



KOMPOSISI MASERAL DAN MINERAL MATTER UNTUK INTERPRETASI FASIES DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA DI DAERAH MUARAENIM, SUMATRA SELATAN

Hany Nabila Shabrina^{1*}, Ildrem Sjafri¹, Reza Moh. Ganjar Gani¹, Yusi Firmansyah¹,
Nana Suwarna²

¹Universitas Padjadjaran

²Badan Geologi, Jln. Diponegoro No. 57 Bandung

*Korespondensi: nabilahany96@gmail.com

ABSTRAK

Daerah penelitian batubara berada di lapangan Tambang Batubara Bukit Asam (PTBA) yang terletak di wilayah Depresi Lematang, Subcekungan Palembang Selatan, Cekungan Sumatra Selatan. Dua puluh delapan sampel batubara diambil dari daerah Arahan, Banjarsari, Subanjeriji, Banko Tengah dan Selatan. Kemudian sampel tersebut dianalisis secara makroskopik untuk mengetahui jenis litotipe dan mikroskopik untuk mendeterminasi kandungan maseral dan bahan mineral. Hasil dari analisis ini selanjutnya digunakan untuk menginterpretasi fasies dan lingkungan pengendapan. Secara litotipe, batubara daerah penelitian berkisar dari *dull* – *bright* yang menunjukkan dominasi lingkungan pengendapan pada *forest swamp*. Kandungan maseral menunjukkan kelompok maseral vitrinit yang melimpah sehingga termasuk ke dalam fasies vitrinit – fusinit dan mikrofases vitrinit. Berdasarkan hasil perbandingan Vitrinit A/Vitrinit B dan Vitrinit/Inertinit didukung oleh kandungan inertinit dan bahan mineral, diketahui asal tumbuhan dari endapan batubara daerah penelitian didominasi oleh tumbuhan kayu/berpohon tinggi, tingkat oksidasi dominan berupa sub-oksik hingga anoksik, ekosistem hidrologi berkisar antara ombrotrofik – reotrofik, dan lingkungan pengendapan pada *forest swamp* – *bog forest*.

ABSTRACT

Coal research area was located in Bukit Asam Coalfield in the Lematang Depression of South Palembang Sub-basin, South Sumatra Basin. Twenty-eight coal samples collected from Arahan, Banjarsari, Subanjeriji, Central and South Banko areas had been analyzed macroscopically to know the type of coal lithotype and microscopically to determine their maceral and mineral matter contents. The results of this analysis are further used to determine the facies and depositional environment of coal. Coal lithotype in study area varies from *dull* – *bright*, showed the domination of depositional environment in *forest swamp*. The maceral content shows an abundance of vitrinite maceral groups so it can be interpreted into vitrinite microfacies. Based on the results of Vitrinite A to Vitrinite B and Vitrinite to Inertinite ratio, supported by inertinite and mineral matter content, conclude that the coal deposits of research area derived dominantly from woody vegetation (arborescent), oxidation rates from sub-oxic to anoxic, hydrological ecosystems ranging from ombrotrophic to rheotrophic, and depositional environment dominated in *forest swamp* to *bog forest*.

Keywords: Bukit Asam coalfield, depositional environment, facies, maceral, petrographic analysis.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, sektor energi memegang peranan penting dalam pembangunan negeri menjadikan ketergantungan pada bahan bakar fosil masih sangat tinggi sehingga batubara yang merupakan salah satu energi alternatif terus menjadi sumber energi vital. Selain itu, Indonesia termasuk negara yang memiliki

potensi batubara cukup besar. Formasi Muaraenim yang berada di Cekungan Sumatra Selatan mengandung lapisan pembawa batubara sekitar 10-20% dari total ketebalan formasi. Untuk mengeksplorasi batubara suatu daerah, perlu dilakukan penelitian langsung terhadap batubara itu sendiri. Karakteristik batubara

merupakan hal utama untuk melakukan evaluasi pemanfaatan batubara dalam kegiatan industri.

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari sifat-sifat makroskopik dan mikroskopik batubara. Analisis petrografi batubara dilakukan untuk mengkaji lingkungan pengendapan batubara yang berkaitan dengan asal tumbuhan pembentuk, tingkat oksidasi, dan ekosistem hidrologi, sehingga proses geologi terhadap pembentukan dan asal batubara tersebut dapat diketahui.

Daerah penelitian meliputi daerah Arahau, Banjarsari, Subanjeri, Banko Tengah, dan Selatan yang berada pada Tambang Batubara Bukit Asam (PTBA), Provinsi Sumatra Selatan (Gambar 1). Sampel yang diambil dari lokasi penelitian tersebut berjumlah 28 sampel yang berasal dari 6 *seam* batubara yaitu dari tua ke muda: *Seam C* (Petai), *Seam B* (Suban), *Seam A* (Mangus), *Seam Benuang*, *Seam Enim*, dan *Seam Jelawatan*. *Seam C* diwakili oleh sampel RH 05, *Seam B* terdiri atas *Seam B* sendiri (sampel ES 03 dan RH 03), *Sub-seam B1* (NS 02, ES 01, ES 02, dan YK 08), dan *Sub-seam B2* (YK 07). *Seam A* terdiri atas *seam A* sendiri (YK 04 dan YK 05), *Sub-seam A1* (YK 02 dan YK 02 A), dan *Sub-seam A2* (RH 04, NS 01, NS 05, ES 04, dan YK 09). *Seam Benuang* diwakili oleh sampel YK 01. *Seam Enim* diwakili oleh sampel ES 05, ES 06, NS 04, YK 03, YK 06, HS 01, HS 02, RH 01, dan RH 02, sementara *Seam J* (Jelawatan) diwakili oleh sampel NS 03.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Litotipe merupakan asosiasi maseral dalam bentuk pita-pita tipis yang memiliki ketebalan berkisar mulai dari beberapa mm hingga beberapa cm pada batubara humik.

Tingkat kekusaman (*dullness*) batubara, terutama pada jenis litotipe *banded*, dapat diakibatkan oleh nilai kandungan signifikan maseral basah (inertodetrinit, sporinit, dan alginit) dan kering (semifusinit dan fusinit) serta vitrinit B (desmokolinit dan korpokolinit),

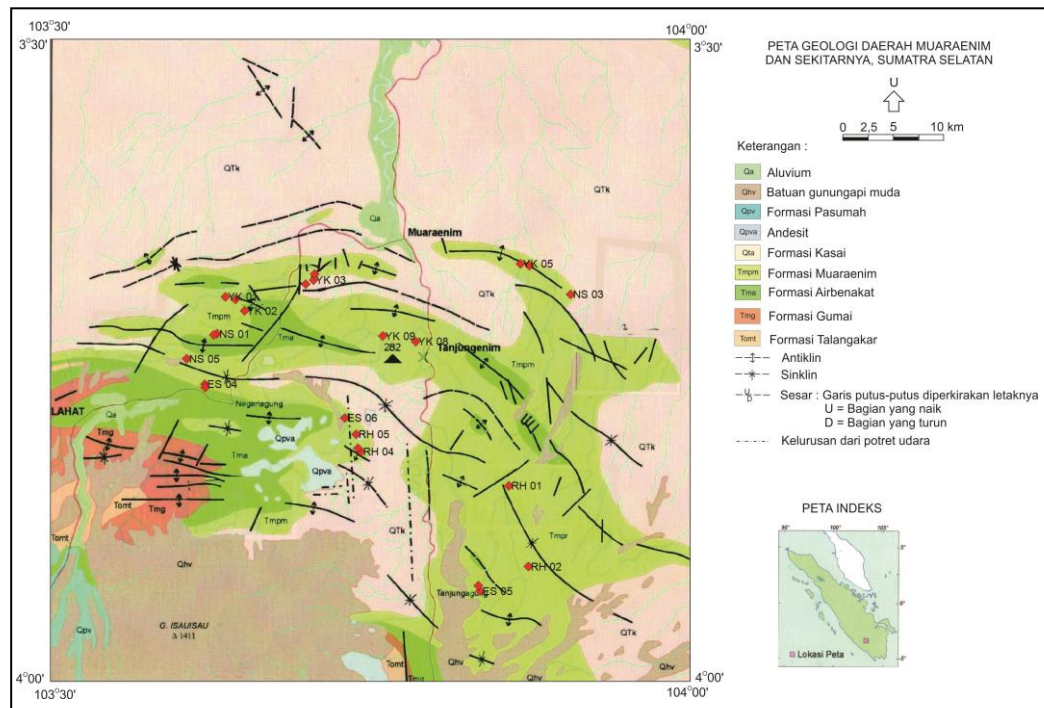
dan juga bahan mineral. Hal ini sesuai pendapat Diessel (1982) yang menyatakan bahwa sifat kekusaman batubara disebabkan oleh banyaknya kandungan maseral basah dan kering.

Maseral pada batubara berperan sebagai penyusun bahan organik, seperti mineral pada batuan sedangkan mineral matter pada batubara berperan sebagai pengotor/ penyusun bahan anorganik.

Kelompok maseral inertinit dapat terbentuk selama pengendapan batubara saat kondisi oksik (terjadi jika endapan batubara berada di atas permukaan air sehingga terkena oksigen dan terjadi proses oksidasi). Sebaliknya, batubara yang tidak memiliki kandungan inertinit terbentuk saat kondisi anoksik, dimana tidak terjadi proses oksidasi (McCabe. 1984).

Perbandingan kelompok maseral Vitrinit A dengan Vitrinit B dapat menunjukkan asal mula tumbuhan pembentuk endapan batubara, dimana nilai $>1\%$ menginterpretasikan bahwa batubara terbentuk dari tumbuhan kayu (*arborescent*), sedangkan nilai $<1\%$ dapat diinterpretasikan bahwa batubara terbentuk dari tumbuhan tingkat rendah (*herbaceous*) seperti perdu, spora, ganggang, kutikula, resin, dan polen. Adapun perbandingan nilai Vitrinit terhadap Inertinit menunjukkan kondisi hidrologi, tingkat oksidasi, kerapatan pepohonan, serta lingkungan pengendapan/fasies, dimana nilai $>1\%$ menunjukkan batubara terendapkan pada kondisi lingkungan relatif basah dan nilai $<1\%$ menunjukkan batubara sudah terkena oksidasi (kondisi relatif kering).

Menurut klasifikasi Hunt dan Hobday (1984), kandungan *mineral matter* dibagi menjadi tingkatan rendah, intermedier, dan tinggi berdasarkan persentase yang didapat ketika melakukan analisis petrografi organik, yaitu: rendah ($<5\%$) menunjukkan kondisi ombrotrofik, intermedier (5-10%) mesotrofik, dan tinggi ($>10\%$) reotrofik.



Gambar 1. Peta geologi dan lokasi pengambilan sampel daerah penelitian.

3. METODE

Dua puluh delapan sampel batubara dianalisis secara makroskopik untuk penentuan jenis litotipenya berdasarkan klasifikasi Diessel (1965). Dari jenis litotipe dapat diduga kandungan jenis maseral atau bahan organik pembentuk yang nantinya dapat menginterpretasikan lingkungan pengendapan batubara. Untuk analisis mikroskopik, sampel dipreparasi dengan panduan standar ASTM. Sampel digerus sampai ukuran 6 mm kemudian dimasukkan ke dalam campuran resin epoxy, dan sesudah kering dipoles. Selanjutnya, semua sampel ini dipreparasi di laboratorium untuk analisis petrografi menggunakan mikroskop, baik menggunakan cahaya putih pantul maupun fluoresen.

Analisis laboratorium yang dilakukan yaitu analisis petrografi bahan organik (maseral) dan anorganik (bahan mineral). Terminologi yang digunakan dalam mengidentifikasi maseral mengikuti panduan ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology, 1998 dan 2001).

Hasil analisis laboratorium selanjutnya diplotkan ke dalam diagram segitiga Smyth untuk menentukan lingkungan pengendapan dan karakteristik batubara.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Litotipe

Hasil analisis makroskopik litotipe batubara daerah penelitian yang mengacu pada klasifikasi Diessel (1992) dapat dilihat pada Gambar 2.

Secara umum, batubara daerah penelitian secara makroskopik termasuk ke dalam litotipe dull banded - bright. Berwarna hitam hingga hitam kecoklatan, begitu juga goresannya, dan berlapis baik.

Umumnya batubara dengan litotipe dull muncul berdampingan dengan lapisan sedimen klastik (Marchioni, 1980). Litotipe dull tersebut terbentuk selama periode kenaikan permukaan air dan sirkulasi dalam mire, pada lingkungan reed moor dan open moor. Batubara bright, bright banded, banded, dan sebagian dull diinterpretasikan terbentuk pada forest moor telmatik. Litotipe batubara banded diinterpretasikan terbentuk pada reed moor telmatik – limno-telmatik.

Umur	Formasi	Litologi	Seam batubara & lapisan kunci
K	ENDAPAN KUARTER	Sedimen klastik	
TERSIER (MIOSEN TENGAH - AKHIR)	KASAI	Sedimen klastik	
		Sedimen klastik	
	M4	Sedimen klastik	
			JELAWATAN
		Sedimen klastik	
			ENIM
	M3	Sedimen klastik	
			BENUANG
		Sedimen klastik	
			A1 (MANGUS)
FORMASI MUARAENIM	M2	Sedimen klastik	A2 (MANGUS)
			B (SUBAN)
		Sedimen klastik	
			C (PETAI)
		Sedimen klastik	

Gambar 2. Log stratigrafi dan litotipe batubara daerah penelitian (Modifikasi dari PT. MKI, 1998).

Dari karakteristik litotipe yang dimiliki oleh batubara daerah penelitian, sebagian besar sampel batubara yang meliputi Seam C, B, A, Enim, dan benuang terbentuk pada lingkungan *wet forest swamp*, sedangkan Seam Jelawatan terbentuk selama periode kenaikan permukaan air dan sirkulasi dalam *mire*, pada lingkungan *reed moor* dan *open moor*.

4.2 Komposisi Maseral dan *Mineral Matter*

Hasil analisis mikroskopik (Tabel 1) menunjukkan bahwa kelompok maseral vitrinit mendominasi dengan kisaran antara (65,2 - 97,4 %). Kelompok maseral ini didominasi oleh maseral vitrinit A yang terdiri atas telokolinit (3,6 - 82,4%; Gambar 3 a). Sementara itu, maseral vitrinit B terdiri atas desmokolinit (0,8 - 70%; Gambar 3 d), korpokolinit (0,4 - 9,8%; Gambar 3 b), dan vitrodetrinit (0,6 - 7,2%; Gambar 3 e). Selanjutnya kelompok maseral inertinit dengan kisaran 0,4 - 19,8%, tersusun oleh maseral fusinit (0,2 - 11,4%; Gambar 3 g), semifusinit (0,2 - 5,2%; Gambar 3 c), inertodetrinit (0,2 - 7,4%; Gambar 3 h), dan funginit (0,2 - 10,4%; Gambar 3 f). Kelompok maseral liptinit merupakan kandungan yang paling rendah pada batubara daerah penelitian berkisar dari 0,4 - 12,8%, yang terdiri atas maseral kutinit (0,2 - 3,4%; Gambar 4 c), lamalginit (0,2 - 1,4%; Gambar 4 f), telalginit (0,2 - 1,2%; Gambar 4 f), sporinit (0,2 - 2,4%; Gambar 4 g), suberinit (0,2 - 4,2%; Gambar 4 a), resinit (0,4 - 6,4%; Gambar 4 e), fluorinit (0,2 - 1,8%; Gambar 4 d), dan liptodetrinit (0,2 - 1,6%; Gambar 4 b).

Bahan mineral yang ditemukan adalah mineral lempung (Gambar 4 h), kuarsa (Gambar 4 j), dan pirit (Gambar 4 i) yang merupakan pirit non framboidal yang berkisar antara 0,8 - 12%.

4.2.1 Interpretasi fasies berdasarkan komposisi maseral

Komponen maseral dalam batubara dapat menunjukkan bahan asal material organik penyusun batubara yang berkontribusi pada pengendapan gambut dan kondisi selama pengendapan. Hasil komposisi maseral yang didapat dari analisis petrografi digunakan untuk mengetahui fasies batubara. Hasil komposisi maseral dari

Tabel 1. Hasil analisis komposisi maseral dan *mineral matter* pada batubara daerah penelitian

No	No. Sampel	Seam	Tel %	Kp %	Des %	Vitr %	V %	Fung %	Fus %	Semi-fus %	Inerto %	I %	Kut %	Lam %	Tel %	Spor %	Sub %	Res %	Flo %	Lipto %	L %	Cl %	Q %	Py non %	MM
1	NS 03	J	18	2.6	70		90.6	1.6		0.4	0.8	2.8	0.4					2.6			3.2				3.4
2	ES 05	Enim	16.8	2.4	63.2	7.2	89.6	0.2	0.2	2.2		2.6			0.2		0.4	0.4	1.8		2.8	2	0.6	2.4	5
3	ES 06	Enim	28.6	3.4	26.6	6.6	65.2	2	5.4	4.4	0.8	12.6	2	1	0.8	2.4	1.4	2	1.2	0.8	11.6	3.8	3.2	3.6	10.6
4	NS 04	Enim	32.4	1.4	49		82.8	2		5	1.2	8.2	0.6				1	2			3.6				5.4
5	YK 03	Enim	34.4	1.4	54.2		90	1		0.4	0.6	2	1.4				1.4	2.6			5.4				2.6
6	YK 06	Enim	73	2.8	21.6		97.4	0		0.2	0.2	0.4				0.2		0.4			0.6				1.6
7	HS 01	Enim	49.2	3.4	30.6		83.2	2		4.8	7.4	14.2					0.6	0.8		0.4	1.8				0.8
8	HS 02	Enim	48.4	5.4	28.4	1.2	83.4	2	1.2	2.2		5.4	2.4	0.4	0.2	1.2	1.4	0.6			6.2	2.4		2.6	5
9	RH 01	Enim	40	8	34.8	3.6	86.4	1.4	0.4	0.6	0.2	2.6	3.4	0.6	0.2	0.6	2.2	1			8	1.8		1.2	3
10	RH 02	Enim	30.4	1.2	35.4	5	72	2.4	1.6	3.4	0.2	7.6	2	1.4	1.2	1.2	2.8	1.8	0.8	1.6	12.8	3.8	1.4	2.4	7.6
11	YK 01	Benuang	14	0.4	57	1.2	72.6	7.2	11.4	1.2		19.8		0.4		0.4	0.2	1.2	0.6		2.8	1.4	1.2	2.2	4.8
12	YK 02	A1	30	1.4	54		85.4	3		0.4	1	4.4						6			6				4.2
13	YK 02 A	A1	24.2	1.2	44.6	4.8	74.8	3	1	4		8	0.2	1	0.8	0.4	1.6	4.2	0.2		8.4	4.8	0.8	3.2	8.8
14	RH 04	A2	75.8	4.2	0.8	3	83.8	2.4	1.6	2.6	0.8	7.4		0.8	0.2	0.4	1.4	0.6			3.4	3	0.4	2	5.4
15	NS 01	A2	28.8	4	28	5.4	66.2	5.6	3	4.4	1.6	14.6		0.6	0.6	1.2	4.2	2.2	0.4	0.2	9.4	5	1.2	3.6	9.8
16	NS 05	A2	55.4	2.4	37.6		95.4	0.4		0.2	0	0.6						0.4			0.4				3.6
17	ES 04	A2	48.6	3.8	31.8	1.2	85.4	0.4	1.2	1.2		2.8	2.6	0.4	0.2	0.4	0.8	1.4	0.6	0.4	6.8	1.6	0.8	2.6	5
18	YK 09	A2	77.4	3	8.2		88.6	2.4		4	1.8	8.2	0.2				0.6	0.8		0.2	1.8				1.4
19	YK 04	A	3.6	3	64.6		71.2	7.6		1.4	1	10				0.4		6.4			6.8				12
20	YK 05	A	37.6	2	54.6		94.2	0.6		1	1.4	3					0.4	0.6			1				1.8
21	NS 02	B1	15.4	1.6	56.6		73.6	10.4		4	4.4	18.8						4			4				3.6
22	ES 01	B1	68.8	4.4	7.6	2.4	83.2	1.2	0.6	5.2		7	0.8	0.2			2.6	0.4	0.2	0.2	4.4	2	0.2	3.2	5.4
23	ES 02	B1	36.8	3.6	34.4	1.6	76.4	2.4	9.4	2.8	0.4	15	1.4	0.2		1.2	1.6	0.6	0.2		5.2	1.4	0.6	1.4	3.4
24	YK 08	B1	71.8	4.8	12.8		89.4	1.6		4	2.6	8.2	0.6					0.4		0.2	1.2				1.2
25	YK 07	B2	77.2	9.8	9		96	0.8			0.4	1.2	0.4					0.6			1				1.8
26	ES 03	B	65.8	3.2	12.4	0.6	82	1	4.8	1.8		7.6	2	0.2	0.4	0.4	1.4	1.2	0.2		5.8	1.6	0.6	2.4	4.6
27	RH 03	B	82.4	1	12		95.4			0.8	0.6	1.4	0.2				0.6	0.4			1.2				2
28	RH 05	C	71.2	2	5.2	3.2	81.6	2	5.4	1		8.4	1	0.8	0.4	0.6	2.6	0.4			5.8	1.2	0.8	2.2	4.2

Keterangan:

Tel = Telokolinit

Fung = Funginit

Spor = Sporinit

Lam = Lamalginit

Kp =Korpokolinit

Fus = Fusinit

Sub = Suberinit

Tel = Telalginit

Des =Desmokolinit

Semifus = Semifusinit

Res = Resinit

Cl = Lempung

Vitr = Vitrodetrinit

Inerto = Inertodetrinit

Flo = Fluorinit

Q = Kuarsa

I = Inertinit

Lipto = Liptodetrinit

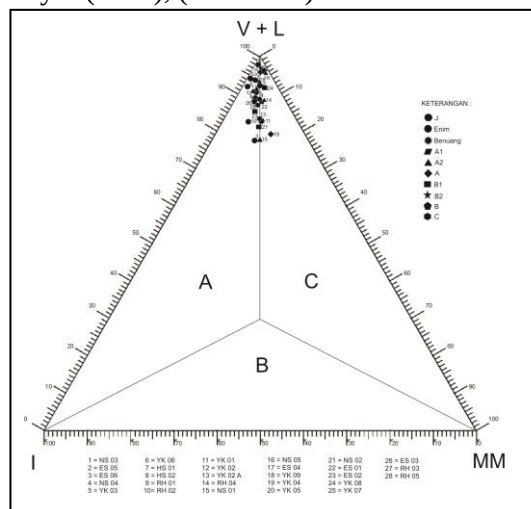
Py non = Pirit non framboidal

Kut = Kutinit

L = Liptinit

MM = Mineral matter

keseluruhan sampel (28 sampel), dibagi menjadi 10 bagian berdasarkan *seam* yang kemudian diplot ke dalam diagram segitiga Smyth (1984), (Gambar 5).



Keterangan:

A: Perselingan kondisi oksik dan anoksik

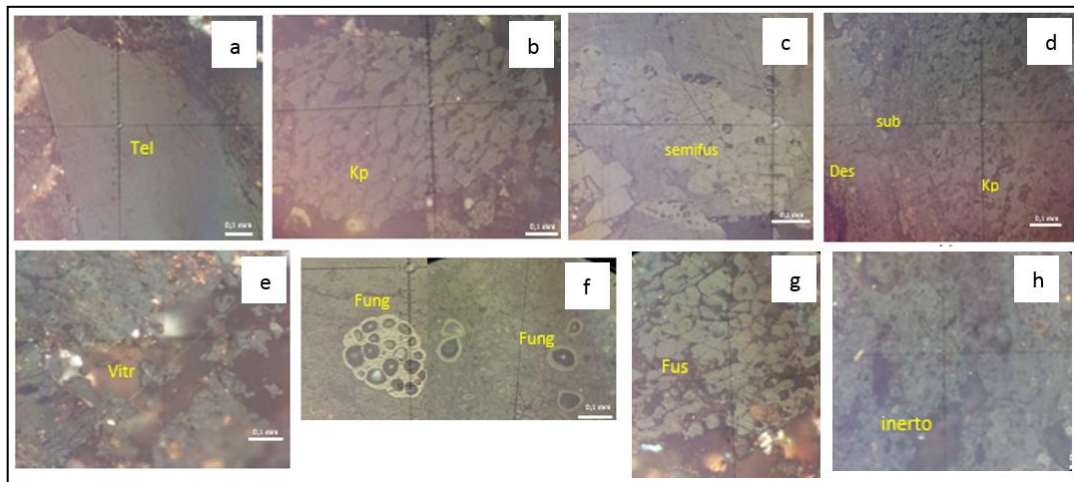
B: Kering, oksik, banjir tiba-tiba lalu kering

C: Basah, kondisi banjir moderat hingga tinggi (besar) yang sebentar-sebentar (tidak selalu)

V = Vitrinit; L = Liptinit; I = inertinit;

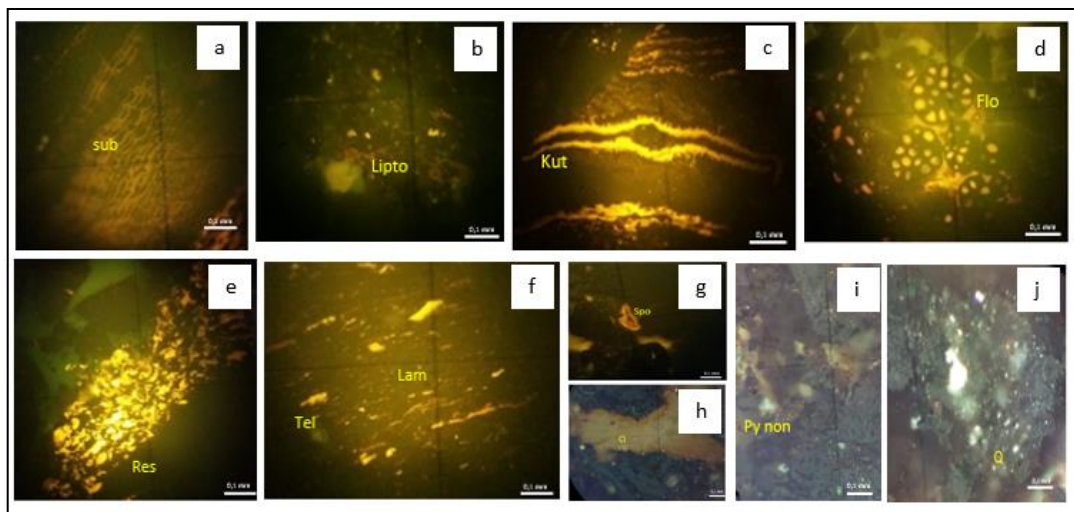
MM = *Mineral Matter*

Gambar 5. Plot maseral dan mineral pada Diagram Smyth (1984), yang menunjukkan fasies batubara di daerah penelitian.



Gambar 3. Fotomikrograf kelompok maseral vitrinit dan inertinit dengan cahaya refleksi putih.

a. Telokolinit (Tel) pada sampel ES 06; b. Korpokolinit (Kp) pada sampel NS 01; c. Semifusinit (Semifus) pada sampel RH 05; d. Desmokolinit (Des) pada sampel YK 02 A; e. Vitrodetrinit (Vitr) pada sampel YK 01; f. Funginit (Fung) pada sampel NS 02; g. Fusinit (Fus) pada sampel ES 02; h. Inertodetrinit (Inerto) pada sampel HS 01.



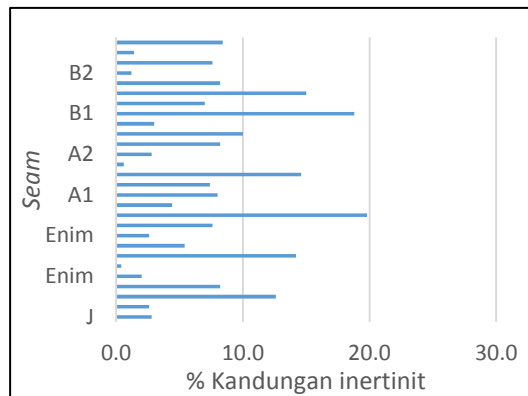
Gambar 4. Fotomikrograf kelompok maseral liptinit dan *mineral matter* dengan cahaya fluoresens. a. Suberinit (Sub) pada sampel ES 03; b. Liptodetrinit (Lipto) pada sampel ES 06; c. Kutinit (Kut) pada sampel RH 01; d. Fluorinit (Flo) pada sampel RH 04; e. Resinit (Res) pada sampel RH 05; f. Telalgininit (Tel) dan Lamalgininit (Lam) pada sampel ES 03; g. Sporinit (Spo) pada sampel YK 01; h. Lempung (Cl) pada sampel ES 03 dengan cahaya refleksi putih ; i. Pirit non framboidal (Py non) pada sampel NS 01; j. Kuarsa (Q) pada sampel ES 06

Hasil plot komposisi maseral dan *mineral matter* memperlihatkan bahwa batubara pada daerah penelitian terendapkan pada fasies dengan kondisi perselingan oksik dan anoksik dalam kondisi basah (kondisi banjir moderat

sampai tinggi yang tidak selalu terjadi/sebentar-sebentar).

Inertinit merupakan kelompok maseral yang dapat menjadi salah satu parameter dalam interpretasi kondisi tingkat oksidasi. Batubara yang mengandung sedikit inertinit dapat diinterpretasikan terbentuk

saat kondisi sub-oksik dan batubara yang memiliki kandungan inertinit >10% dari total maseral terbentuk saat kondisi oksik. Hasil persentase kandungan kelompok maseral inertinit pada sampel daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 6.



Gambar 6. Hasil persentase kandungan inertinit untuk menunjukkan kondisi oksidasi.

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa daerah penelitian memiliki dominasi nilai persentase kandungan inertinit <10% sehingga dapat diinterpretasikan endapan batubara terbentuk dalam keadaan sub-oksik. Adapun 6 sampel dari *Seam* B1, A2, Benuang, dan Enim memiliki nilai persentase kandungan inertinit >10% yang menunjukkan keterbentukan batubara dalam kondisi oksik.

Hasil perbandingan nilai VA/VB dan Vitritinit terhadap Inertinit pada sampel batubara daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Vitritinit A/Vitritinit B dan Vitritinit/Inertinit pada sampel daerah penelitian.

No	No. Sampel	Seam	VA/ VB (%)	V/I (%)
1	NS 03	J	0.248	32.36
2	ES 05	Enim	0.256	34.46
3	ES 06	Enim	0.953	5.17
4	NS 04	Enim	0.643	10.10
5	YK 03	Enim	0.619	45.00
6	YK 06	Enim	2.992	243.50

7	HS 01	Enim	1.447	5.86
8	HS 02	Enim	1.432	15.44
9	RH 01	Enim	0.935	33.23
10	RH 02	Enim	0.831	9.47
11	YK 01	Benuang	0.244	3.67
12	YK 02	A1	0.542	19.41
13	YK 02 A	A1	0.528	9.35
14	RH 04	A2	15.160	11.32
15	NS 01	A2	0.900	4.53
16	NS 05	A2	1.385	159.00
17	ES 04	A2	1.365	30.50
18	YK 09	A2	6.911	10.80
19	YK 04	A	0.053	7.12
20	YK 05	A	0.664	31.40
21	NS 02	B1	0.265	3.91
22	ES 01	B1	5.733	11.89
23	ES 02	B1	0.968	5.09
24	YK 08	B1	4.080	10.90
25	YK 07	B2	4.106	80.00
26	ES 03	B	4.218	10.79
27	RH 03	B	6.338	68.14
28	RH 05	C	9.889	9.71

Nilai perbandingan Vitritinit A terhadap Vitritinit B pada tabel di atas didominasi oleh nilai yang tinggi >1% (sampel YK 06, HS 01, HS 02, RH 04, NS 05, ES 04, YK 09, ES 01, YK 08, YK 07, ES 03, RH 03, dan RH 05), menunjukkan kerapatan pepohonan yang rapat, terbentuk pada kondisi hidrologi *reotrofik* hingga *mesotrofik*, dan biasanya berada pada kondisi lingkungan *forest swamp* atau paya (*marsh*). Kemudian terdapat juga beberapa sampel yang memiliki nilai perbandingan Vitritinit A terhadap Vitritinit B sekitar 0,8 – 0,9% menunjukkan tumbuhan penyusunnya berupa tumbuhan rendah dan tumbuhan kayu sehingga disebut juga peralihan atau campuran (sampel ES 06, RH 01, RH 02, NS 01, dan ES 02). Hal tersebut dapat diinterpretasikan bahwa kerapatan pepohonannya adalah menengah/*intermediate*, kondisi hidrologi mesotrofik - *reotrofik*, dan lingkungan pengendapan berupa *fen*. Adapun nilai perbandingan

Vitrinit A terhadap Vitrinit B yang kecil <1% (pada sampel NS 03, ES 05, NS 04, YK 03, YK 01, YK 02, YK 02 A, YK 04, YK 05, dan NS 02), menunjukkan batubara didominasi oleh tumbuhan rendah, seperti vegetasi mengambang dan semak belukar. Kerapatan pepohonannya jarang serta tidak banyak mengandung *mineral matter* karena kondisi hidrologinya berupa ombrotrofik sehingga hanya air hujan yang berpengaruh, tidak ada banjir yang membawa bahan mineral dan lingkungan pengendapannya *bog forest*.

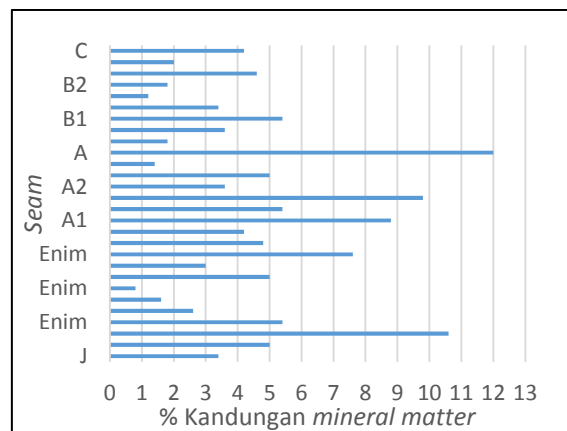
Nilai perbandingan Vitrinit terhadap Inertinit juga merupakan salah satu metode untuk mengetahui kondisi lingkungan pengendapan. Nilai inertinit yang besar menunjukkan tingkat oksidasi tinggi dalam kondisi permukaan air rendah, sedangkan nilai vitrinit besar menunjukkan kondisi anoksik dalam suasana permukaan air yang tinggi. Pada Tabel 2 terdapat beberapa sampel (sampel YK 01, NS 01, dan NS 02) yang memiliki nilai rasio V/I kecil (<5%), padahal sampel lainnya didominasi oleh nilai perbandingan besar, yang menunjukkan kondisi basah atau anoksik. Sehingga diinterpretasikan bahwa sampel bernilai kecil ini tetap terbentuk pada kondisi anoksik tetapi lebih mengarah ke sub oksik – oksik. Hal ini mungkin terjadi karena letaknya dekat dengan permukaan air (tidak terlalu berada di bawah permukaan air).

Pada sampel HS 01 dan RH 05 dapat dilihat bahwa nilai perbandingan VA/VB besar sedangkan nilai V/I kecil (diambil V/I yang <10%), hal ini dapat diinterpretasikan bahwa batubara tersebut terbentuk pada kondisi basah yang terdapat banjir moderat hingga tinggi (besar) yang tidak selalu terjadi (sementar-sementar).

4.2.2 Interpretasi fasies berdasarkan komposisi mineral matter

Mineral matter juga dapat dijadikan sebagai salah satu parameter untuk mengetahui kondisi hidrologi dan fasies batubara. Hasil persentase kandungan

mineral matter dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7.

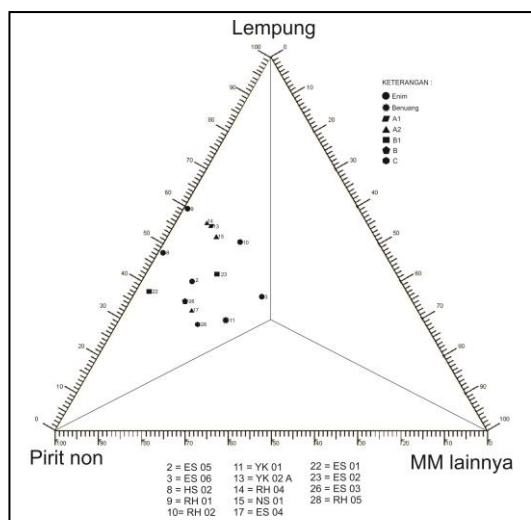


Gambar 7. Hasil persentase kandungan *mineral matter* sampel daerah penelitian.

Hasil gambar diagram diatas menunjukkan dominasi sampel daerah penelitian memiliki nilai <5% (tingkat rendah) sehingga menunjukkan kondisi hidrologi berupa ombrotrofik. Diikuti dengan 6 sampel dengan nilai 5-10% (tingkat intermediat) menunjukkan kondisi mesotrofik, dan 2 sampel dengan nilai >10% (tingkat tinggi) menunjukkan kondisi reotrofik.

Kandungan relatif *mineral matter* ditampilkan dalam diagram segitiga lempung-pirit-MM lainnya (Gambar 8). Hasil plot ke dalam diagram segitiga menunjukkan batubara di daerah penelitian berasosiasi dengan mineral lempung dan pirit (berdasarkan hasil analisis petrografi organik, jenis pirit pada batubara daerah penelitian adalah pirit non framboidal).

Mineral lempung dapat mengendap bersamaan dengan endapan batubara jika terangkut oleh angin dan terbang dalam bentuk debu (dalam jumlah sedikit), sedangkan mineral lempung dengan jumlah banyak terjadi saat banjir. Adapun, terlihat asosiasi mineral pada diagram segitiga di atas cenderung lebih mengarah ke mineral pirit. Pirit terbentuk saat kondisi anoksik (permukaan gambut di bawah permukaan air), sehingga dapat diinterpretasikan lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian didominasi kondisi basah dalam suasana anoksik.



Gambar 8. Diagram segitiga yang menunjukkan hasil plot kandungan *mineral matter* pada batubara daerah penelitian.

4.3 Sejarah Fasies dan Lingkungan Pengendapan Batubara Daerah Penelitian

Setelah semua parameter disatukan, didapatkan fasies dan lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian yang secara umum memperlihatkan hasil yang sesuai dan saling mendukung (Gambar 9). Fasies yang dianalisis berupa: 1). Asal tumbuhan pembentuk batubara berdasarkan parameter rasio Vitrit A/Vitrit B dan Vitrit/Inertinit, 2). Tingkat oksidasi berdasarkan rasio Vitrit/Inertinit, kandungan inertinit, dan diagram segitiga mineral matter, 3). Ekosistem hidrologi berdasarkan parameter perbandingan Vitrit A/Vitrit B dan Vitrit/Inertinit, serta kandungan *mineral matter*. Sementara itu, lingkungan pengendapan didapat berdasarkan parameter jenis litotipe, perbandingan Vitrit A/Vitrit B, dan Vitrit/Inertinit.

Urutan pengendapan lapisan batubara daerah penelitian dimulai dari *Seam C* yang merupakan lapisan batubara paling tua. *Seam* batubara ini berasal dari tumbuhan kayu, tingkat oksidasi sub oksik hingga anoksik, ekosistem hidrologi berupa ombrotrofik – reotrofik, dengan lingkungan pengendapan pada *wet forest swamp*.

Selanjutnya di atas *Seam C*, terdapat *Seam B* yang berasal dari tumbuhan kayu, tingkat oksidasi anoksik hingga oksik, ekosistem hidrologi berupa ombrotrofik – reotrofik, dengan lingkungan pengendapan pada *wet forest swamp*.

Ke arah atas dari *Seam B*, terdapat *Seam A*, yang berasal dari tumbuhan *herbaceous* hingga tumbuhan kayu, tingkat oksidasi anoksik hingga oksik, ekosistem hidrologi berupa ombrotrofik – reotrofik, dengan lingkungan pengendapan pada *wet forest swamp* – *bog forest*.

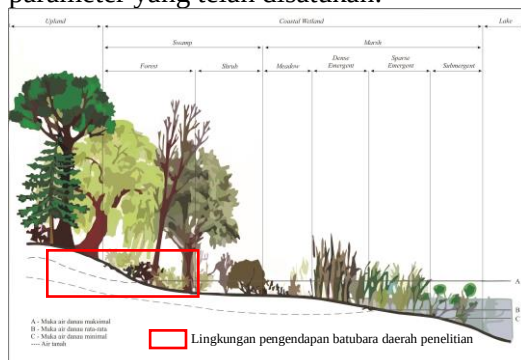
Kemudian di atas *Seam A*, terdapat *Seam Benuang* yang bahan organik berasal dari tumbuhan tingkat rendah (*herbaceous*), tingkat oksidasi oksik hingga anoksik, ekosistem hidrologi berupa ombrotrofik, dengan lingkungan pengendapan pada *bog forest*.

Seam Jelawatan adalah *seam* yang paling muda pada daerah penelitian, berasal dari tumbuhan tingkat rendah (*herbaceous*), tingkat oksidasi sub oksik– anoksik, ekosistem hidrologi berupa ombrotrofik, dengan lingkungan pengendapan pada *reed moor dan open moor - bog forest*.

Jika dilihat dominasi fasies dan lingkungan pengendapan masing-masing *seam*, dapat disimpulkan bahwa batubara daerah penelitian terbentuk pada lingkungan pengendapan *wet forest swamp* – *bog forest* dengan kondisi hidrologi ombrotrofik – reotrofik (Gambar 10).

Litologi	Seam Batubara & Lapisan Kunci	Ekosistem Hidrologi	Tingkat Oksidasi	Asal Tumbuhan	Lingkungan Pengendapan
Sedimen klastik					
Sedimen klastik					
Sedimen klastik					
	JELAWATAN	Ombrotrofik	Sub oksik - anoksik	Herbaceous	Reed moor dan open moor - bog forest
Sedimen klastik					
	ENIM	Ombrotrofik-reotrofik	Anoksik - oksik	Herbaceous, tumbuhan kayu	Wet forest swamp - bog forest
Sedimen klastik					
	BENUANG	Ombrotrofik	Oksik - anoksik	Herbaceous	Bog forest
Sedimen klastik					
	A1 (MANGUS)	Ombrotrofik-reotrofik	Anoksik - oksik	Herbaceous, tumbuhan kayu	Wet forest swamp - bog forest
Sedimen klastik					
	A2 (MANGUS)				
Sedimen klastik					
	B (SUBAN)	Ombrotrofik-reotrofik	Anoksik - oksik	Tumbuhan kayu	Wet forest swamp
Sedimen klastik					
	C (PETAI)	Ombrotrofik-reotrofik	Sub oksik - anoksik	Tumbuhan kayu	Wet forest swamp

Gambar 9. Fasies dan lingkungan pengendapan masing-masing *seam* batubara daerah penelitian berdasarkan parameter-parameter yang telah disatukan.



Gambar 10. Pembagian rawa yang memperlihatkan lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian (Modifikasi dari Douglas, dkk., 2012).

5. KESIMPULAN

Komposisi maseral dan *mineral matter* dari batubara daerah penelitian dapat diinterpretasikan mengendap pada kondisi perselingan oksik dan anoksik dalam

keadaan basah (banjir moderat – tinggi yang terjadi sebentar-sebentar). Lingkungan pengendapannya berkisar dari *wet forest swamp – bog forest* pada kondisi hidrologi ombrotrofik – reotrofik dan asal tumbuhannya dari tumbuhan rendah dan kayu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Para penulis mengucapkan terimakasih kepada karyawan dan staff Pusat Survey Geologi yang telah menyediakan sarana untuk analisis mikroskopik yaitu laboratorium petrografi organik dan kepada Bpk. Iqbal yang telah membantu dalam determinasi maseral batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Diessel, C. F. K., 1992. *Coal Bearing Depositional*. Berlin: Springer Verlag, 721h.
- McCabe, P. J., 1984. *Depositional Environments of Coal and Coal-bearing Strata*. Dalam: Rahmani, R. A. dan Flores, R. M. (eds.), *Sedimentology of Coal and Coal-bearing Sequences*, Special Publications of International Association of Sedimentologists, 7, h.13-42.
- Hunt, J. W., Hobday, D. K., 1984. *Sedimentology of Coal and Coal-bearing Sequence*. International Association of Sedimentologists, Special Publication, 7, h.43-60.
- Diessel, C. F. K., 1965. *Correlation of Macro and Micropetrography of Some New South Wales Coals*. In: Woodcock, J. T., Madigan, R. T., dan Thomas, R. G. (eds), *Proceedings-General, 8th Commonwealth Mineral and Metallurgy Congress*, 6, h. 669-677.
- ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology), 1998. *The New Vitrinite Classification* (ICCP System 1994). Fuel, 77, 349-358.
- ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology), 2001. *The New Inertinite Classification* (ICCP System 1994). Fuel, 80, h.459-471.
- Marchioni, D., 1980. *Petrography and Depositional Environment of the*

- Liddel Seam, Upper Hunter Valley, New South Wales.*
International Journal of Coal Geology, 1, h.35 - 61.
- Douglas, A. W., Todd, A.T., Robert, K. B., dan Nicholas J. R., 2012. USGS Document, Circular 1311, *Lake-Level Variability and Water Availability in the Great Lakes*, Kode: Q166735.