji maseral pada batubara *seam X78* pada blok 1 dan blok 3, teridentifikasi hadirnya *mineral matter* berupa, mineral lempung dan mineral pirit, setempat ditemukan mineral karbonat, dengan rata – rata prosentase pada ke 3 blok, kandungan mineral lempung 7.2% dan kandungan mineral pirit 13.83%. Hadirnya mineral lempung menunjukkan pada saat pembentukan gambut *seam X78*, dipengaruhi oleh material dari luar, khusus untuk blok 1, dimungkinkan rawa gambut *seam X78* dipengaruhi oleh banjir pada saat pembentukan gambut, yang membawa material halus masuk ke dalam rawa gambut. Berdasarkan litofasies

batuan pengapit *seam X78*, pada blok 1 didominasi oleh batupasir dan lensa – lensa batulempung dan batulanau yang merupakan endapan *channel* dan endapan limbah banjir.

Kandungan *ash* pada blok 1 dan blok 3, lebih tinggi dibandingkan dengan pada blok 2 dengan rata-rata kandungan *ash* pada blok 1 8.92% dan pada blok 3 9.94%, dengan kecenderungan kandungan *ash* semakin meningkat ke bagian selatan daerah penelitian, ini menunjukkan kondisi yang tidak stabil atau dipengaruhi oleh material dari luar pada saat pembentukan gambut *seam X78* pada kedua blok tersebut.



Gambar 7. Overlay peta geologi lembar Samarinda (Supriatna, Sukardi & Rustandi, 1995) terhadap pola iso total sulfur_adb batubara seam X78.

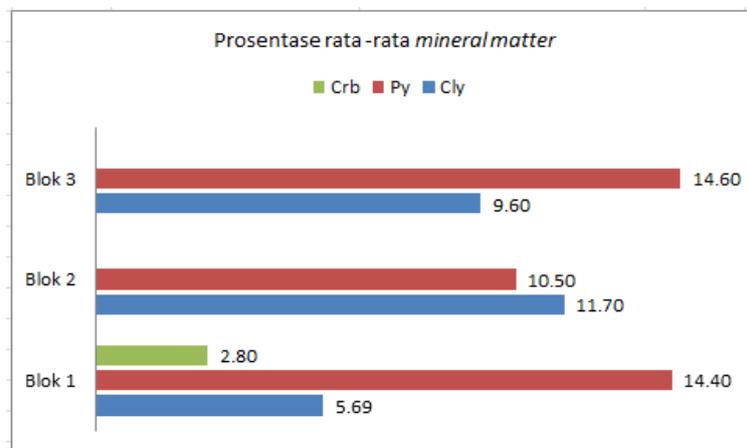
Tingginya kandungan *ash* pada blok 3 dengan prosentase rata – rata 9.94% berkorelasi dengan tingginya kandungan total sulfur batubara pada blok 3, dimana rata – rata kandungan total sulfur pada blok 3 adalah 1.93%. Tingginya kandungan *ash* pada blok 3, lebih disebabkan pada saat pembentukan rawa gambut *seam* X78, dipengaruhi oleh pasang surut air laut, dimana pada saat pasang naik air laut, maka akan terendapkan sedimen klastik halus yang akan menjadi pengotor dalam pembentukan rawa gambut *seam* X78 sehingga menyebabkan tingginya kandungan *ash* pada *seam* X78.

Tingginya kandungan *ash* pada blok 3 didukung dengan tingginya kandungan sulfur organik yang mengindikasikan bahwa ada pengaruh air laut pada saat pembentukan rawa gambut *seam* X78, dimana pengaruh air laut lebih intensif pada blok 3 dibandingkan pada blok 1 dan blok 2.

Kandungan Sodium (Na₂O) Seam X78

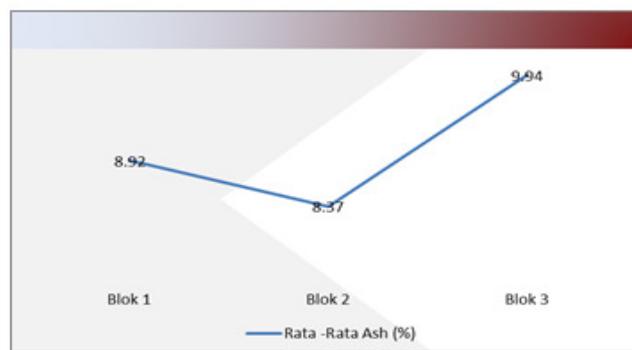
Sodium sebagai salah satu logam alkali yang terkandung dalam batubara umumnya memiliki kadar yang sangat kecil dalam batubara yakni 0.5 – 2% di dalam abu batubara (Bouska, 1981 dalam Hede, 2009).

Rata – rata kandungan sodium pada daerah penelitian adalah 49730.00 ppm atau 4.97%. Sodium di dalam batubara dapat terbentuk dari pengaruh air laut pada saat pembentukan gambut (*peatification*), air laut menyumbangkan sebagian besar sodium (10500 ppm), klor (ppm 1900), magnesium (1350 ppm) dan kalium (380 ppm) bersama dengan 885 ppm sulfur, konsentrasi rata-rata untuk air laut, (Mason,1966 dalam Ryan & Ledda 1997). Tingginya kandungan sodium pada daerah penelitian, dimungkinkan adanya pengaruh air laut dan hasil asosiasi dengan mineral pengotor pada saat pembentukan rawa gambut *seam* X78.

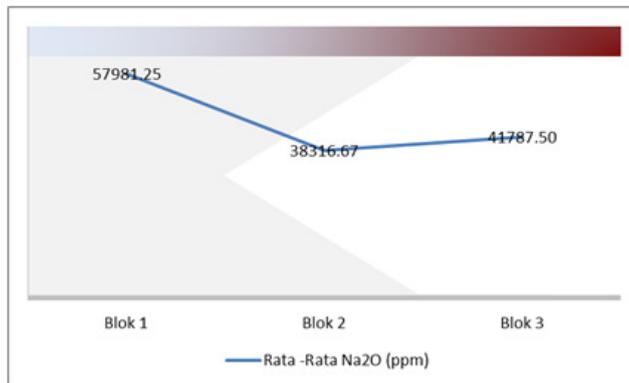


Crb (Carbonat), Py (Pyrite), Cly (Clay)

Gambar 8. Rata - rata komposisi *mineral matter seam* X78.



Gambar 9. Prosentase rata – rata kandungan *ash seam* X78.



Gambar 10. Prosentase rata – rata kandungan Na₂O seam X78.

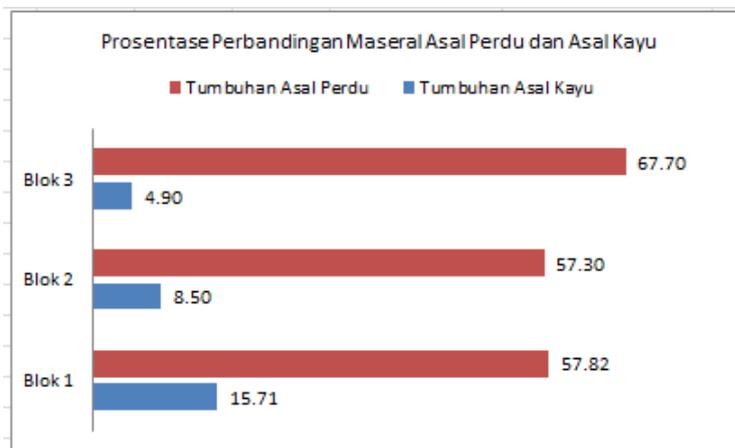
Komposisi Maseral Seam X78

Komposisi maseral pada ke 3 blok, menunjukkan komposisi maseral batubara, 67% didominasi oleh group maseral *vitritine*, dengan kisaran (53.8% - 81.40%), komposisi group maseral *inertinite* 8%, kandungan *inertinite* yang rendah dapat menunjukkan batubara berasal dari lingkungan pengendapan yang basah dan tingkat oksidasi yang rendah, (Stach *et.al.*, 1992 dalam Anggayana & Widayat, 2007) dan komposisi terkecil dari group maseral pada ketiga blok adalah group maseral *exinite* yaitu 4 %.

Komposisi maseral dapat mencerminkan rumpun tumbuhan pembentuk gambut. Maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan kayu ditunjukkan oleh kandungan *telovitrinite*, *fusinite* dan *semifusinite* yang tinggi, dalam hal ini *suberinite* dan *resinite* adalah sebagai maseral penyerta.

Sementara maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan perdu ditunjukkan oleh *detrovitrinite*, *inertodetrinite*, *liptodetrinite*, *alginite*, *sporinite* dan *cutinite* (Teichmuller, 1989 dalam Resmawan, 2007).

Dari perbandingan komposisi maseral, pada batubara di daerah penelitian, menunjukkan rata – rata komposisi maseral yang diinterpretasi berasal dari tumbuhan perdu lebih dominan dengan rata – rata 59.26%, sedangkan rata – rata prosentase komposisi maseral yang diinterpretasikan berasal dari tumbuhan asal kayu 12.94%, dengan kecenderungan dari arah utara ke selatan daerah penelitian, menunjukkan peningkatan komposisi maseral asal perdu dan berbanding terbalik dengan komposisi maseral asal tumbuhan kayu dimana makin ke selatan makin berkurang.



Gambar 11. Perbandingan prosentase komposisi maseral seam X78 asal kayu dan asal perdu.

Tabel 4. Hasil perhitungan *TPI* & *GI*.

No	Kode Sampel	<i>TPI</i>	<i>GI</i>	Blok
1	CSN2837	0,33	5,23	
2	CSN2836	0,42	22,61	
3	CSN2835	0,39	10,49	
4	CSN8090	0,12	7,55	
5	CSN8877	0,13	7,43	1
6	CSN3474	0,34	4,01	
7	CSN3473	0,25	10,58	
8	CSN3475	0,38	10,09	
9	CSN4929	0,13	17,50	
10	CSN14266	0,19	4,06	2
11	CSN13917	0,17	6,15	
12	CSN15777	0,14	19,58	3
13	CSN15811	0,03	39,00	

Tabel.2 merupakan hasil perhitungan *TPI* & *GI*, yang mengacu kepada perhitungan *TPI* & *GI* (Diessel, 1992).

Nilai rata – rata *TPI* (*Tissue Preservation Index*) pada daerah penelitian (<1) yaitu 0.23%, dengan kisaran yang tidak bervariasi ini mengindikasikan bahwa batubara *seam* X78 pada daerah penelitian tersusun oleh bagian tumbuhan yang memiliki jaringan yang tidak tahan dan ini diindikasikan oleh tumbuhan tingkat rendah. Tingginya rata – rata nilai *GI* (*Gelification Index*) pada daerah penelitian (>5) yaitu 12.64% dengan kisaran yang bervariasi (4.01% - 39%) menunjukkan bahwa kondisi pembentukan gambut bervariasi pada kondisi basah dan kering, namun dari nilai rata – rata *GI* (*Gelification Index*) yang cukup tinggi, menunjukkan bahwa kondisi pembentukan gambut cenderung basah.

Kecenderungan rata – rata nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) pada blok 1,2 dan 3, (0.28%, 0.18%, 0.09%) menunjukkan nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) semakin berkurang pada blok 3 yaitu 0.09%, atau bagian selatan daerah penelitian, ini mengindikasikan kondisi pembentukan gambut *seam* X78, semakin ke bagian selatan, tersusun oleh

bagian tumbuhan yang memiliki jaringan tidak tahan, dan ini diindikasikan oleh tumbuhan tingkat rendah. Kecenderungan nilai rata – rata *GI* (*Gelification Index*) pada blok 1,2 dan 3 (10.61%, 5.10%, 29.29%), semakin meningkat ke bagian selatan daerah penelitian, namun nilai rata – rata pada blok 2 lebih rendah di bandingkan dengan pada blok 1. Tingginya rata – rata nilai *GI* (*Gelification Index*) dibagian selatan daerah penelitian ini menunjukkan kondisi pembentukan gambut *seam* X78 cenderung basah atau rawa gambut lebih jenuh air dibandingkan pada blok 1 dan blok 2, gambut *seam* X78 cenderung basah atau rawa gambut lebih jenuh air dibandingkan pada blok 1 dan blok 2.

Tabel 5. Komposisi maseral dan mineral matter pada ke 3 (tiga) blok.

No	Kode Sampel	Maceral Group (%)																												Mineral (%)	Blok
		Vitrinite														Inertinite										Mineral (%)					
		Sub Maceral														Telo-inertinite										Py					
Tex	Tu	E	Te	At	De	Des	Co	Po	Eu	Sp	Cu	Re	Lpt	Alg	Sb	Flu	Exs	Bt	F	Sf	Sc	Idt	Mi	Mac	Cly	Py	Crb	MM			
1	CSN2837	9	3,4	49,4	1	0,6	5	4,4	0,8	1,6	5,6	0,4	3,6	2,4	5,2	7,6	12,8														
2	CSN2836	22	1	54,4	4	0,6	1	0,4	0,6	2,6	0,4	0,6	12,4	13																	
3	CSN2835	17	2	54	0,4	1,4	4	0,4	0,6	1,6	0,8	3	1,6	13,2																	
4	CSN8090	1,6	26,4	23,4	15	0,4	1,4			3	0,6	2,6	2,6	23																	
5	CSN8877	0,4	6,6	46,4	1,6	1	2			2,4	0,6	4	0,4	34,6																	
6	CSN3474	8	45,4	0,4		0,4	1,6			5	0,6	3,4	4,4	30,2																	
7	CSN3473	10,4	0,4	59		1	3			1,4	0,6	3	1,6	19,6																	
8	CSN3475	16	0,6	51	1	1	3			2	0,4	2,4	2	19,6																	
9	CSN4929	5,4	41,2	27,4	3	1				0,4	3,6	0,4		17,6																	
10	CSN14266	0,6	18,2	36	2	0,4	3,4			4,6	1	5	3,4	25,4																	
11	CSN13917	2,6	22,6	30,6	10,6	2,8	1			0,6	1,4	6,4	2,4	19																	
12	CSN15777	6,4	49,6	17,4	1	0,6				1,4	2	0,4		21,2																	
13	CSN15811	1	44,6	22,6	2	0,4	0,4			1,4	0,4			27,2																	

Keterangan :

- Tex : Textinite
- Tu : Texto-ulminite
- E : E-ulminite
- Te : Telocollinite
- MM : mineral matter
- At : Atrinite
- De : Densinite
- Des : Desmocolinite
- Co : Corpogelinite
- Po : Porogelinite
- Eu : Eugelinite
- Sp : Sporinite
- Cu : Cutinite
- Re : Resinite
- Lpt : Lipodetrinite
- Alg : Alginite
- Sb : Suberinite
- Flu : Fluorinite
- Exs : Exsudatinite
- Bt : Bituminite
- F : Fushite
- Sf : Semifusinite
- Sc : Sclerotinite
- Idt : Inertodetrinite
- Mi : Micrinite
- Mac : Macrinite
- Cly : clay
- Py : pyrite
- Crb : carboi
- MM : Mineral Matter
- Rv : Vitrinite reflectance
- Max : Maximum
- Min : Minimum
- Av : average

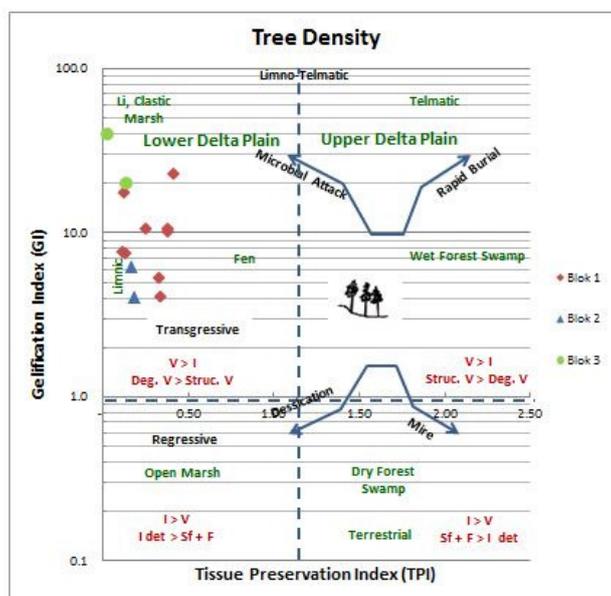
Interpretasi Lingkungan Pengendapan Batubara Seam X78

Fasies dan lingkungan pengendapan batubara salah satunya dapat ditunjukkan dengan diagram pengawetan struktur jaringan *TPI* (*Tissue Preservation Index*) terhadap derajat gelifikasi *GI* (*Gelification Index*). *TPI* (*Tissue Preservation Index*) menunjukkan perbandingan struktur jaringan yang masih terjaga terhadap struktur jaringan yang sudah terdekomposisi. *GI* (*Gelification Index*), merupakan perbandingan komponen yang tergelifikasi terhadap komponen yang terfusinitkan.

Hasil Plot nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) dan *GI* (*Gelification Index*), pada daerah penelitian menunjukkan, batubara seam X78 cenderung diendapkan pada lingkungan pengendapan *lower delta plain*, dengan stadium *limnic - marsh*, dimana stadium *limnic* merupakan rawa air tawar yang dipisahkan oleh elevasi dan atau *barrier* yang bersifat *impermeable* dengan vegetasi yang menyusun tipe rawa ini adalah varietas tumbuhan rerumputan dan semak, dan ini dibuktikan dengan rendahnya nilai *TPI* (*Tissue Preservation Index*) pada daerah penelitian. Stadium *marsh* merupakan lahan basah yang tergenang secara periodik oleh air tawar atau air garam, rawa seperti ini umumnya

tanpa vegetasi pepohonan, tumbuhan rerumputan, dedaunan dan semak merupakan sebagian besar vegetasi yang menyusun tipe rawa ini, kondisi ini dimungkinkan terjadi pada lingkungan pengendapan batubara seam X78, ini terlihat hadirnya sulfur sulfat pada batubara seam X78 dengan rata – rata 0.30%, sulfur organik rata – rata 1.46% dan setempat hadir mineral karbonat dengan prosentase 2.80% pada maseral batubara seam X78.

Lingkungan pengendapan delta terbagi menjadi lingkungan *upper delta plain* dan *lower delta plain*. *Upper delta plain* dicirikan oleh jenis tumbuhan yang lebih bervariasi termasuk dominasi jenis tumbuhan berkayu sehingga akan lebih banyak struktur jaringan yang terawetkan. Sedangkan lingkungan *lower delta plain* dicirikan oleh jenis tumbuhan yang kurang bervariasi dan didominasi oleh tumbuhan perdu atau tumbuhan kayu lunak. Kecenderungan komposisi maseral batubara seam X78 sebagian selatan daerah penelitian (blok 3), menunjukkan peningkatan komposisi maseral asal tumbuhan perdu, ini mengindikasikan lingkungan pengendapan batubara sebagian selatan lebih ke arah lingkungan pengendapan *lower delta plain* dibandingkan di bagian utara daerah penelitian.



Gambar 12. Hasil plot nilai *TPI-GI* pada diagram (Diessel, 1992).

Analisis Statistik

Analisis statistik, pengaruh total sulfur batuan pengapit terhadap *seam* X78, berdasarkan analisis linear berganda, bahwa korelasi variabel bebas (total sulfur batuan pengapit) terhadap variabel terikat (total sulfur batubara *seam* X78), tergolong kuat untuk data keseluruhan blok dengan koefisien korelasi 0.768 dan pengaruh paling tinggi dihasilkan oleh blok 1 dengan koefisien korelasi 0.851 dengan kategori koefisien korelasi sangat kuat. Nilai koefisien determinasi paling tinggi dihasilkan oleh blok 1 (72.4%), selanjutnya pada data keseluruhan blok (59.0%), pada blok 3 (51,1%) dan paling kecil diperoleh pada blok 2 (46,4%).

Uji hipotesis simultan (Uji F), menyatakan bahwa model regresi pada data keseluruhan blok dan pada blok 1 kedua variabel bebas memberikan pengaruh simultan yang signifikan, sedangkan pada blok 2 dan pada blok 3 pengaruh simultan yang diberikan dinyatakan tidak signifikan, hal tersebut sebanding dengan hasil uji hipotesis parsial (Uji t), dimana untuk data keseluruhan blok dan blok 1, batuan pengapit bagian atas dan bawah *seam* X78 memberikan pengaruh parsial signifikan, sedangkan batuan pengapit bagian atas dan bawah *seam* X78 pada blok 2 dan blok 3, tidak memberikan pengaruh parsial yang signifikan.

Tabel 6. Hasil koefisien korelasi berganda (R) dan koefisien determinasi (R²)

Data	(R)	(R ²)
Keseluruhan Blok	0,768	59,0%
Blok 1	0,851	72,4%
Blok 2	0,681	46,4%
Blok 3	0,715	51,1%

Tabel. 7 Hasil uji simultan (Uji F)

Data	F hitung	F Tabel	Sig	Kesimpulan
Keseluruhan Blok	25,123	3,267	0,000	Pengaruh Simultan Signifikan
Blok 1	26,363	3,493	0,000	Pengaruh Simultan Signifikan
Blok 2	1,726	6,944	0,288	Pengaruh Simultan Tidak Signifikan
Blok 3	2,619	5,786	0,167	Pengaruh Simultan Tidak Signifikan

Tabel. 8 Hasil uji parsial (Uji t)

Data	t hitung	t Tabel	Sig	Kesimpulan
Keseluruhan Blok				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	2,590	2,030	0,014	Berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	4,469	2,030	0,000	Berpengaruh Signifikan
Blok 1				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	2,824	2,086	0,010	Berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	5,873	2,086	0,000	Berpengaruh Signifikan
Blok 2				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	1,294	2,776	0,265	Tidak berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	1,646	2,776	0,175	Tidak berpengaruh Signifikan
Blok 3				
TS batuan pengapit bagian atas (X ₁)	0,848	2,571	0,435	Tidak berpengaruh Signifikan
TS batuan pengapit bagian bawah (X ₂)	0,801	2,571	0,459	Tidak berpengaruh Signifikan

Upper delta plain dipisahkan terhadap *lower delta plain* oleh batas tertinggi air pasang. Dengan demikian dilihat dari beberapa parameter fisika (komposisi maseral), komposisi kimia (*ash*, Na₂O, total sulfur, *form of sulfur*) litofasies batuan pengapit batubara *seam* X78 dan analisis statistik pengaruh total sulfur batuan pengapit terhadap batubara *seam* X78, dapat diyakini bahwa batubara *seam* X78 terbentuk dalam stadium lingkungan *limnic – marsh*, yang terendapkan dalam lingkungan *lower delta plain* dengan kecenderungan dari arah utara ke bagian selatan daerah penelitian, pengaruh air laut pada rawa gambut *seam* X78 lebih intensif di bagian selatan (blok 3) dibandingkan di bagian utara (blok 1 dan blok 2) daerah penelitian, dan pengaruh total sulfur batuan pengapit, berpengaruh terhadap kandungan total sulfur batubara *seam* X78, khususnya pada blok 1 total sulfur batubara *seam* X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan kandungan total sulfur batuan pengapit bagian bawah.

KESIMPULAN

Anomali kandungan total sulfur pada batubara *seam* X78 disebabkan oleh bervariansinya kandungan sulfur piritik dan sulfur organik pada batubara *seam* X78. Kandungan jenis sulfur *seam* X78 didominasi oleh sulfur organik.

Kandungan total sulfur batuan pengapit, berpengaruh terhadap kandungan total sulfur batubara *seam* X78, khususnya pada blok 1 total sulfur batubara *seam* X78 dipengaruhi oleh kandungan total sulfur batuan pengapit bagian atas dan kandungan total sulfur batuan pengapit bagian bawah. Bervariansinya kelimpahan mineral pirit pada batuan pengapit *seam* X78, menyebabkan bervariansinya kandungan sulfur piritik pada batubara *seam* X78.

Mineral pirit yang hadir pada batubara *seam* X78 merupakan pirit epigenetik, mengisi *cleat* pada batubara dan menempel pada maseral batubara.

Lingkungan pengendapan batubara *seam* X78 diendapkan pada lingkungan *lower delta plain* dengan stadium *limnic – marsh*. Tingginya kandungan sulfur organik > 0.5% dengan rata – rata 1.46% pada batubara *seam* X78 disebabkan oleh lingkungan pengendapan batubara *seam* X78 yang dipengaruhi oleh air laut, dengan kecenderungan dari arah utara ke bagian selatan daerah penelitian, pengaruh air laut pada rawa gambut *seam* X78 lebih intensif di bagian selatan (blok 3) dibandingkan di bagian utara (blok 1 dan blok 2) daerah penelitian dan dibuktikan dengan tingginya kandungan sodium (Na₂O) yaitu rata - rata 49730.00 ppm atau 4.97% pada batubara dan rata – rata kandungan *ash* 9.03%.

SARAN

- 1) Berdasarkan hasil penelitian, perlunya dilakukan analisis komposisi maseral dan komposisi kimia batubara *seam* X78 secara vertikal (*ply by ply*), sehingga perubahan kandungan total sulfur, pengaruh air tanah dan indeks vegetasi, yang secara tidak langsung mencerminkan faktor kelembaban, konsentrasi ion hidrogen (pH), suplai makanan dan aktifitas bakteri pada suatu rawa gambut dapat tergambar secara detil, dengan diketahuinya lingkungan pengendapan batubara, manfaat praktis yang dapat dicapai adalah diketahuinya karakteristik batubara khususnya kandungan total sulfur sebagai strategi perencanaan *blending* batubara, sehingga dapat dilakukan secara terencana, menyesuaikan dengan produk batubara permintaan pasar, dan juga pada kegiatan eksplorasi di area baru, dapat digunakan sebagai strategi rencana penjualan produk batubara yang ada pada area tersebut.
- 2) Tingginya konsentrasi sodium pada blok 1 57981.25 ppm atau 5.79 %, dibandingkan dengan blok 1 dan blok 2, perlu dikaji mendalam, apa yang menyebabkan konsentrasi sodium pada blok tersebut menjadi tinggi, sehingga,

dapat memperkaya informasi berkaitan dengan lingkungan pengendapan batubara *seam X78*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada manajemen dan rekan – rekan di department eksplorasi PT.Sinergy Consultancy Services, yang telah

memberikan kesempatan dan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini. Selain itu ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Bapak Dr.Sc.Yoga Andriana S,ST.,M.Sc, Bapak Dr.Budi Muljana,ST.,MT, dan Bapak Deddy Amarullah yang telah memberikan masukan dan saran pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggayana, K., Widayat, A H., 2007, Interpretasi Fasies/Lingkungan Pengendapan batubara dan Variasi Sulfur untuk Rekomendasi Strategi Eksplorasi, FIKTM-ITB, Bandung.
- Barry Ryan B.C., Angelo Ledda., 1997, *A Review Of Sulphur In Coal;With Specific Reference To Telkwa Deposit,North-Western British Columbia*.Geological Survey & Coal Limited Calgary.
- Casagrande, D.j., 1987, *Sulphur in peat and coal*.In: Scott, AC (editor), *Coal and Coal – Bearing Strata: Recent Advances*.Geological Society Special Publication,Vol.32.
- Diesel, C.F.K.,1992, *Coal Bearing Depositional System*, springer-verlag, berlin Heidelberg.
- Hede, H.N.A., 2009, Studi Kehadiran Natrium Dalam Batubara Kasus Batubara Lati, Berau Kalimantan Timur, Institut Teknologi Bandung.
- Horne, J.C., Ferm, J.C., Carucio, F.T., Baganz, B.P., *Depositional Models in Coal Exploration and Mine Planning in Apphalacian Region*, in Ross C.A., Ross, J.R.P., (editors)., Pennsylvania.1984.
- Resmawan A.R., 2007, Analisis Variasi Kandungan Sulphur Pada Batubara Seam S di Daerah Palaran, Kutai Kartanegara, Kalimantan timur, Institut Teknologi Bandung.
- Supriatna, S., Sukardi, dan Rustandi, E.,1995 Peta Geologi Lembar Samarinda Kalimantan Timur, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.