



Kondisi Lingkungan Pengendapan, Kematangan, Dan Klasifikasi Batubara Berdasarkan Data Petrografi Dan Geokimia Organik, Lapangan Rokan Hulu

Muhammad Firman Pratama^{1*}, Ildrem Sjafr¹, Reza Mohammad Ganjar Gani¹,
Yusi Firmansyah¹, Nana Suwarna²

¹ Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

² Pusat Survei Geologi, Jl Diponegoro 57 Bandung

*Korespondensi: firman.pratama63@gmail.com

ABSTRAK

Daerah penelitian, secara administratif terletak di Kecamatan Tambusi, Rambah Samo, Tandun, dan IV Rokan Koto, Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. Berdasarkan analisis petrografi organik, batubara di lokasi penelitian didominasi oleh litotipe *Bright* dan *Bright Banded* dengan kandungan maseral vitrinit berkisar dari 45,2 – 92 %, inertinit 0,6 – 10,7 %, liptinit 0 – 5,6 %, dan bahan mineral 3,2 – 50,6 %. Peringkat batubara daerah penelitian berkisar dari lignit hingga bituminus volatil rendah. Selanjutnya, analisis fasies melalui diagram V+L-I-MM menunjukkan batubara yang diteliti berasal dari fasies F, yang berarti bahwa proses pengendapan batubara berada pada kondisi basah (anoksik), mengalami banjir dengan tingkatannya moderat hingga tinggi (besar) secara periodik, sebentar ataupun non periodik (oksik). Kemudian, berdasarkan analisis hasil plotting pada diagram TFD, menunjukkan batubara terendapkan pada fasies *limnic*, *limno-telmatic*, dan *telmatic*. Sementara itu, hasil analisis diagram TPI versus GI pun menunjukkan fasies *limnic*, *limno-telmatic* dan *telmatic*. Terakhir, berdasarkan indeks muka air tanah dengan menggunakan analisis GWI versus GI menunjukkan bahwa rezim hidrologi batubara didominasi oleh *mesotrophic* yang mengarah ke *rheotrophic* dengan jenis vegetasinya berupa *wet forest swamp* dan sisanya dikontrol oleh rezim *ombrotrophic* dengan jenis vegetasi berupa *bog*.

Kata Kunci: batubara, fasies, maseral, petrografi, Rokan Hulu

ABSTRACT

The research area, administratively is located in Tambusi, Rambah Samo, Tandun, and IV Rokan Koto Sub-Regency, Riau Province, Sumatra. Based on organic petrographic analysis, the coal is dominated by *Bright* and *Bright Banded* lithotypes. Vitrinite maceral content ranges from 45,2 – 92 %, inertinite 0,6 – 10,7 %, liptinite 0 – 5,6 %, and mineral matter 3,2 – 50,6 %. Coal rank of the research area ranges from lignite to low volatile bituminous. The analysis V+L-I-MM diagram the coal studied falls on F Facies area; which means that the environment of deposition of coal was wet (anoxic) which suddenly flooded with a moderate to high level flooding periodically or non periodic (oxic). Then, according to analysis of TFD diagram the coal facies are *limnic*, *limno-telmatic* and *telmatic*. Similar to the TFD diagram, a TPI versus GI diagram also shows *limnic*, *limno-telmatic*, and *telmatic* facies. Meanwhile, the result of GWI versus VI diagram indicates the hydrological coal regime is dominated by *mesotrophic* to *rheotrophic* ecosystem with the vegetation type being *wet forest swamp* and the rest controlled by the *ombrotrophic* regime with the vegetation type in the form of *bog*.

Keywords: coal, facies, maceral, petrography, Rokan Hulu

1. PENDAHULUAN

Jenis batubara di Indonesia memiliki karakteristik yang beragam. Karakteristik tersebut dapat diketahui dengan cara meneliti parameter-parameter pada batubara seperti: kondisi geologi, ciri fisik, dan identifikasi kandungan kimia yang khas pada daerah tersebut. Sehubungan dengan hal tersebut, beberapa sampel batubara yang berasal dari daerah Rokan Hulu, Provinsi Riau telah diteliti. Sampel-sampel yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari eksplorasi yang pernah dilakukan di daerah ini pada tahun 2002 oleh Pusat Survei Geologi. Data yang diperoleh dari hasil eksplorasi tersebut berupa hasil analisis petrografi organik berupa reflektansi vitrinit, hasil analisis proksimat, ultimat, ketebalan, dan litotipe.

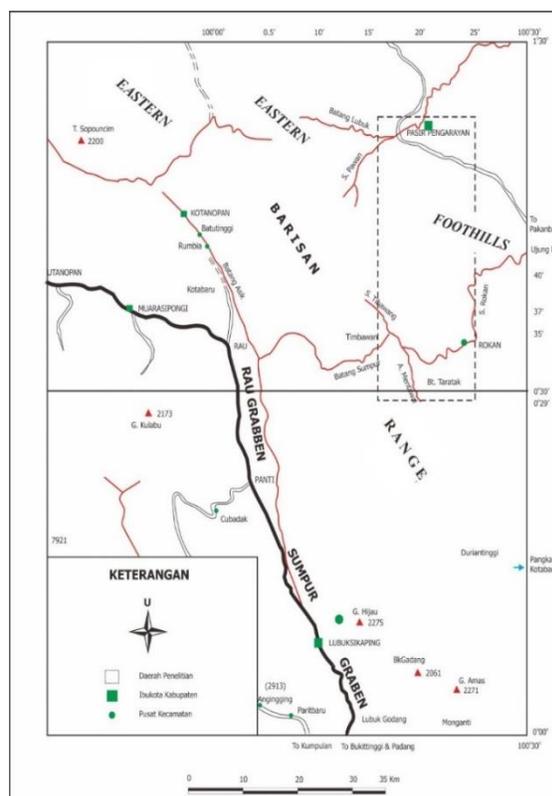
Studi batubara terbaru dari daerah penelitian ini pernah dilakukan oleh Wisesa (2018) berupa “Analisis Lingkungan Pengendapan dan Distribusi Secara Stratigrafi Batubara Formasi Sihapas, Cekungan Sumatra Tengah”. Dalam hal ini penulis tersebut tidak membahas kondisi lingkungan pengendapan berdasarkan maseral. Oleh karena itu, maka dalam penelitian ini lingkungan pengendapan berdasarkan maseral yang merupakan hal utama yang dibahas.

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau yang meliputi Kecamatan Tambusi, Rambah Samo, Tandun, Rokan IV Koto.

2. TINJAUAN PUSTAKA

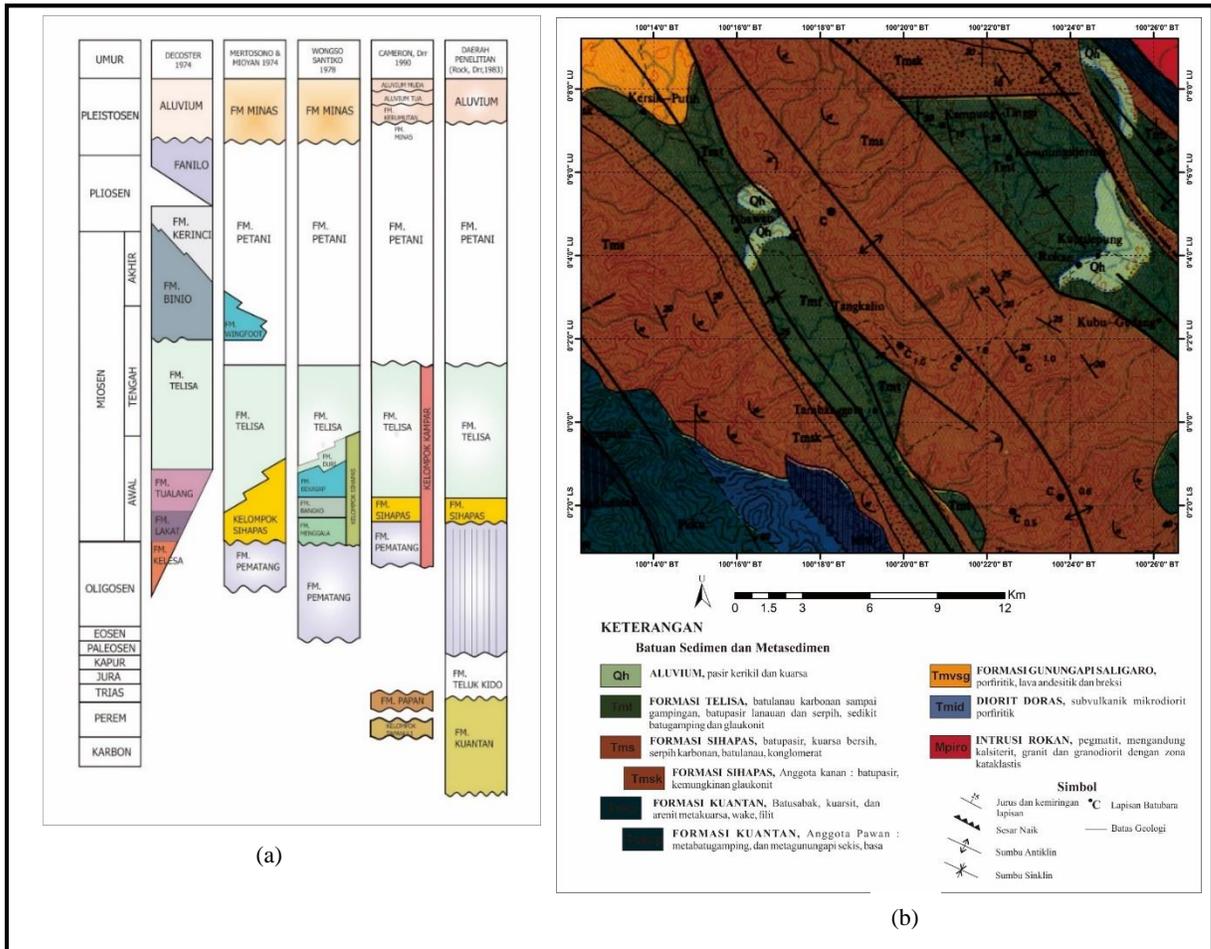
Geologi Regional

Secara fisiografi, daerah penelitian terdiri atas dua fisiografi utama yaitu Lajur Barisan bagian Timur dan Kaki Barisan bagian Timur, berada di tepi paling barat Cekungan Sumatra Tengah dan kemungkinan sub-cekungan tersendiri (Gambar 1). Stratigrafi regional daerah penelitian ini diurutkan mulai dari tua ke mudanya adalah sebagai berikut: Batuan Dasar, Formasi Teluk Kido, Formasi Sihapas, Formasi Telisa, Formasi Petani, serta endapan paling atas yaitu Formasi Minas (yang ekuivalen dengan endapan aluvium) (Gambar 2a) (Rock dkk., 1983). Persebaran wilayah yang mengandung batubara terlihat dengan simbol C pada Peta Geologi Lembar Lubuksikaping (Gambar 2b).



Gambar 1. Fisiografi daerah penelitian.

Kondisi lingkungan pengendapan, kematangan, dan klasifikasi batubara berdasarkan data petrografi dan geokimia organik, Lapangan Rokan Hulu (M. Firman Pratama)



Gambar 2. (a) Stratigrafi regional, (b) Peta geologi regional (Rock dkk., 1983).

Landasan Teori

Batubara merupakan bahan-bahan organik, batuan sedimen yang mudah terbakar secara komposisi tersusun atas karbon sebagai bahan utamanya, terbentuk dari kompaksi dan pengerasan dari tumbuhan sisa (Schopf, 1960). Untuk mengidentifikasi batubara lebih jauh lagi, tidak cukup dengan kenampakkan makroskopis maka perlu diidentifikasi secara mikroskopis. Sehingga, studi ini dapat mengetahui kondisi lingkungan pengendapan batubara pada dahulunya. Adapun bahan mikroskopis yang

diidentifikasi pada batubara, yaitu berupa maseral. Maseral merupakan bahan-bahan mikroskopis sisa yang berasal dari bahan-bahan organik (kebanyakan dibawa dari tumbuh-tumbuhan), yang membentuk batubara. Sisa-sisa tumbuhan ini yang telah melewati modifikasi baik sebelum, sedang dan setelah terendapkan dan bisa digunakan tidak hanya untuk melacak asal-usulnya tetapi juga, untuk mengetahui jalan pembentukannya batubara tersebut (Grady dkk., 1993). Secara umum maseral dibagi dalam tiga kelompok yaitu vitrinit, liptinit (exinit), dan inertinit.

Seiring proses pematubaraan ketersediaan maseral dan bahan mineral dipengaruhi oleh kondisi geologi, iklim, vegetasi, dan rezim hidrologi (Diessel, 1992, Bustin dkk., 1983; Calder dkk., 1993).

Lingkungan pengendapan batubara dapat dianalisis dengan melakukan identifikasi keterdapatn komposisi maseral di dalam batubara. Menurut Diessel (1982), untuk mengetahui lingkungan pengendapan batubara dengan berdasarkan maseral dapat menggunakan diagram TFD (T = Telinit + Telokolinit), kemudian F (F = Fusinit + Semifusinit), dan D (Inertodetrinit + Sporinit + Alginat + Vitrinit B).

Setelah itu, Diessel (1986) mengembangkan lingkungan pengendapan berdasarkan batubara di Australia yang berumur Permian. Model dalam lingkungan pengendapan ini berupa TPI (*Tissue Preservation Index*) versus GI (*Gelification Index*) dibagi menjadi empat kuadran. Adapun Perhitungan untuk menentukan zonasi dari lingkungan pengendapan ini sebagai data kuantitatif maseral untuk batubara bituminus atau batubara hitam, rumusnya sebagai berikut:

$$TPI = \frac{(Vitrinit A + Semifusinit + Fusinit + Sporinit + Kutinit + Resinit + Suberinit)}{(Vitrinit B + Inertodetrinit + Liptodetrinit + Makrinit)}$$

$$GI = \frac{(Vitrinit + Kutinit + Sporinit + Makrinit)}{(Semifusinit + Fusinit + Inertodetrinit + Funginit)}$$

Sementara itu, untuk mengetahui kondisi muka air tanah dan jenis vegetasi selama proses pematubaraan menggunakan

analisis GWI (*Groundwater Index*) terhadap VI (*Vegetation Index*) (Calder dkk., 1993) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$GWI = \frac{(Detrovitrinit + Korpokolinit + Bahan Mineral)}{(Telokolinit)}$$

$$VI = \frac{(Telokolinit + Semifusinit + Fusinit + Resinit + Suberinit)}{(Detrovitrinit + Korpokolinit + Inertodetrinit + Liptodetrinit + Alginat + Sporinit + Kutinit)}$$

Selain itu, dari kondisi lingkungan pengendapan batubara dapat diketahui keadaan oksik dan anoksiknya dengan menggunakan analisis diagram V+L-I-MM (Smyth, 1984).

Penentuan peringkat batubara mengacu terhadap ASTM (1981), yang menggunakan empat parameter, di antaranya: nilai reflektansi vitrinit, nilai kalori, zat terbang, dan kelembaban.

3. METODE

Metode penelitian ini berupa penyelidikan dan pengamatan geologi di lapangan berupa deskripsi singkapan batubara yang mengacu pada Diessel (1965) dengan pengambilan sampelnya berupa *ply-by-ply* dan *channelling* serta melakukan pengukuran penampang stratigrafi terukur. Sampel yang diambil dari lapangan dipilih dalam keadaan segar, supaya ketika pengujian di laboratorium menghasilkan data yang baik.

Sebanyak 18 sampel dipilih untuk diuji, baik secara petrografi maupun geokimia. Sampel percontoh tadi dihancurkan kemudian dipreparasi menjadi briket poles dengan campuran *epoxy resin*. Setelah itu, sampel dapat dianalisis untuk

mengidentifikasi maseral di bawah mikroskop dengan pengamatan 300 titik spasi 0,1 mm. Adapun terminologi dan identifikasi deskripsi mikroskopis bahan organik batubara mengikuti panduan ICCP (*International Committee for Coal and Organic Petrology*, 1971) dan Diessel (1986). Selain itu, dilakukan perhitungan terhadap nilai reflektansi vitrinit yang berguna untuk menganalisis peringkat. Pengamatan identifikasi petrografi organik batubara dilakukan di Laboratorium PSG Bandung.

Sementara itu, pengujian geokimia dilakukan di laboratorium TEKIRA Bandung berupa analisis proksimat, yang bertujuan untuk mengetahui nilai kalori, zat terbang, dan kelembaban.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Litotipe dan Karakteristik Batubara Daerah Penelitian

Dominasi secara umum litotipe daerah penelitian berupa *Bright* (B) dan *Bright-Banded* (BB) (Tabel 2) serta ketebalan batubara berkisar dari 1,0 – 9,0 m. Penentuan lapisan atau *seam* pada batubara ditentukan berdasarkan keterdapatannya *floor* dan *roof* pada batubara. Selain itu, Litotipe batubara didominasi *Bright* sampai *Bright-Banded* menunjukkan bahwa banyak mengandung vitrinit di dalam batubara tersebut. Untuk menentukan jenis tumbuhan berasal yang mengendapkan batubara di daerah tersebut berasal dari jenis perdu, herba, ataupun jaringan kayu dapat diketahui dari

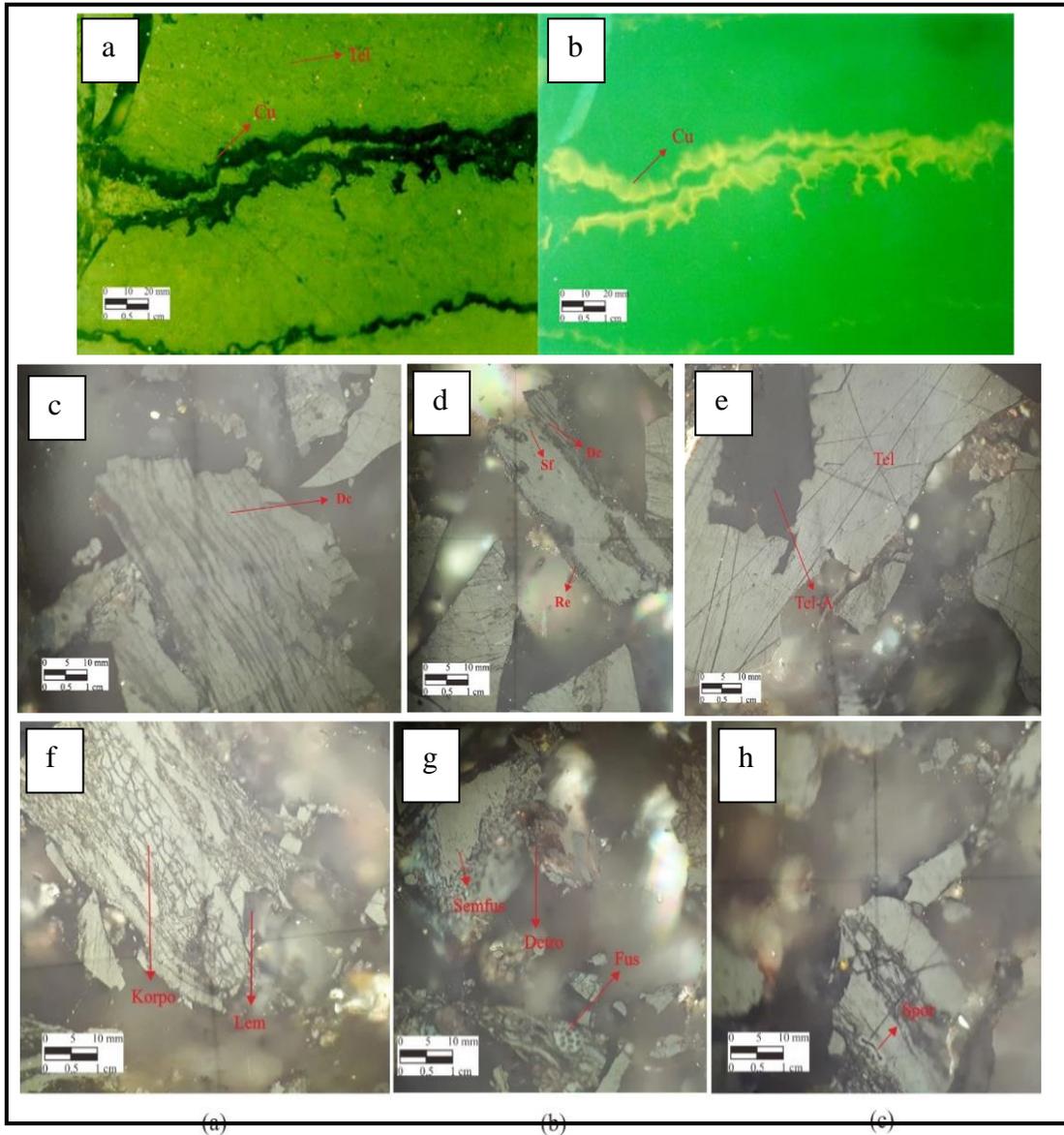
persentase jumlah vitrinit A dan vitrinit B. Namun, untuk litotipe dengan jenis *Dull* (D) sampai *Dull-Banded* (DB) mengindikasikan adanya peristiwa oksidasi, dengan kandungan maseralnya berupa inertinit (Diessel, 1986).

Data Hasil Analisis Petrografi Organik Batubara

Pengamatan maseral batubara diamati dengan menggunakan mikroskop dalam briket poles yang sebelumnya telah dibuat dari sampel *seam* batubara daerah penelitian. Berdasarkan hasil analisis petrografi batubara daerah penelitian (Tabel 1) terdiri atas; maseral vitrinit yang nilai persentasenya berkisar dari 45,2 – 92 %, maseral inertinit 0,6 – 10,7 %, maseral liptinit 0 – 5,6 %, bahan mineral (MM) 3,2 – 50,6 %, dan nilai reflektansi vitrinit yang berkisar dari 0,34 – 0,74 %. Selanjutnya, dalam maseral vitrinit mengandung sub-maseral seperti telokolinit (18 – 82 %) (Gambar 3a), korpokolinit (0 – 3,5 %) (Gambar 3f), desmokolinit (3,5 – 32,2 %) (Gambar 3c), dan detrovitrinit (4 – 28,4 %) (Gambar 3g). Lalu dalam inertinit terdapat sub-maseral funginit (0,1 – 3 %) (Gambar 4l), fusinit (0 – 4,6 %) (Gambar 3g), semifusinit (0,2 – 4,9 %) (Gambar 3d), dan inertodetrinit (0,2 – 6,7 %) (Gambar 4i). Adapun dalam sub-maseral liptinit berupa kutinit yang berkisar dari 0,2 – 3,4 % (Gambar 3b), lam-alginit (0 – 1 %) (Gambar 4j), tel-alginit (0 – 0,6 %) (Gambar 3e), sporinit (0 – 1,4 %) (Gambar 3h), suberinit (0 – 0,5 %) (Gambar 4m), dan resinit (0 – 1,3 %) (Gambar 3d). Dan sisanya berupa bahan

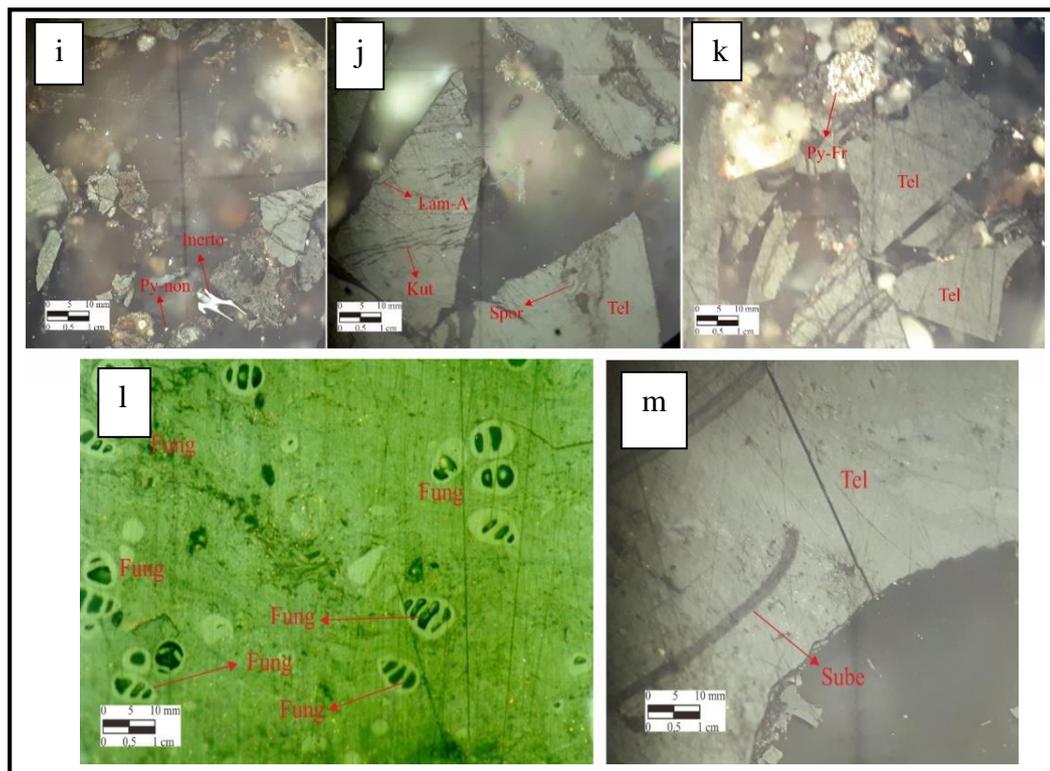
mineral (MM) yang mengandung lempung berkisar dari (3 – 45,5 %) (Gambar 3f),

pirit non-framboidal (0 – 3,9 %) (Gambar 4i), dan pirit framboidal (0,2 – 9,3 %) (Gambar 4k).



Gambar 3. Fotomikrograf maseral di bawah mikroskop; (a) Telokolinit dan kutinit (cahaya putih), (b) kutinit (cahaya fluoresens), (c) Desmokolinit (Dc) (cahaya putih), (d) Semifusinit (Sf) dan resin (Re) (cahaya putih), (e) Tel-Alginit (Tel-A) (cahaya putih), (f) Korpokolinit (korpo) dan lempung (lemp) (cahaya putih), (g) Detrovitrinit (detro) dan fusinit (Fus) (cahaya putih), (h) Sporinit (Spor) (cahaya putih).

Kondisi lingkungan pengendapan, kematangan, dan klasifikasi batubara berdasarkan data petrografi dan geokimia organik, Lapangan Rokan Hulu (M. Firman Pratama)



Gambar 4. (i) Inertodetrinit (inerto) dan pirit non-framboidal (Py-non) (cahaya putih), (j) Lam-Alginit (Lam-A) (cahaya putih), (k) pirit framboidal (Py-Fr) (cahaya putih), (l) Fung (funginit) (cahaya putih), (m) Suberinit (Sube) (cahaya putih).

Tabel 1. Data petrografi organik batubara daerah

No	Kode Sampel	Tel (%)	Kp (%)	Des (%)	Vitr (%)	V (%)	Fung (%)	Fus (%)	Sf (%)	Inerto (%)	I (%)	Kut (%)	Lam (%)	Tel-A (%)	Spor (%)	Sub (%)	Res (%)	L (%)	Lemp (%)	Py non (%)	Py Fr (%)	MM (%)	Rv (%)
1	ES 04A-B	18,0	-	25,2	13,3	56,5	0,2	0,4	0,9	0,4	1,9	0,6	-	0,2	0,3	-	0,2	1,3	37,9	2,2	0,2	40,3	0,40
2	ES 05A-B	82,0	0,4	5,6	4,0	92,0	0,3	0,9	0,8	0,2	2,2	1,3	0,3	0,4	0,3	-	0,3	2,6	3,0	0,1	0,1	3,2	0,70
3	ES 08A	80,8	-	3,5	4,7	89,0	0,3	2,0	0,7	1,0	4,0	1,6	0,3	0,3	0,5	-	1,1	3,8	2,0	-	1,2	3,2	0,74
4	ES 10A	78,0	0,2	6,4	6,3	90,9	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6	0,3	-	-	0,4	-	0,2	0,9	4,9	1,4	1,3	7,6	0,68
5	ES 11A-G	20,0	0,2	26,0	11,7	57,9	0,3	0,3	0,5	0,4	1,5	0,2	-	-	0,2	-	0,2	0,6	38,0	0,3	1,7	40,0	0,46
6	ES 11C	35,8	0,4	28,5	14,6	79,3	0,4	0,3	1,8	0,7	3,2	0,3	-	-	0,1	-	0,1	0,5	12,4	3,0	1,6	17,0	0,58
7	NS 08A-C	28,2	0,3	30,0	7,7	66,2	0,3	0,3	0,6	0,4	1,6	1,8	0,2	0,2	0,6	-	1,1	3,9	27,2	1,8	0,6	29,6	0,54
8	NS 06E-H	22,4	0,2	32,2	9,3	64,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6	0,1	-	-	0,1	-	0,1	0,3	33,4	1,2	0,4	35,0	0,52
9	NS 09G	45,4	0,3	14,3	28,4	88,4	0,3	2,3	1,3	1,0	4,9	0,6	0,6	0,6	0,6	-	0,3	2,7	2,4	0,3	1,3	4,0	0,70
10	NS 07A-F	32,0	-	28,6	10,7	71,3	0,1	0,2	0,4	0,3	1,0	0,1	-	-	0,1	-	0,1	0,3	26,2	1,0	0,2	27,4	0,56
11	HR 04A-I	22,4	0,1	19,6	9,0	51,1	0,4	0,3	0,6	1,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	42,2	3,9	0,5	46,6	0,37
12	HR 03A	18,8	0,3	22,0	9,2	50,3	0,4	0,3	0,4	0,5	1,6	0,2	-	-	0,3	-	0,1	0,6	44,5	1,6	0,4	47,5	0,34
13	NS 02D	33,1	3,3	11,3	21,3	69,0	1,3	3,6	4,9	0,3	10,1	3,4	-	0,3	0,8	0,2	0,3	5,0	10,6	1,0	4,3	15,9	0,65
14	NS 02G	68,0	3,5	8,3	10,0	89,8	0,6	0,4	0,3	0,3	1,6	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,5	2,3	5,1	0,9	0,3	6,3	0,72
15	NS 03B	28,4	2,4	3,9	28,3	63,0	3,0	3,7	3,0	1,0	10,7	1,7	1,0	0,3	1,4	0,5	0,7	5,6	13,7	2,7	4,3	20,7	0,54
16	HR 01B	21,7	0,7	5,3	24,9	52,6	1,7	4,6	1,0	6,7	14,0	1,6	0,3	0,3	0,3	0,4	1,3	4,2	18,6	1,3	9,3	29,2	0,46
17	ES - 1A-C	18,4	0,5	11,2	15,7	45,8	0,2	-	0,2	0,2	0,6	0,8	0,4	0,5	0,3	0,2	0,8	3,0	45,5	0,9	4,2	50,6	0,39
18	ES 02A-J	22,0	0,4	10,3	21,2	53,9	0,4	0,2	0,6	1,4	2,6	0,7	0,3	0,3	0,5	0,3	0,5	2,6	34,0	2,7	4,2	40,9	0,45

Tel = Telokolinit. V = Vitritinit. Inerto = Inertodetrinit. Tel-A = Tel-alginit. L = Liptinit.
 Kp = Korpokolinit. Fung = Funginit. I = Inertinit. Spor = Sporinit. Lemp = Lempung.
 Des = Desmokolinit. Fus = Fusinit. Kut = Kutinit. Sub = Suberinit. Py-frambo = Pirit framboidal.
 Vitr = Vitrodetrinit. Sf = Semifusinit. Lam = Lam-alginit. Res = Resinit. Py-non = Pirit non-framboidal.
 MM = Bahan mineral. Rv = Reflektansi vitritinit

Data Hasil Laboratorium Uji Geokimia Batubara

Analisis proksimat diperlukan untuk menentukan peringkat batubara, yang berguna untuk keperluan industri (ASTM,

1989), dan juga untuk mengetahui kematangan batubara (Ward, 2002 dalam Thomas, 2013). Berikut ditampilkan data hasil uji geokimia batubara daerah penelitian (Tabel 2).

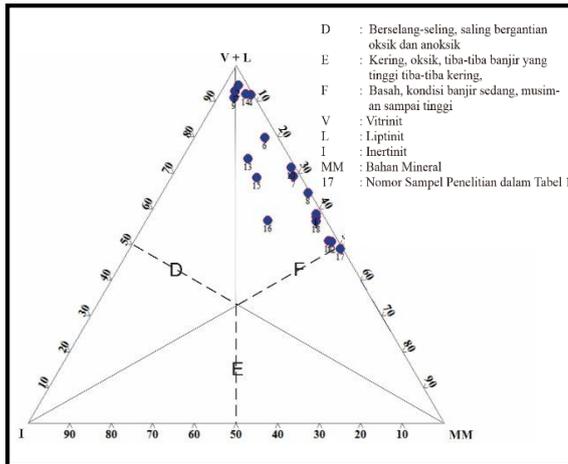
Tabel 2. Data hasil analisis proksimat batubara daerah penelitian (Suwarna dkk., 2002)

No	Kode Sampel	Litotipe	Air Lembab (%) <i>adb</i>	Zat Terbang (%) <i>adb</i>	Nilai Kalori kal/g
1	ES 04A-B	BB – D	5,82	20,71	3412
2	ES 05A-B	B	5,45	37,34	6997
3	ES 08A	B	3,75	34,90	7426
4	ES 10A	BB	6,08	30,49	6340
5	ES 11A-G	D – BB – B	3,12	23,00	4144
6	ES 11C	B	2,66	31,21	6319
7	NS 08A-C	B – BB	2,83	29,58	4989
8	NS 06E-H	B – BB	4,19	23,01	4206
9	NS 09G	BB – B	4,03	6,00	6977
10	NS 07A-F	DB – B	5,60	27,64	4917
11	HR 04A-I	D – BB	4,83	20,32	2884
12	HR 03A	DB	7,16	18,90	2181
13	NS 02D	BD	3,51	29,57	5209
14	NS 02G	B	2,46	41,21	7365
15	NS 03B	BB	2,70	29,52	4909
16	HR 01B	DB	3,28	25,06	4140
17	ES -1A-C	DB – BD	3,05	21,55	2907
18	ES 02A-J	BD – B	3,38	26,23	4028
-	Standar Internasional/ASTM		ISO 331	ISO 562	ASTM D.3286

Analisis Fasies diagram V+L-I-MM

Hasil dari data yang dimasukkan ke dalam diagram segitiga menunjukkan bahwa semua sampel batubara berada di daerah F (Gambar 5). Ini, dapat diinterpretasikan bahwa proses pengendapan batubara berada pada kondisi basah (anoksik) mengalami banjir dengan tingkatannya moderat hingga tinggi (besar) secara periodik, sebentar ataupun non periodik (oksik). Dengan kondisi seperti ini, suplai sedimen yang berupa bahan mineral dapat masuk, karena daerah yang terkena banjir ini bisa mendapatkan material sedimen dari manapun akibat dari proses transportasi selama sedimentasi. Hal itu terbukti pada sampel nomor 17 yang mengandung bahan

mineral lebih daripada 50%. Selain itu, untuk mengetahui tingkat oksidasi batubara dapat ditentukan dari kandungan inertinit (Shabrina, 2018). Apabila sampel berada di bawah atau kurang dari 10% maka berada pada lingkungan sub-oksik, sedangkan jika lebih dari 10% maka lingkungannya mengarah ke oksik. Kondisi tingkat oksidasi pada daerah penelitian, berada pada lingkungan sub-oksik kecuali dua sampel yaitu nomor 13 dan 15 yang kandungan inertinitnya lebih dari 10%, ini dapat diinterpretasikan lingkungannya berupa sub-oksik menuju ke oksik karena nilai inertinitnya pun, tidak menunjukkan nilai yang signifikan tinggi.



Gambar 5. Hasil plotting data daerah penelitian pada diagram segitiga (Smyth, 1984) yang menunjukkan kondisi lingkungan pengendapan batubara daerah penelitian.

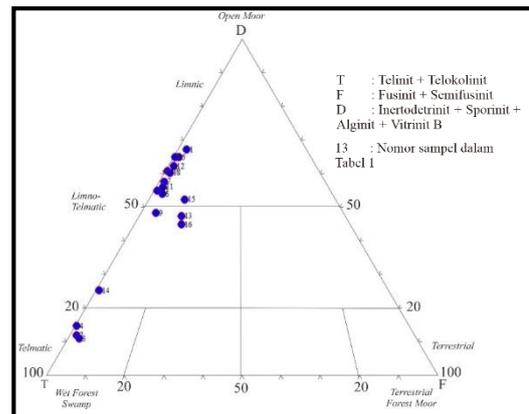
Analisis Diagram TFD

Diagram ini menunjukkan, bahwa sampel batubara secara dominan berada pada lingkungan *limnic* lebih spesifiknya ke arah *limno-telmatic* (Gambar 6). Empat sampel berada pada lingkungan *limno-telmatic* di antaranya sampel nomor 9, 13, 15, dan 16. Sisanya, berada pada lingkungan *limnic* yaitu sampel nomor 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 17, dan 18. Sementara itu, sampel nomor 2, 3, 4, dan 14 terendapkan dalam lingkungan *telmatic*, zona *wet forest swamp*.

Lingkungan *telmatic* merupakan lahan yang terus-menerus digenangi oleh air tawar maupun air garam. Adapun, sifat dari rawa ini yaitu eutrofik-mesotrofik dominannya tumbuhan berkayu, sedangkan variasi vegetasinya berupa rerumputan, daun, dan semak. Sementara itu, lingkungan *limno-telmatic* merupakan rawa yang selalu digenangi air, baik saat musim pasang surut ataupun dalam kondisi biasa. Sifat dari rawa ini berupa mesotrofik mengandung percampuran antara air garam dengan air tawar. Sampel nomor 16 yang berada pada lingkungan ini memperlihatkan pirit

framboidal 9,2 % cukup signifikan dibandingkan dengan sampel lainnya.

Sementara itu, lingkungan *limnic* merupakan lingkungan rawa air tawar tidak terpengaruh sama sekali oleh air laut. Jika terletak di dekat laut, maka biasanya terpisahkan oleh perbedaan ketinggian, atau penghalang (*barrier*) yang bersifat *impermeable*. Vegetasi yang menyusun rawa ini yaitu tumbuhan rerumputan dan semak (Diessel, 1992).



Gambar 6. Hasil plot data pada diagram fasies TFD (Diessel, 1982).

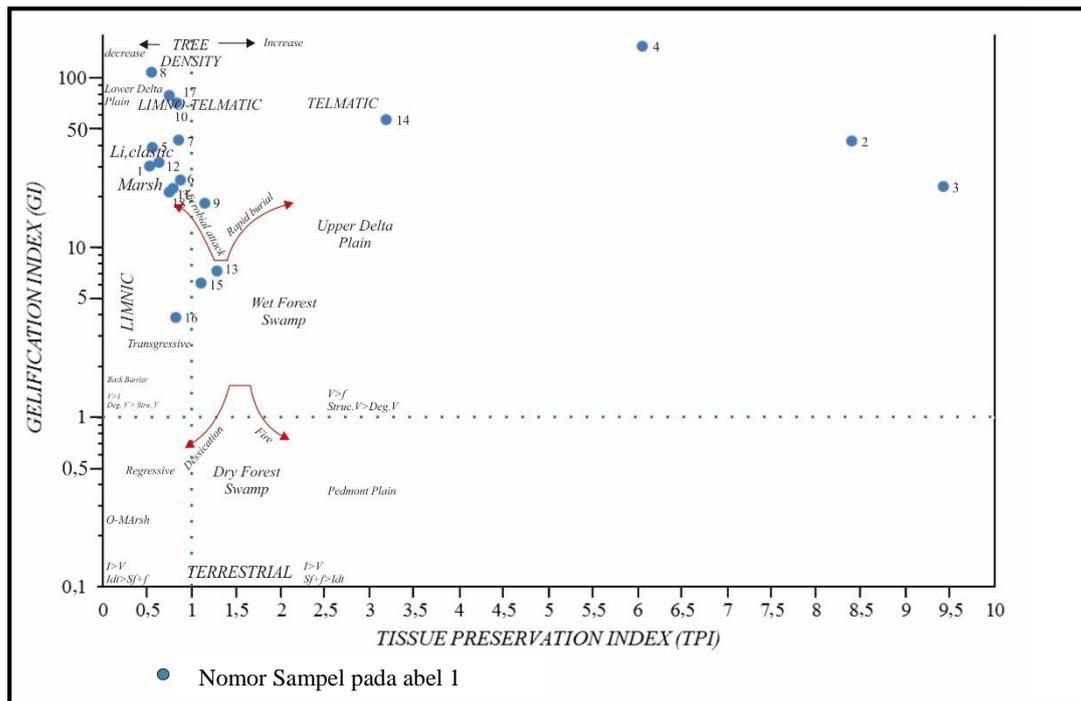
Analisis Diagram TPI (Tissue Preservation Index) versus GI (Gelification Index)

Sampel yang diplot pada diagram TPI-GI, ke arah nomor 2, 3, dan 4 mengalami kenaikan tingkat kerapatan pepohonan karena nilai TPI nya lebih dari tiga (>3). Sampel yang lainnya (nomor 8, 17, 10, 14, dan 4) berada pada zona *limno-telmatic* dan *telmatic* dalam lingkungan *lower delta plain*, yang secara spesifik berada pada rawa *marsh* dan *fen* (nomor 1,5,6,7,9,11,12, dan 18) (Gambar 6). Sisanya yakni sampel nomor 13 dan 15 terendapkan pada lingkungan *upper delta plain* yang secara spesifik berupa *wet forest swamp* dan satu sampel lagi (nomor 16) terletak pada *back barrier* yang mengalami transgresi (Gambar 7). Ketika proses batubara terendapkan di zona *lower delta plain*

terjadi proses biokimia (*microbial attack*) yaitu pengaruh bakteri terhadap pembentukan batubara.

Nilai GI yang tinggi (>5) mengindikasikan hadirnya dominasi maseral yang sangat ter-gelifikasi (vitritin), terhadap maseral yang kurang ter-gelifikasi (Rahim, 2018). Selain itu, nilai GI yang

tinggi akan berpengaruh pada kenampakan fisik batubara seperti litotipe batubara akan terlihat BD (*Banded Dull*) (clarodurain) jaringan kayu telo-inertinit (Diessel, 1986).



Gambar 7. Plot data hasil analisis maseral pada diagram TPI-GI (Diessel, 1986).

Analisis Diagram GWI (*Groundwater Index*) versus VI (*Vegetation Index*)

Data yang diplot pada diagram tersebut, menunjukkan dominasi kondisi atau ekosistem hidrologi *mesotrophic* mengarah ke *rheotrophic* (sampel nomor 1, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 15, dan 17), dalam lingkungan pengendapan *swamp*, yang selalu tergenang oleh air permukaan tanah dan seringkali mengalami banjir. Sementara itu, sampel (nomor 7, 10, 13, 6, dan 9) berada dalam ekosistem hidrologi *mesotrophic* yang mengarah ke *ombrotrophic*, yang berselang-seling antara air hujan dengan air permukaan tanah. Sisanya, yakni sampel

nomer 16 dan 18 yang berada pada lingkungan *limnic* dengan ekosistem hidrologi *ombrotrophic*, sedangkan nomor sampel 4 dan 14 terendapkan di dalam kondisi ekosistem hidrologi *ombrotrophic*, dengan lingkungan pengendapan *bog forest* (Gambar 8). Kedua sampel batubara tersebut terakumulasi pada zona basah yang hanya mengandalkan air hujan, sehingga kandungan bahan mineral kecil sekali (Tabel 1).

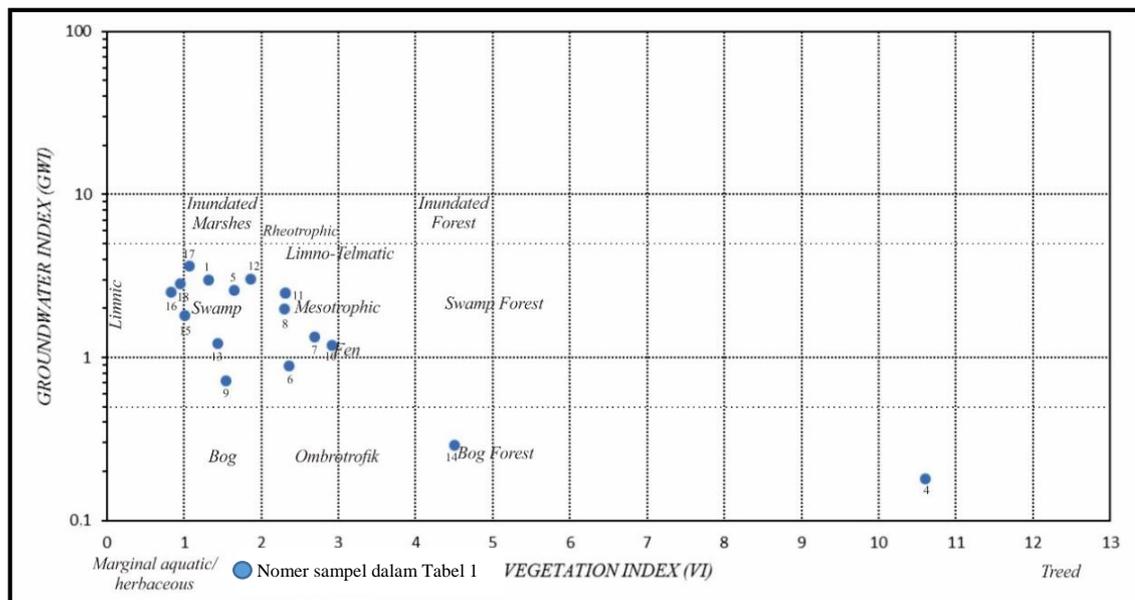
Nilai GWI berkisar dari 0,09 – 3,6 berkaitan dengan maseral yang ter-gelifikasi kuat dan kandungan bahan mineral yang rendah atau kandungan telokolinit menengah, sedangkan nilai GWI yang

tinggi > 5,0 menunjukkan karakteristik bahan mineral yang tinggi, namun kandungan telokolinit rendah. Nilai VI lebih dari 1,0 menunjukkan zona pepohonan tinggi yang mengindikasikan sebagai bahan pembentuk asal batubara, dengan sedikitnya vegetasi *herbaceous*.

Interpretasi secara menyeluruh pada diagram tersebut menunjukkan bahwa batubara daerah penelitian terbentuk pada fasies *limnic* dengan kondisi hidrologi berasal dari muka air tanah. Adapun vegetasi yang terbentuk berupa dominasi tumbuhan non-kayu (*herbaceous*). Kemudian sebagian sampel berada pada ekosistem hidrologi mesotrofik, dan dalam kondisi ini terjadi keseimbangan antara suplai nutrisi baik dari air ataupun dari akar-akar yang masuk ke substrat, dengan

suplai mineral yang berasal dari muka air tanah. Sebaliknya, pada kondisi lingkungan pengendapan *fen* terjadi pemasukan yang berlebih dari bahan-bahan mineral yang masuk selama pembentukan batubara dengan jenis vegetasinya berupa kelompok pepohonan, perdu, alang-alang, rumput, dan semak belukar, setidaknya kurang lebih 25% menutupi total permukaan (Diessel, 1986).

Sementara itu, sampel nomer 14 berada pada lingkungan pengendapan *bog forest* yang kondisi rezim hidrologinya berasal dari air hujan. Disamping itu, sampel nomer 4 yang memiliki nilai VI lebih dari 10 dan GWI kurang dari 1,0 mengindikasikan bahwa vegetasinya berupa pepohonan tinggi yang hanya mendapat suplai air diduga berasal dari air hujan.



Gambar 8. Diagram GWI versus VI untuk mengetahui kondisi rezim hidrologi dan jenis vegetasi yang tumbuh selama proses pembentukan batubara (Calder dkk., 1993).

Analisis Peringkat Batubara

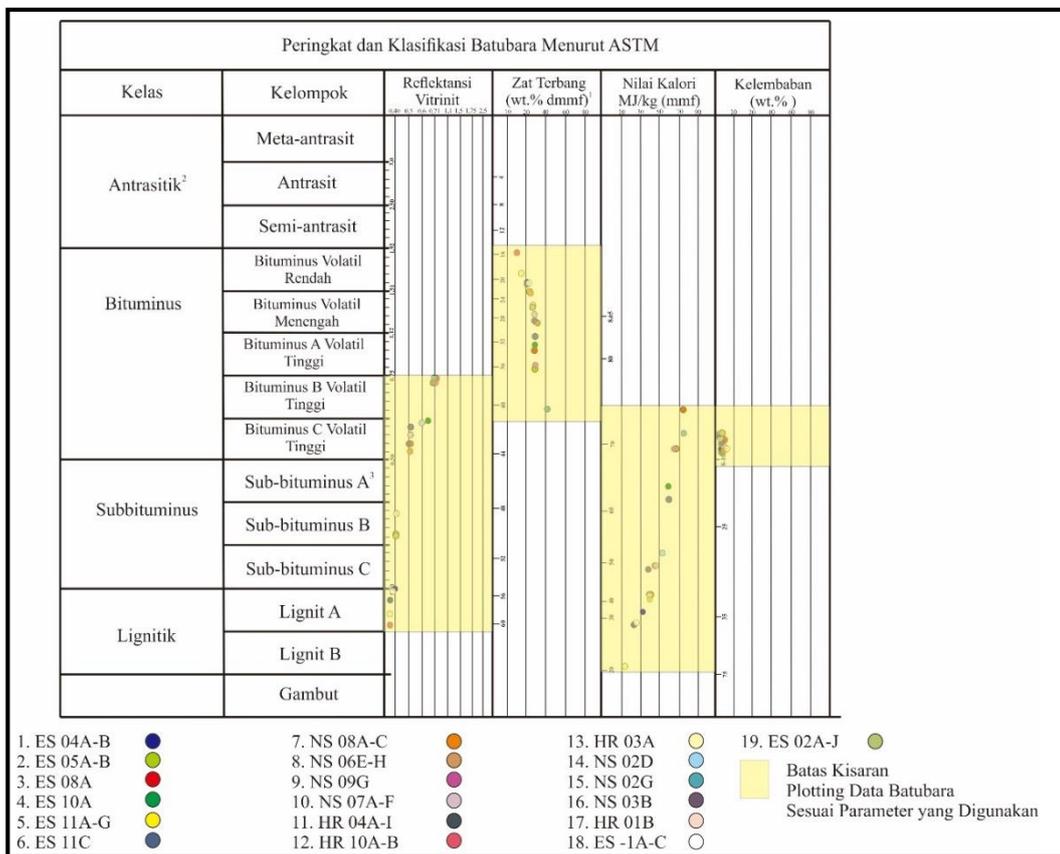
Empat parameter untuk menentukan peringkat batubara (Tabel 1 dan Tabel 2) mengacu kepada ASTM (1981) yaitu; reflektansi vitrinit, zat terbang (*volatile matter*), nilai kalori, dan kelembaban

(Gambar 9). Dari keempat parameter tersebut, secara umum peringkat batubara berkisar dari level lignit B sampai bituminus volatil rendah. Adapun, setiap parameter menghasilkan peringkat yang

berbeda-beda, kecuali parameter kelembaban yang tidak dapat digunakan untuk menentukan peringkat dikarenakan nilai kelembabannya $< 0 < 10$ (%) untuk semua peringkat termasuk lignit. Ini dapat terjadi kemungkinan selama di lapangan pada saat pengambilan sampel hingga proses pengemasan dan pengujian di laboratorium kurang teliti. Berdasarkan parameter reflektansi vitrinit terdapat tiga sampel batubara berperingkat lignit, tiga sampel berperingkat sub-bituminus B, satu sampel sub-bituminus C, tujuh sampel bituminus C volatil tinggi, dan empat sampel peringkat bituminus B volatil tinggi, sehingga secara keseluruhan didominasi

oleh batubara bituminus C volatil tinggi. Lalu, berdasarkan zat terbang (*volatile matter*) peringkat batubara berkisar dari bituminus B volatil tinggi sampai bituminus B volatil rendah dan didominasi oleh bituminus volatil menengah. Dari parameter nilai kalori peringkatnya berkisar dari lignit B sampai bituminus B volatil tinggi dengan dominan sub-bituminus C.

Kematangan batubara dapat meningkat seiring dengan kenaikan peringkat. Hal itu terbukti dari data reflektansi vitrinit (R_v) yang menunjukkan semakin naik nilai R_v maka peringkatnya semakin naik pula.



Gambar 9. Data kuantitatif yang ditempatkan pada kolom parameter klasifikasi menurut ASTM (1981).

5. KESIMPULAN

Litotipe daerah penelitian didominasi oleh batubara berupa *Bright* (B) dan *Bright-Banded* (BB). Litotipe yang didominasi

oleh *Bright* sampai *Bright-Banded* tersebut menunjukkan bahwa banyak mengandung vitrinit. Untuk menentukan jenis tumbuhan asal batubara di daerah tersebut berasal dari jenis perdu, herba, ataupun jaringan kayu,

dapat diketahui dari persentase jumlah vitrinit A dan vitrinit B. Namun, untuk litotipe dengan jenis *Dull* (D) sampai *Dull-Banded* (DB) mengindikasikan adanya peristiwa oksidasi, dengan kandungan maseralnya berupa inertinit.

Analisis lingkungan pengendapan daerah penelitian secara umum berkisar dari *limnic*, *limno-telmatic* sampai *telmatic*, dengan dominasi *limno-telmatic*. Hal ini, pertama berdasarkan diagram V+L-I-MM kondisi lingkungan pengendapan batubara berada pada kondisi basah yang mengalami banjir dengan tingkatan moderat hingga tinggi (besar) secara periodik, sebentar ataupun non-periodik. Selanjutnya, dari diagram T-F-D lingkungan pengendapan berada di lingkungan *limnic* hingga *telmatic*. Lebih lanjut, diagram TPI versus GI menunjukkan lingkungan pengendapan batubara pada zona *limnic* sampai *telmatic*. Terakhir, diagram GWI versus VI

Kematangan batubara dapat meningkat seiring dengan kenaikan peringkat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pimpinan Pusat Survei Geologi cq tim eksplorasi batubara di Rokan Hulu yang telah bersedia memberikan data lapangan

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials (ASTM)., 1981. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pennsylvania.

American Society for Testing and Material (ASTM D3176)., 1989. *Standard Practice for Ultimate*

memperlihatkan lingkungan dari *limnic* sampai *limno-telmatic*, yang secara dominan kondisi hidrologinya *rheotrophic* ke *mesotrophic*, dengan sedikit *bog forest* dalam kondisi ekosistem hidrologi *ombrotrophic*.

Berdasarkan reflektansi vitrinit peringkat batubara berkisar dari lignit B sampai bituminus B volatil tinggi, yang secara keseluruhan didominasi oleh peringkat bituminus C volatil tinggi. Lalu, berdasarkan zat terbang (*volatil matter*) peringkat batubara berkisar dari bituminus B volatil tinggi sampai bituminus volatil rendah dan didominasi oleh bituminus volatil menengah. Dari parameter nilai kalori peringkatnya berkisar dari lignit B sampai bituminus B volatil tinggi dengan dominan sub-bituminus C.

dan hasil uji geokimia batubara, dan sekaligus membimbing penulis utama dalam penyusunan penelitian ini.

Analysis of Coal and Coke. Annual Book of ASTM Standards. v 05 (05).

Bustin, R.M., Cameron, A.R., Grieve, D.A., dan Kalkreuth, W.D., 1983. *Coal petrology, Its Principles, Methods and Applications*. Short Course Notes (3), Geological Association of Canada, 273 h.

Calder, J.H., 1993. *The Evolution of Groundwater-Influenced Peat-*

- Forming Ecosystem In Piedmont setting: The No. 3 Seam, Springhill Coalfield, Cumberland Basin, Nova Scotia.* Dalam: Cobb, J.C dan Cecil, C.B (eds.), *Modern and Ancient Coal Forming Environment*, Geological Society of America Bulletin, 83, h.129-142.
- Diessel, C.F.K., 1965. *Correlation of macro-and micropetrography of some New South Wales Coal.* Dalam: Woodcock, J.T., Madigan, R.T., dan Thomas, R.G. (eds.), *Proceedings-General, 8th Commonwealth Mineral and Metallurgy Congress*, 6, h.669-667.
- Diessel, C.F.K., 1982. *An Appraisal of coal facies based on maceral characteristics.* *Australian Coal Geology*, 4(2), h.474-484.
- Diessel, C.F.K., 1986. *On the correlation between coal facies and depositional environments.* *Proceeding of 20th Symposium of Department of Geology, University Newcastle, NSW*, h.19-22.
- Diessel, C. F. K., 1992. *Coal Bearing Depositional Systems.* Springer-Verlag, Berlin, 721 h.
- Grady, W. C., Eble, C. F., dan Neuzil, S. G., 1993. *Brown coal maceral distributions in a modern domed tropical Indonesia peat, and a comparison with maceral distributions in Middle Pennsylvanian-age Appalachian bituminous coal beds, in Modern and Ancient Coal-forming Environments.* (eds.), Cobb, C. J., dan Cecil, C. B. *Geological Society of America Special Paper*, 286, h.63 – 82.
- ICCP (*International Committee for Coal Petrology*), 1971. *International and book of Coal Petrology*, 1st supplement to 2nd edition; Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.
- Rahim, A.F., Sjafri, I., Gani, G.M.R., dan Suwarna, N., 2018. *Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Purukcahu Berdasarkan Analisis Petrografi, Di Daerah Murung Raya, Kalimantan Tengah.* *Padjadjaran Geoscience Jurnal*, 2 (4).
- Rock, N.M.S., Aldis, D. T., Aspden, J. A., Clarke, M. C. G., Djunuddin, A., Kartawa, W., Miswar, Thompson, S. J., dan Whandoyo, R., 1983. *Peta Geologi Lembar Lubuksikaping, Sumatra, Skala 1:250000.* Pusat Survey Geologi, Bandung.
- Schopf, J. M., 1960. *Field description and sampling of coal beds.* *US Geological Survey Bulletin*, 1111-B, 70 h (Plates 6–27).
- Shabrina, H.N., Sjafri, I., Gani, G.M.R., Suwarna, N., 2018. *Komposisi Maseral dan Mineral Matter*

- Untuk Interpretasi Fasies dan Lingkungan Pengendapan Batubara Di Daerah Muaraenim, Sumatra Selatan. Padjadjaran Geoscience Jurnal, 2 (4).*
- Smyth, M., 1984. *Coal Microlithotypes related to sedimentary environment in the Cooper Basin, Australia.* Dalam: Rahmani, R. A. dan Flores, R. M. (eds.), 'Sedimentology of Coal and Coal Bearing Sequences'. Soc. Min. EnggAMIE, Illinois, h.11-39.
- Suwarna, N., Susanto, E., dan Hermanto, B., 2002. *Penelitian batubara di daerah Rokan Hulu, Riau.* Laporan internal, PSG, tidak dipublikasikan.
- Thomas, L., 2013. *Coal Geology*, Second Edition. Wiley-Blackwell A John Wiley & Sons, Ltd, Publication : UK. 431 h.
- Wisesa, K. D., 2018. *Analisis Lingkungan Pengendapan Dan Distribusi Secara Stratigrafi Batubara Formasi Sihapas, Cekungan Sumatra Tengah.* Skripsi S1 Fakultas Teknik Geologi, Unpad : Jatinangor. Tidak dipublikasikan.