

LINGKUNGAN PURBA BATUBARA SORONG (PROVINSI PAPUA BARAT) BERDASARKAN ANALISIS PETROGRAFI

PALEOENVIROMENTAL OF SORONG COAL (WEST PAPUA PROVINCE) BASED ON PETROGRAPHY ANALYSIS

Aang Panji Permana*¹, A. M. Imran², Sri Widodo²

*Email: aang@ung.ac.id

¹Prodi Teknik Geologi Fakultas Matematika dan IPA Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo

²Prodi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar

Abstrak— Batubara Sorong yang berada pada Cekungan Salawati memiliki potensi untuk dikembangkan. Penelitian detail mengenai batubara Sorong sangat dibutuhkan terutama penelitian mengenai lingkungan purba pada saat batubara diendapkan. Penelitian ini menjadi menarik karena posisi batubara Sorong yang secara stratigrafi regional masuk pada endapan aluvial dan litoral yang berumur kuartar. Untuk itu tujuan utama penelitian ini adalah mengetahui jenis maseral penyusun batubara dan menentukan lingkungan purba pengendapan batubara. Upaya dalam mencapai kedua tujuan tersebut maka digunakan dua metode penelitian yakni survei lapangan (pemboran *cutting*) dan analisis petrografi. Hasil analisis petrografi didominasi jenis grup maseral *vitrinite* (*huminite*) berkisar antara 76,5-87,8%. Lingkungan pengendapan batubara berdasarkan dua klasifikasi diinterpretasikan lingkungan *limnic* (terendapkan di rawa danau). Sedangkan untuk interpretasi lingkungan persediaan bahan makanan berdasarkan analisis menunjukkan rawa *rheotrophic*.

Kata kunci — Batubara, Sorong, Lingkungan Purba, Petrografi

Abstract— Sorong coal in the Salawati Basin has the potential to be developed. Detailed research on Sorong coal is very much needed, especially research on paleoenvironmental when coal is deposited. This research is interesting because of the position of the Sorong coal which is regionally stratigraphic in alluvial and litoral deposits that are quarterly. For this reason, the main objective of this research is to determine the type of maceral compiler of coal and determine the paleoenvironmental of coal deposition. Efforts to achieve these two objectives used two research methods namely field survey (*cutting drilling*) and petrography analysis. The results of the petrography analysis were dominated by the types of *vitrinite* (*huminite*) maceral groups ranging from 76.5 to 87.8%. The coal paleoenvironmental based on two classifications are interpreted as *limnic* environment (deposited in lake swamps). As for the environmental interpretation of food supplies based on the analysis shows *rheotrophic* swamps.

Keywords — Coal, Sorong, Paleoenvironmental, Petrography

I. PENDAHULUAN

Petrografi batubara adalah metode standar untuk karakterisasi konstituen organik (maseral) dan anorganik (mineral) batubara. Dua jenis data berasal dari metode ini: peringkat (didefinisikan oleh reflektansi vitrinite) dan komposisi (proporsi maseral). Analisis petrografi digunakan oleh ahli geologi untuk mendapatkan pemahaman tentang pengendapan batubara, oleh teknologi batubara untuk mengevaluasi batubara untuk potensi kokas, dan oleh personel kualitas batubara untuk memantau

kualitas tambang produk atau batubara pengiriman [1].

Beberapa model analisis petrografi batubara dapat merekonstruksi lingkungan purba (*paleoenvironmental*) pembentukan batubara. Sistematis interpretasi *paleoenvironmental* diusulkan dengan menggunakan metode analisis fasies berdasarkan kuantitatif indeks petrografi. Model yang digunakan berdasarkan lingkungan pengendapan batubara Permian Australia dari analisis maseral [2,3]. Identifikasi maseral untuk mengetahui bahan tanaman asli atau dalam kondisi

biokimia yang terawetkan. Klasifikasi indeks kandungan maseral untuk interpretasi *paleoenvironmental* batubara terdiri dari dua klasifikasi. Pertama, klasifikasi indeks petrografi maseral batubara yang paling banyak digunakan yakni memplot hasil dari perhitungan *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI) [2,3]. Kedua, klasifikasi indeks petrografi diusulkan [4,5] yakni dengan memplot hasil dari perhitungan *Groundwater Index* (GWI) dan *Vegetation Index* (VI).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diangkat dua tujuan utama dari penelitian ini yaitu mengetahui jenis maseral penyusun batubara dan menentukan lingkungan purba pengendapan batubara.

II. GEOLOGI REGIONAL

Fisiografis regional penelitian terdapat empat jenis satuan bentang alam yakni daerah perbukitan rendah, lembah antar gunung, daerah litotal dan aluvial atau rata-rata serta undak dan terumbu koral terangkat [6,7].

Stratigrafi regional penelitian terdiri dari tiga formasi. Formasi Klasaman paling bawah berumur Miosen Akhir-Pliosen tersusun setempat batubara, batulempung, serpih, konglomerat dan batupasir serta sedikit batugamping koral. Formasi Konglomerat Sele berumur Pleistosen tersusun dominan konglomerat dan sedikit batupasir. Endapan aluvial dan litoral berumur Kuartar tersusun gambut, kerikil, lumpur dan pasir [6,7].

Struktur geologi regional penelitian yang utama mempengaruhi Cekungan Salawati adalah sistem sesar Sorong. Selain itu ada *Ayamuru platform* dan *Kemun block* di bagian timur cekungan serta sesar turun berarah selatan-barat daya [8].

III. METODE

Material penelitian adalah batubara yang ada di Kabupaten Sorong Provinsi Papua Barat. Lokasi penelitian merupakan dataran rendah dengan morfologi rawa-rawa. Koordinat geografis penelitian ($00^{\circ} 55' 55,6''$ LU dan $131^{\circ} 17' 32,6''$ BT) (Gambar 1)[9].

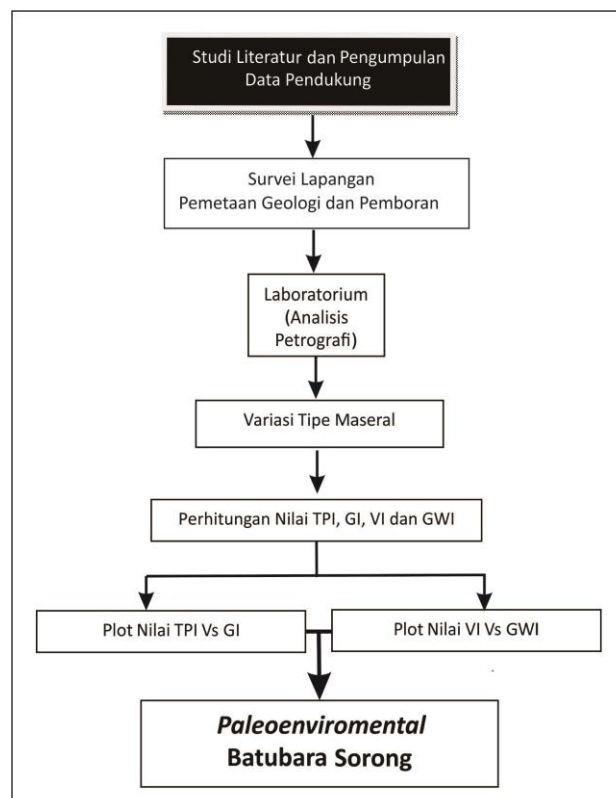
Metode penelitian yang dilakukan ada dua metode yaitu metode survei lapangan dan metode analisis laboratorium. Untuk survei lapangan fokus deskripsi dan interpretasi jenis batubara serta sampling yang layak dianalisis laboratorium [10]. Pengambilan sampel batubara pada saat survei

lapangan dilakukan melalui pemboran sehingga didapat sampel *cutting*.



Gambar-1. Lokasi penelitian Kabupaten Sorong Provinsi Papua Barat [9].

Analisis laboratorium berupa analisis petrografi di laboratorium Tekmira (Teknologi Mineral dan Batubara) Bandung. Tahapan analisis petrografi diawali pembuatan sayatan poles. Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui tipe maseral [11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26, 27,28,29].

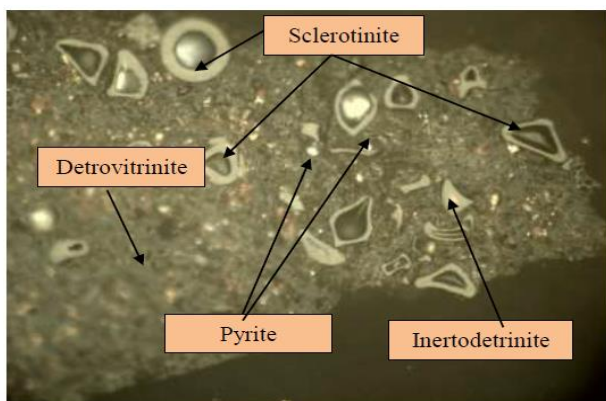


Gambar-2. Diagram alur penelitian *paleoenvironmental* batubara Sorong.

Tipe maseral akan membantu dalam mengetahui nilai TPI, GI, GWI dan VI untuk kemudian diplot dalam grafik sehingga diketahui *paleoenvironmental*. Rumus TPI = $\frac{\text{textinite} + \text{exto} + \text{ulminite} + \text{corpohuminite} + \text{fusinite}}{\text{atrinite} + \text{densinite} + \text{macrinite}}$ [2,3]. Rumus GI = $\frac{\text{exto-ulminite} + \text{corpohuminite} + \text{densinite} + \text{macrinite}}{\text{Textinite} + \text{atrinite} + \text{fusinite} + \text{inertodetrinite}}$ [2,3]. Rumus GWI = $\frac{\text{gelinite} + \text{corpohuminite} + \text{mineral matter}}{\text{exto-ulminite} + \text{ulminite} + \text{atrinite} + \text{densinite}}$ [4,5]. Rumus VI = $\frac{\text{exto-ulminite} + \text{ulminite} + \text{fusinite} + \text{semifusinite} + \text{suberinite} + \text{resinite}}{\text{atrinite} + \text{densinite} + \text{inertodetrinite} + \text{alginite} + \text{sporinite} + \text{cutinite}}$ [4,5]. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis petrografi dilakukan pada empat sampel batubara. Pengamatan petrografi dilakukan dengan penghitungan poin interval 500x dengan perbesaran interval 500x. Sampel disiapkan dan diukur sesuai dengan *Australian Standard 2856 - 1986: Coal - Maceral Analysis* [30] dan *Standard Test Method for Microscopical Determination* [31]. Hasil analisis petrografi yang didapat pada setiap sampel 1, 2, 3 dan 4 dapat dilihat pada Tabel 1, 2, 3 dan 4. Komposisi jenis maseral setiap sampel dapat dilihat pada Gambar 3, 4, 5, dan 6.



Gambar-3. Asosiasi inertodetrinite, sclerotinite dan pyrite dengan detrovitrinite pada batubara sampel 1 (reflected white light, 500x).

Tabel-1. Analisis Komposisi Maseral Sampel 1

Grup Maseral	% Vol.	Maseral	% Vol.
Vitrinite (Huminite)	76,8	Densinite	1,0
		Desmocollinite	74,8
		Corpogelinite	1,0
Liptinite (Exinite)	2,8	Resinite	0,4
		Suberinite	2,4

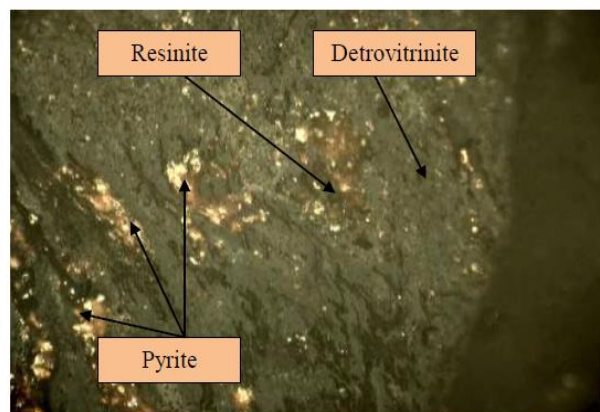
Inertinite	17	Semifusinite	1,0
		Sclerotinite	13,0
		Inertodetrinite	3,0
Mineral Matter	3,4	Pyrite	1,4
		Clay	2,0

Analisis pada Tabel 1 menunjukkan komposisi grup maseral pada sampel 1 tersusun dominan vitrinite (huminite) 76,8%. Komposisi grup maseral berikutnya adalah inertinite 17%, mineral matter 3,4% dan liptinite (exinite) 2,8%. Analisis petrografi pada sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 3 yang terdiri dari asosiasi inertodetrinite, sclerotinite dan pyrite dengan detrovitrinite.

Tabel-2. Analisis Komposisi Maseral Sampel 2

Grup Maseral	% Vol.	Maseral	% Vol.
Vitrinite (Huminite)	77,0	Desmocollinite	75,6
		Corpogelinite	1,4
Liptinite (Exinite)	1,8	Cutinite	0,6
		Resinite	0,6
		Suberinite	0,6
Inertinite	16,6	Semifusinite	0,4
		Sclerotinite	14,2
		Inertodetrinite	2,0
Mineral Matter	4,6	Pyrite	0,6
		Clay	4,0

Analisis pada Tabel 2 menunjukkan komposisi grup maseral pada sampel 2 tersusun vitrinite (huminite) 77,0%. Komposisi grup maseral berikutnya adalah inertinite 16,6%, mineral matter 4,6% dan liptinite (exinite) 1,8%. Analisis petrografi pada sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 4 yang terdiri dari asosiasi resinite dan pyrite dengan detrovitrinite.

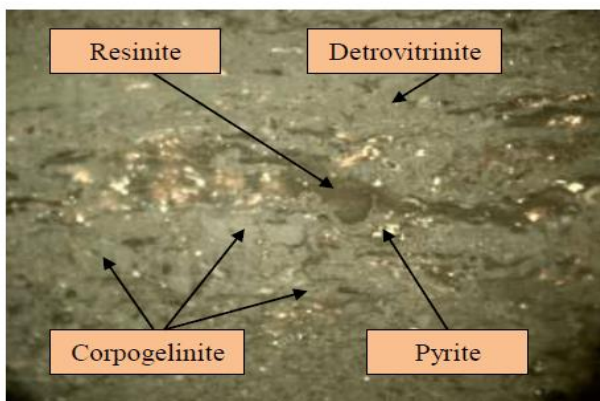


Gambar-4. Asosiasi resinite dan pyrite dengan detrovitrinite pada batubara sampel 2 (reflected white light, 500x).

Tabel-3. Analisis Komposisi Maseral Sampel 3

Grup Maseral	% Vol.	Maseral	% Vol.
<i>Vitrinite</i> (<i>Huminite</i>)	87,8	<i>Telocollinite</i>	1,0
		<i>Densinite</i>	2,0
		<i>Desmocollinite</i>	80,2
		<i>Corpogelinite</i>	4,6
<i>Liptinite</i> (<i>Exinite</i>)	1,0	<i>Cutinite</i>	0,4
		<i>Resinite</i>	0,6
<i>Inertinite</i>	7,4	<i>Semifusinite</i>	5,0
		<i>Sclerotinite</i>	2,4
<i>Mineral Matter</i>	3,8	<i>Pyrite</i>	2,4
		<i>Clay</i>	1,4

Analisis pada Tabel 3 menunjukkan komposisi grup maseral pada sampel 3 tersusun *vitritine* (*huminite*) 87,8%. Komposisi grup maseral berikutnya adalah *inertinite* 7,4%, *mineral matter* 3,8% dan *liptinite* (*exinite*) 1%. Analisis petrografi pada sampel 3 dapat dilihat pada Gambar 5 yang terdiri dari asosiasi *resinite*, *corpogelinite* dan *pyrite* dengan *detrovitrinite*.

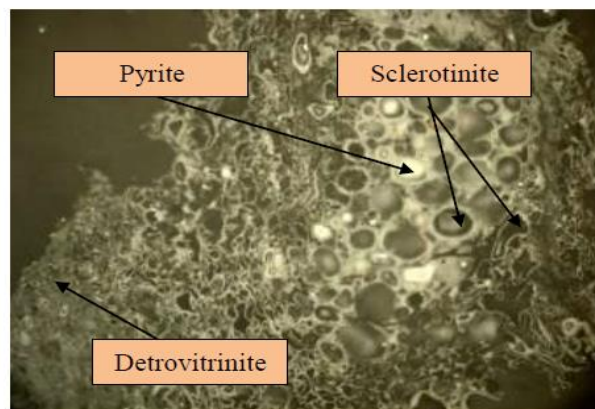


Gambar-5. Asosiasi *resinite*, *corpogelinite* dan *pyrite* dengan *detrovitrinite* pada batubara sampel 3 (*reflected white light*, 500x).

Tabel-4. Analisis Komposisi Maseral Sampel 4

Grup Maseral	% Vol.	Maseral	% Vol.
<i>Vitrinite</i> (<i>Huminite</i>)	78,6	<i>Densinite</i>	2,0
		<i>Desmocollinite</i>	73,0
		<i>Corpogelinite</i>	3,6
<i>Liptinite</i> (<i>Exinite</i>)	1,2	<i>Sporinite</i>	0,2
		<i>Cutinite</i>	0,2
		<i>Resinite</i>	0,2
		<i>Suberinite</i>	0,6
<i>Inertinite</i>	14,4	<i>Semifusinite</i>	1,0
		<i>Sclerotinite</i>	11,4
		<i>Inertodetrinite</i>	2,0
<i>Mineral Matter</i>	5,8	<i>Pyrite</i>	2,4
		<i>Clay</i>	3,4

Analisis pada Tabel 4 menunjukkan komposisi grup maseral pada sampel 4 tersusun *vitritine* (*huminite*) 78,6%. Komposisi grup maseral berikutnya adalah *inertinite* 14,4%, *mineral matter* 5,8% dan *liptinite* (*exinite*) 1,2%. Analisis petrografi pada sampel 4 dapat dilihat pada Gambar 6 yang terdiri dari asosiasi *sclerotinite* dan *pyrite* dengan *detrovitrinite*.



Gambar-6. Asosiasi *sclerotinite* dan *pyrite* dengan *detrovitrinite* pada batubara sampel 4 (*reflected white light*, 500x).

Berdasarkan Tabel 1, 2, 3 dan 4 dapat diinterpretasikan empat sampel batubara yang diamati didominasi jenis grup maseral *vitritine* (*huminite*) berkisar antara 76,5-87,8%. Berturut-turut komposisi maseral diikuti grup maseral *inertinite* berkisar 7,4-17%, *mineral matter* 2,8-5,8% dan terakhir grup maseral *liptinite* (*exinite*) 1,0-2,8%.

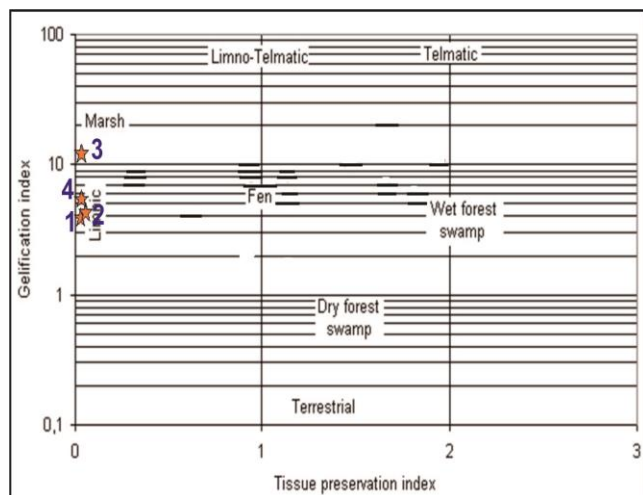
Hasil perhitungan TPI, GI, VI dan GWI dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 5. Perhitungan nilai TPI dan GI berdasarkan rumus perbandingan pada klasifikasi [2,3]. Sedangkan untuk perhitungan nilai VI dan GWI berdasarkan rumus perbandingan klasifikasi [4,5].

Tabel-5. Hasil perhitungan TPI, GI, VI dan GWI pada empat sampel batubara Sorong

Sampel	TPI	GI	VI	GWI
1	0,01	4,517	0,95	79,2
2	0,004	4,638	0,615	81,6
3	0,06	11,86	2,333	44,3
4	0,01	5,458	0,409	41,2

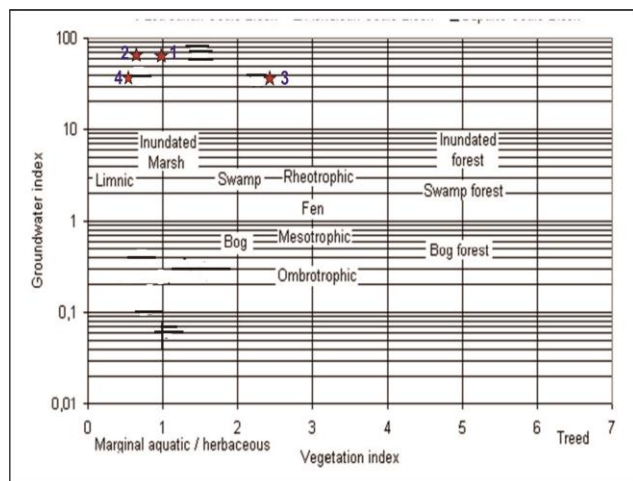
Untuk penentuan lingkungan pengendapan yang mengacu pada klasifikasi [2,3] melalui *plotting* dua variabel TPI vs GI dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7 maka dapat diinterpretasikan bahwa *paleoenvironmental*

batubara Sorong adalah lingkungan *limnic* (terendapkan di rawa danau).



Gambar-7. Plot nilai TPI dan GI sampel batubara Sorong [2,3].

Sementara itu penentuan *paleoenvironmental* mengacu pada klasifikasi [4,5] melalui *plotting* VI vs GWI dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa *paleoenvironmental* batubara Sorong yakni lingkungan *limnic* (*inundated marsh*). Selain itu, hasil *plotting* GWI vs VI dapat mengetahui persediaan bahan makanan yang menunjukkan bentuk rawa *rheotrophic*. Rawa *rheotrophic* merupakan rawa yang kaya akan bahan makanan (menerima air dari air tanah yang banyak mengandung bahan makanan terlarut).



Gambar 8. Plot nilai VI dan GWI sampel batubara Sorong [4,5]

Perbandingan hasil analisis *paleoenvironmental* antara penggunaan klasifikasi [2,3] dengan klasifikasi [4,5] menunjukkan hasil yang sama bahwa lingkungannya *limnic*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian lingkungan purba batubara Sorong (Provinsi Papua Barat) berdasarkan analisis petrografi maka dapat ditarik beberapa poin penting, antara lain:

1. Hasil analisis petrografi empat sampel batubara Sorong didominasi jenis grup maseral *vitrinite* (*huminite*) berkisar antara 76,5-87,8%. Berturut-turut komposisi maseral diikuti grup maseral *inertinite* berkisar 7,4-17%, *mineral matter* 2,8-4,6% dan terakhir grup maseral *liptinite* (*exinite*) 1,0-2,8%.
2. Lingkungan pengendapan mengacu *plotting* dua variabel TPI vs GI diinterpretasikan lingkungan *limnic* (terendapkan di rawa danau).
3. *Paleoenvironmental* mengacu *plotting* VI vs GWI hasilnya yakni lingkungan *limnic* (*inundated marsh*). Selain itu, hasil *plotting* GWI vs VI dapat mengetahui persediaan bahan makanan menunjukkan rawa *rheotrophic*.
4. Perbandingan hasil analisis *paleoenvironmental* antara penggunaan *plotting* variabel TPI vs GI dengan *plotting* VI vs GWI menunjukkan hasil yang sama bahwa lingkungannya *limnic*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ammosov I.I, Eremin I.V, Sukhenko F.S, Oshurkova L.S. Calculation of Coking Charges on the Basis of Petrographic Characteristics of Coals. *Koks I Khim.* 1957; 12: 9–12.
- [2] Diessel C.F.K. *On the Correlation Between Coal Facies and Depositional Environments.* Proceeding of the 20th Symposium on Advances in the study of the Sydney Basin, Newcastle, 1986; 19–22.
- [3] Diessel C.F.K. *Coal-Bearing Depositional Systems.* Springer-Verlag, Berlin. 1992: 721 p.
- [4] Calder J.H. *The Evolution of A Ground-Water-Influenced (Westohalian B) Peat-Forming Ecosystem in A Piedmont Setting: The No. 3 seam, Springhill coalfield, Cumberland Basin, Nova Scotia.* In: Cobb, J.C. and Cecil, C.B. (eds.), Modern and ancient coal-forming environments. Geological Society of America, Special Paper. 1993; 286: 153–180.
- [5] Calder J.H., Gibling, M.R., Mukhopadhyay, P.K. Peat Formation in A Westphalian B Piedmont Setting, Cumberland Basin, Nova Scotia: Implication for the maceral-based, interpretation of rheotrophic and raised paleomires. *Bulletin of Society of Geology.* 1991; 162: 83–298.

- [6] Visher W.A., Hermes J.J. *Geological Result of The Exploration for Oil in Netherlands New Guinea*. Koninklijk Netherlands Geologisch Mjinbouwkundig Genootschap Verhandelingen. Geologische Serie, 1962: 20 p.
- [7] Sanyoto C.H. Amri P., Hamonangan B., Supriatna S., Simanjuntak W., Pieters. *Geologi Lembar Sorong, Irian Jaya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung. 1990.
- [8] Hamilton W. *Tectonics of the Indonesian region*. United States Geological Survey Professional Paper No. 1078, United States Geological Survey, Denver. 1979.
- [9] Anonim. *Ikhtisar aplikasi Google Earth*. 2019. Diakses tanggal 8 April 2019.
- [10] Fadlin,., Idrus A., Warmada I.W. Studi Kimia Fisika Fluida Hidrotermal Endapan Emas Organik Daerah Wumbubangka, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. *Dinamika Rekayasa*. 2016; 12 (1): 31–38.
- [11] England B.M., Mikka A., Bagnal E.J. Petrographic Characterization of Coal Using Automatic Image Analysis. *Journal of Microscopy*. 1979; 116(3) : 329-336.
- [12] Petrakis L., Grandy D.W. Coal analysis, characterization and petrography. *J. Chem. Educ.* 1980; 57(10) : 689.
- [13] Snyman C.P. The role of coal petrography in understanding the properties of South African coal. *International Journal of Coal Geology*. 1989; 14(1-2) : 83–101.
- [14] Weeber S.L., Cairncross B., Falcon R.M.S. Mineralogical, Petrographic and Geological Controls on Coal Ash Fusion Temperature from New Clydesdale Colliery, Witbank Coalfield, South Africa. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*. 2000: 181-190.
- [15] Brien G.O., Jenkins B., Esterlea J., Beathaet H. Coal Characterisation by Automated Coal Petrography. *Fuel*. 2003; 82 : 1067–1073.
- [16] Ogala Jude., Siavalas G., Christanis K. Coal Petrography, Mineralogy and Geochemistry of Lignite Samples from the Ogwashi–Asaba Formation, Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*. 2012; 66-67 : 34-45.
- [17] Santoso B., Utoyo H. Karakteristik Petrografis Batubara Sebatik-Kalimantan Timur Berdasarkan Aspek Geologisnya. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 2012; 8(2) : 69-77.
- [18] Pratama D.A.P., Amijaya H. *Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Warukin Berdasarkan Analisis Petrografi Organik di Daerah Paringin, Cekungan Barito, Kalimantan Selatan*. Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 Academia-Industry Linkage. 2015; 582-593.
- [19] Permana A.P., Imran A.M., Widodo S. Provenance Quaternary Coal In Inamo Region, Sorong Regency West Papua Province. *E-Journal Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin*. 2013; 1(579) : 1-13.
- [20] Win C.T., Amijaya D.H., Surjono S.S., Husein S., Watanabe K. A Comparison of Maceral and Microlithotype Indices for Interpretation of Coals in the Samarinda Area, Lower Kutai Basin, Indonesia. *Advances in Geology*. 2014; 1-17.
- [21] Novita D., Kusumah K.D. Karakteristik dan Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Warukin di Desa Kalumpang, Binuang, Kalimantan Selatan. *J.G.S.M.* 2016; 17(3) : 139–152.
- [22] Sen S. Review on Coal Petrographic Indices and Models and Their Applicability in Paleoenvironmental Interpretation. *Geosciences Journal*, The Association of Korean Geoscience Societies and Springer. 2016.
- [23] Sufriadin., Widodo S., Mendaun Y. Analisis Petrografi dan Kualitas Batubara Sinjai, Sulawesi Selatan. *Jurnal JPE*. 2016; 20(2) : 21-25.
- [24] Djohor D.S., Pramudito H. Karakteristik Batubara Formasi Warukin Dalam Pembentukan CBM di Wilayah Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lemlit*. 2017; 2(1) : 14-26.
- [25] Fabianska M.J., Misz-Kennan M., Ciesielczuk J., Pierwoła J., Nitecka N., Brzoznowski J. Thermal History of Coal Wastes Reflected in Their Organic Geochemistry and Petrography; the case study: The Katowice-Welnowiec Dump, Poland. *International Journal of Coal Geology*. 2017; 184 : 11-26.
- [26] Rahmat B., Anggayana K., Widayat A.H. *Studi Komposisi Mikroskopis Dan Peringkat Batubara Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur*. Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi” Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. 2017; 288-292.
- [27] Anggara F., Pamungkas D., Prakoso W.G., Dwiantoro., Sendoyo. Can We Identify Macroscopic Texture of Coal under Microscopic Analysis Using Standard Petrographic Method ? *Journal of Applied Geology*. 2018; 3(1) : 32–40.
- [28] Dwiantoro M., Sundoyo. Litotipe, Petrografi, dan Komposisi Kimia Batubara Formasi Pulubalang dan Balikpapan Sebagai Data Pendukung Potensi Hidrokarbon, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT Unmul*. 2018; 6(1) : 1-10.
- [29] Singh A.K., Jha M.K. Interrelation Between Mechanical and Petrographic Characteristics of Coals of Argada ‘B’ Seam: Implication To Comminution and Utilization. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. 2018; 1-19.
- [30] Australian Standard 2856. *Coal-Maceral Analysis*. Standards Australia Publisher, Sydney. 1986; 20 p.
- [31] ASTM D2794. *Standard Test Method for Microscopical Determination of the Vitrinite Reflectance of Coal*. ASTM International. 2009.