

HUBUNGAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN DENGAN KANDUNGAN BAHAN MINERAL DAN SULFUR PADA BATUBARA

The Relationships Between Deposition Environment with Mineral Matter and Sulfur Content In Coal

Harli Talla

Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sains dan Teknologi Jayapura Papua
Jalan Raya Sentani, Padang Bulan, Abepura, Jayapura Papua
Email: harlitala2010@gmail.com

ABSTRAK

Bahan mineral dan sulfur merupakan komponen anorganik yang selalu berpengaruh negatif pada saat pemanfaatan batubara di industri. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberadaan mineral dan sulfur dalam batubara adalah lingkungan pengendapan. Konsep ini merupakan latar belakang penelitian, dengan tujuan untuk menginvestigasi pengaruh lingkungan pengendapan terhadap kandungan bahan mineral dan sulfur pada batubara. Batubara yang dianalisis dalam penelitian ini berasal dari Cekungan Papua Utara (BCPU) dan Cekungan Kutai (BCK). Interpretasi lingkungan pengendapan menunjukkan bahwa batubara BCPU terbentuk pada lingkungan *caosta/marsh*, sedangkan batubara BCK tersedimentasi di lingkungan limnik. Implikasi penelitian adalah lingkungan pengendapan berpengaruh terhadap komponen anorganik batubara seperti kandungan bahan mineral (pirit dan lempung), sulfur dan abu tinggi

Kata Kunci: Batubara, lingkungan pengendapan, bahan mineral, sulfur.

ABSTRACT

Mineral matter and sulfur are inorganic components that always have a negative effect on the utilization of coal in the industry. One of the factors that affect on the presence of mineral matter and sulfur in coal is the deposition environment. This concept is the background of the study, with the aim of investigating the effect of deposition environments to mineral matter and sulfur content in coal. The coal analyzed in this study came from the North Papua Basin (BCPU) and the Kutai Basin (BCK). The interpretation of the deposition environment indicates that BCPU coal is formed on the caostal marsh environment, while the BCK coal is sedimented in the limnik environment. The implication of this research is that the deposition environment has an effect on the inorganic components of coal such as mineral matter content (pyrite and clay), sulfur and high ash

Keywords: Coal, depositional environments, mineral matter, sulfure.

PENDAHULUAN

Batubara yang tersedimentasi di cekungan-cekungan di Indonesia memiliki karakteristik anorganik yang beragam. Kondisi ini sangat bergantung pada tempat dimana batubara tersebut terbentuk. Menurut Fatimah dan Herudiyanto (2007) kandungan

sulfur batubara Indonesia berdasarkan data sejumlah hasil analisis, umumnya rendah yaitu < 1.0%, walaupun pada daerah tertentu dijumpai kandungan sulfur tinggi namun dianggap tidak mewakili suatu formasi atau cekungan. Penelitian batubara Tersier di Cekungan Papua Utara oleh Talla (2016)

memperlihatkan kadar pirit yang tinggi dari sampel yang dianalisis.

Berdasarkan kondisi ini, maka penulis melakukan penelitian dengan tujuan menginvestigasi pengaruh lingkungan pengendapan terhadap kandungan bahan mineral dan sulfur pada batubara. Penelitian yang menggunakan batubara peringkat rendah Cekungan Papua Utara dan batubara Cekungan Kutai ini menggunakan konsep analisis lingkungan pengendapan menurut Diessel (1992). Penelitian pengaruh lingkungan pengendapan terhadap karakteristik batubara banyak dilaporkan oleh peneliti terdahulu seperti Horne dkk., (1979) serta Walker & James (1992) mengklasifikasi lingkungan delta dan karakteristik batubara yang terbentuk. Stach dkk., (1982) membagi lingkungan pengendapan berdasarkan kondisi geografi. Diessel (1992) menggunakan *Tissue Preservation Index* dan *Gelification Index* untuk menentukan lingkungan pengendapan batubara dan karakteristik batubara. Boggs (1995) membagi lingkungan pengendapan menjadi tiga kelompok, yaitu lingkungan darat, lingkungan transisi dan lingkungan laut dengan karakteristik batubara yang berbeda. Allen and Chambers (1998) lingkungan *lower delta plain* adalah tumbuhan nipah-nipah yang membentuk batubara dengan struktur berlapis. Waterman dan Saputra (2012) perubahan lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh air laut akan diikuti oleh perubahan sulfur.

Lingkungan pengendapan adalah keadaan yang kompleks yang disebabkan oleh interaksi antara faktor fisika, kimia dan biologis dimana sediman diendapkan (Krumbein, 1958).

Para ahli mengklasifikasi lingkungan pengendapan berdasarkan karakteristik batubaranya. Stach dkk., (1982) lingkungan pengendapan menurut posisi geografinya, antara lain:

- a. Lingkungan Paralik
- b. Lingkungan limnik atau air tawar.

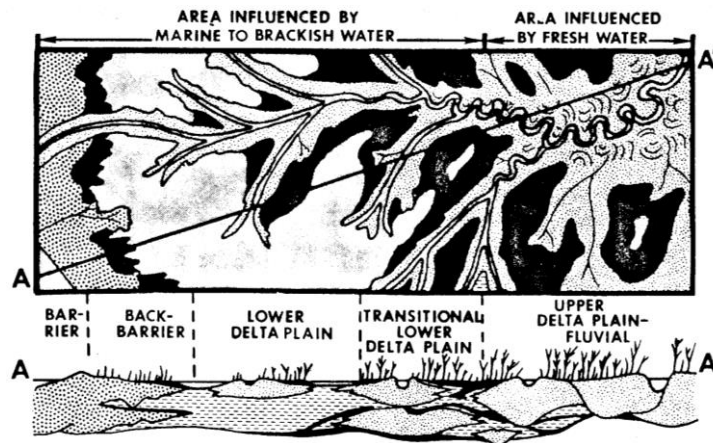
Kajian tentang lingkungan pengendapan batubara dapat memberikan gambaran mengenai model pengendapan batubara antara lain:

- 1). Geometri lapisan batubar.
- 2). Kualitas batubara (kadar sulfur abu).

Menurut Horne dkk., (1979) lingkungan pengendapan batubara merupakan salah satu kendali utama yang mempengaruhi pola sebaran, ketebalan, kemenerusan, kondisi *roof*, abu dan sulfur pada batubara. Horne dkk., (1979) membagi lingkungan pengendapan menjadi empat kelompok utama, yaitu:

- a) Lingkungan *Back Barrier*

Lingkungan *back barrier* menghasilkan lapisan batubara yang tipis, pola sebarannya memanjang sejajar sistem penghalang, bentuk lapisan melebar karena dipengaruhi *tidal channel* setelah pengendapan atau bersamaan dengan proses pengendapan dan kandungan sulfurnya tinggi, kedudukan lingkungan *back barrier*.



Gambar 1. Model lingkungan pengendapan batubara (Horne dkk., 1979)

b) Lingkungan *lower delta plain*

Lingkungan *lower delta plain* karakteristik batubaranya mengkilap, indeks pengawetan jaringan maseral rendah-menengah, indeks gelifikasi maseral tinggi-sangat tinggi, sulfurnya agak tinggi. Lapisan batubaranya tipis.

c) Lingkungan *transitional lw. delta plain*

Lingkungan *transitional lower delta plain* batubaranya tebal dapat lebih dari 10 m, tersebar meluas cenderung memanjang jurus pengendapan, tetapi kemenerusan secara lateral sering terpotong *channel*, dan kandungan sulfurnya agak rendah.

d) Lingkungan *upper delta plain-fluvial*

Lingkungan *upper delta plain-fluvial* karakteristik batubaranya hitam mengkilap, indeks pengawetan jaringan maseral tinggi, indeks gelifikasi maseral menengah-tinggi dan kandungan sulfurnya rendah. Lapisan batubaranya tebal, sebaran luas dan memanjang sejajar jurus pengendapan. kemenerusan lateral sering terpotong *channel* dan terdapat *splitting*.

Lingkungan pengendapan batubara pada penelitian ini ditentukan berdasarkan nilai *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI) oleh Diessel (1992). *Tissue Preservation Index* (TPI) adalah perbandingan antara struktur jaringan pada maseral yang terawetkan dan struktur jaringan yang tidak terawetkan. Nilai TPI menunjukkan derajat humifikasi yang terjadi pada lahan gambut dalam proses penggambutan. Tingginya derajat humifikasi dapat menyebabkan terjadinya penghancuran jaringan sel. Semakin besar nilai TPI menunjukkan tingginya presentasi tumbuhan kayu, ditunjukkan dengan tingginya presentasi telovitrit (Diessel, 1986). *Gelification Index* (GI) adalah perbandingan antara maseral yang terbentuk karena proses gelifikasi dan maseral yang terbentuk akibat proses oksidasi. GI berhubungan dengan kontinuitas kelembaban pada lahan gambut. Semakin kecil harga GI maka tingkat oksidasi semakin tinggi (Diessel, 1986).

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian terdiri dari survey lapangan dan analisis laboratorium.

Kegiatan lapangan

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan resin penukar kation adalah serat batang pohon pisang Batu yang diambil dari daerah Cianjur, Jawa Barat. Bahan Kimia: air suling, asam klorida, asam nitrat, asam oksalat, fenolftalein, fosfor oksiklorida, metanol, metilen klorida, natrium hidroksida, piridin.

Kegiatan laboratorium

Kegiatan laboratorium yaitu: 1). Analisis maseral; 2). Analisis petrografi; 3). Analisis proksimat dan analisis ultimat.

Analisis maseral dilakukan dibawah mikroskop dengan menggunakan minyak imersi dipermukaan contoh. Analisis ini menggunakan lensa-lensa 25X, 32X, 50X atau bahkan 60X. Maseral dapat diamati atau dihitung sebagai grup maseral atau sebagai sub-maseral. Pengukuran refleksi dilakukan pada permukaan partikel vitrinit, dalam sinar hijau monochromatik (ASTM D2794, 2009).

Analisis petrografi bertujuan untuk mengetahui komponen organik maupun anorganik batubara. Analisis petrografi dilakukan dengan alat mikroskop polarisasi.

Alat yang berhubungan dengan teknik pembacaan data yang dilakukan melalui lensa yang mempolarisasi obyek pengamatan. Pengamatan di bawah mikroskop melalui sayatan tipis yang dipoles (ASTM D2794, 2009).

1. Analisa proksimat

Batubara digunakan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas batubara kaitannya dengan penggunaan batubara tersebut, yaitu: mengetahui jumlah kadar air, zat terbang, karbon padat dan kadar abu.

Karbon padat

Karbon padat menyatakan banyaknya karbon yang terdapat dalam material sisa setelah volatile matter dihilangkan. Residu ini sebagian besar terdiri dari karbon serta sebagian kecil hidrogen, sulfur dan hidrogen (ASTM D3172, 2007). Persamaannya:

$$FC (\%) = 100 - (\% M + \% Ash + \% VM) \quad (1)$$

Keterangan:

FC = *fixed carbon* (karbon padat, %)

IM = *inherent moisture* (air bawaan,%)

VM = *volatile matter* (zat terbang, %)

Ash = kadar abu (%).

Kadar air

Memanaskan 1 gram sampel batubara dengan ukuran 200 mesh dalam oven pada suhu 105-110°C dalam waktu 1,5 jam. Persamaannya kadar air menurut ASTM D3173 (2011), yaitu:

$$IM (\%) = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (2)$$

Kadar Abu

Kadar abu adalah ampas yang tersisa setelah pembakaran sempurna semua bahan batubara organik dan dekomposisi bahan mineral pada batubara. Batubara 1 gram dalam cawan porselin dipanaskan pada suhu 400°C selama 1 jam, perlahan suhu dinaikkan ke 850°C sampai 1 jam, terus selama 1 jam (ASTM D3174, 2002).

$$Ash (\%) = [(A - B)/C] \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

Ash = kadar abu (%)

A = berat cawan dan abu (gram)

B = berat cawan kosong (gram)

C = berat kering sampel (gram)

Zat Terbang

Zat terbang merupakan senyawa organik dan anorganik ringan dalam batubara. Penentuan dilakukan dengan cara pemanasan sampel batubara seberat 1 gram pada suhu 950°C selama 7 menit dan tanpa kontak udara (ISO 562, 1998).

$$VM (\%) = \frac{A-B}{A} \times 100 - IM (\%) \quad (4)$$

Keterangan:

VM = volatile matter (zat terbang, %)

IM = inherent moisture (air bawaan, %)

A = berat sampel (gram)

B = berat setelah dipanaskan (gram)

2. Analisis ultimat

Analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia batubara seperti: karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur.

Total sulfur

Sampel batubara dibakar dalam furnace pada temperatur 1350°C dan dialiri oksigen, zat oksida sulfur kemudian diserap dengan larutan hidrogen piroksida sehingga

menghasilkan asam klorida dan asam sulfat (ASTM D4239, 2012).

$$\text{Sulfur (\%)} = \frac{(A-B) \times 13,738}{\text{berat sampel}} \quad (5)$$

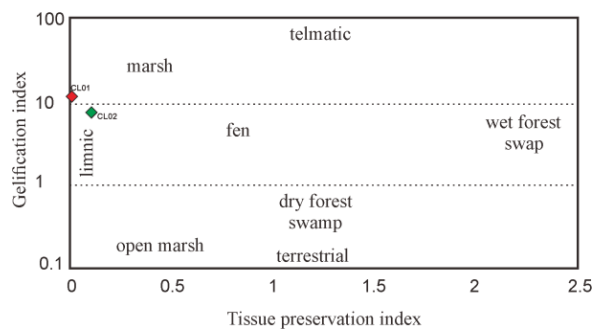
Keterangan:

A = berat endapan BaSO₄ (gram)

B = berat BaSO₄ seharusnya (gram).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI). Sampel batubara BCPU memiliki nilai *Tissue Preservation Index* 0,055 dan *Gelification Index* sebesar 15,07 dan diinterpretasi terbentuk pada lingkungan pengendapan marsh atau *coastal marsh* (rawa pantai) (Gambar 2). Lingkungan *coastal marsh* adalah lingkungan perbatasan antara rawa dan air laut yang selalu dipengaruhi oleh pasang surut air laut secara periodik. Lingkungan pengendapan yang dipengaruhi laut akan menghasilkan batubara dengan sulfur tinggi dan pirit berbentuk framboidal (Williams and Keith, 1963; Cohen and Andrejko, 1983). Efek lingkungan ini telah dilaporkan Cecil dkk., (1979) batubara dengan abu dan sulfur tinggi berasosiasi dengan sedimen yang terendapkan di lingkungan payau atau laut.



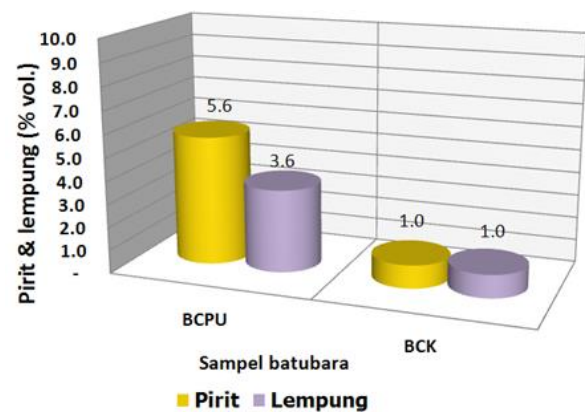
Gambar 2. Model lingkungan pengendapan batubara di pantai–darat (Horne dkk., 1979)

Penentuan lingkungan pengendapan batubara BCPU mempunyai korelasi dengan karakteristik batubaranya yang kaya sulfur mencapai 3,56 % adb dan kadar abu tinggi 4,94 % adb (Gambar 2). Karakteristik seperti ini dominan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Komposisi mineral matter batubara *caostal marsh* sangat tinggi mencapai 9,2 % vol, yang terdiri dari pirit 5,6 % vol dan lempung 3,6 % vol. Menurut Mansfield and Spackman (1965) batubara di bawah pengaruh air laut mempunyai kandungan sulfur dan pirit yang tinggi. Kandungan pirit dan sulfur tinggi adalah indikasi lingkungan pengendapan batubara BCPU yang tersedimentasi di lingkungan laut dangkal (Talla, 2016).

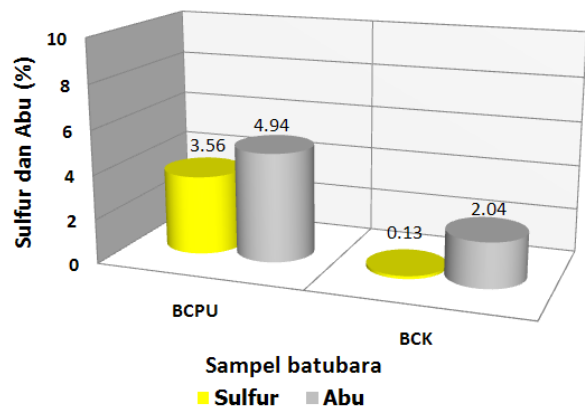
Berbeda dengan batubara BCPU, batubara BCK memiliki Nilai *Tissue Preservation* 0,11 dengan nilai *Gelification Index* sebesar 9,0, yang diinterpretasikan terbentuk pada lingkungan pengendapan limnik.

Limnik merupakan lingkungan yang didominasi oleh air tawar dan tidak memiliki hubungan hidrologis secara langsung dengan air laut. Terlihat ada kesesuaian antara lingkungan pengendapan batubara BCK dengan kandungan komposisi anorganiknya, yaitu kadar sulfur yang rendah hanya 0,13 % adb dan kadar abu 2,04 % adb. Menurut Cecil dkk.,(1979) batubara dengan kadar abu dan sulfur rendah biasanya terendapkan pada lingkungan darat saat penggambutan dengan lapisan pengapitnya adalah sedimen klasik. Batubara BCK yang tersedimentasi

pada lingkungan limnik memiliki kadar pirit rendah hanya 1,0 % vol dan lempung 1,0 % vol. Kondisi ini sesuai dengan argumen Casagrande (1987) bahwa batubara yang terendapkan pada lingkungan darat/air tawar umumnya didominasi oleh sulfur organik dan kadar pirit rendah. Hasil analisis anorganik memperlihatkan pengaruh lingkungan pengendapan terhadap kehadiran material anorganik.



Gambar 3. Kadar pirit dan lempung batubara



Gambar 4. Kadar sulfur dan abu batubara

Lingkungan pengendapan yang lebih kering cenderung menghasilkan batubara yang kusam dengan komposisi sulfur, pirit, abu dan lempung yang rendah. Batubara yang terbentuk pada lingkungan basah dengan pengaruh air laut memiliki kadar

sulfur, pirit dan abu yang tinggi dengan warna lebih cerah.

Secara geokimia, sampel batubara BCPU dan BCK merupakan batubara peringkat rendah, sehingga geokimia organiknya memiliki banyak persamaan, Batubara BCPU dengan lingkungan penengendapan *caostal marsh* memiliki kadar air tinggi mencapai 25,59 % adb. Kadar oksigen 37,35 % adb dan hidrogen mencapai 5,93 % adb, sedangkan karbon tertambatnya

hanya 29,60 % adb dan karbonnya hanya 48,79 % adb (Tabel 1). Batubara BCPU terklasifikasi pada peringkat lignit A.

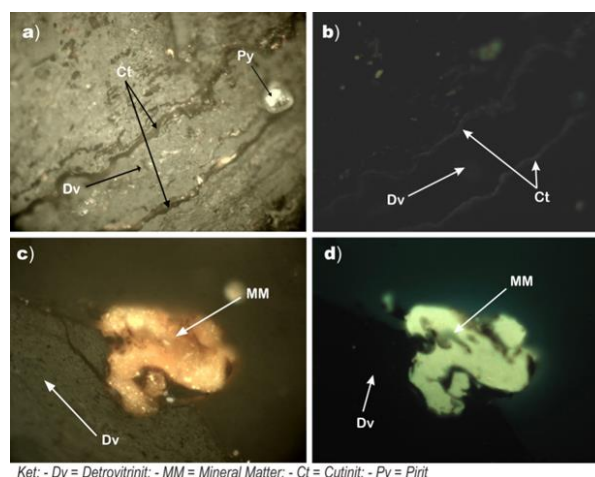
Batubara BCK yang teridentifikasi terbentuk pada lingkungan limnik memiliki kadar air hanya 22,51 % adb, kadar oksigen 32,63 % adb dan kadar hidrogen mencapai 5,37 % adb (lihat Gambar 4). Sebaliknya kadar karbon sebesar 58,69 % adb dan karbon padat 34,76 %adb. Batubara BCK digolongkan dalam peringkat subbituminus C.

Tabel 1. Karakteristik Geokimia Batubara

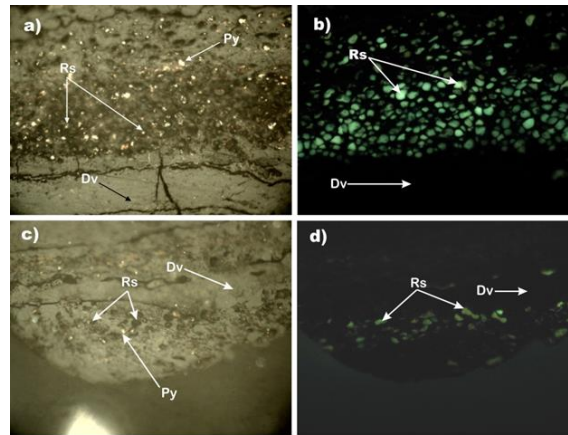
Sampel	Analisis Proksimat				Analisis ultimat				
	Mst	Ash	VM	FC	C	H	N	S	O
BCPU	25,59	3,41	41,40	29,60	48,79	5,93	0,96	3,56	37,35
BCK	22,51	2,04	40,69	34,76	58,69	5,37	1,14	0,13	32,63

Hasil analisis pertografi batubara BCPU yang ditampilkan pada Gambar 5 memperlihatkan kandungan mineral matter yang berukuran besar (berwarna cerah) yang mengisi bidang maseral detrovitrinit dan terdiri dari pirit dan lempung yang tinggi.

Secara mikroskopis, batubara BCK terlihat adanya keberadaan mineral pirit dengan ukuran lebih halus (Gambar 6). Batubara yang memiliki kandungan pirit yang tinggi pada data analisis maseral akan terlihat dengan jelas pada foto hasil analisis petrografi (Gambar 5 & 6).



Gambar 5. Batubara BCPU pada sinar reflektan & fluoresensi 500 X. Terlihat mineral matter (MM), pirit (Py) dan Cutinit (Ct) pada detrovitrinit (Dv)



Ket: - Dv = Detrovitrinit; - Rs = Resinit; - Py = Pirit

Gambar 6. Batubara BCK pada sinar reflektan & fluoresensi 500X. Nampak pirit (Py) berbutir halus dan resinit (Rs) yang mengisi permukaan detrovitrinit (Dv)

KESIMPULAN

Lingkungan pengendapan mengontrol karakteristik batubara yang terbentuk sesuai dengan mekanisme selama proses pengendapan berlangsung.

- a. Batubara BCPU yang terendapkan pada lingkungan pengendapan *caostal marsh* kaya akan material anorganik seperti pirit, sulfur, abu dan lempung.
- b. Batubara BCK yang tersedimentasi pada lingkungan limnik memiliki kandungan sulfur, pirit dan abu yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Akhirnya pada kesempatan yang berbahagia ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada Ibu Nining S. Ningrum di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA) yang banyak membantu dalam analisis sampel batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G.P., and Chambers, J.L.C., 1998. Regional Geology and Stratigraphy of the Kutei Basin. In: Sedimentation in the Modern and Miocene Mahakam Delta, IPA Fieldtrip Guidebook, Chapter 9, 159-171.
- ASTM D2794., 2009. Standard Test Method for Microscopical Determination of the Vitrinite Reflectance of Coal, ASTM International.
- ASTM D3172., 2007. Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke¹.
- ASTM D3174., 2002. Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal¹.
- ASTM D4239., 2012. Standard Test Method for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion¹.
- ASTM D3173., 2011. Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke¹.
- Boggs, S.Jr., 1995. Principles of Sedimentology and Stratigraphy, 2nd Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 774.
- Casagrande, D.J., 1987. "Sulphur in Peat and Coal". In: Scott A.C., (ed.), Coal and Coal-bearing Strata: Recent.

- Cecil, C.B., Stanton, R.W., Dulong, F.T., and Renton, J.J., 1979. Geologic Factors That Control Mineral Matter in Coal, in A.C. Donaldson, M.W. Presley, and J.J. Renton, eds., Carboniferous Coal Short Course and Guidebook: West Virginia Geological and Economic Survey, Bulletin B-37-3, 43-56.
- Cohen, A.D., and Andrejko, M.J., 1983. Use of Models Based on Modern Peat Deposits to Predict the Distribution of Mineral Matter in Coals, in Raymond, R., and Andrejko, M.J., eds. Proceedings of Mineral Matter in Peat Workshop: Los Alamos National Laboratory Raport LA-9907-OBES, 77-86.
- 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, 19-22.
- Diessel, C.F.K., 1992. "Coal-Bearing Depositional Systems". Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 721.
- Fatimah dan Herudiyanto., 2007. Kandungan Sulfur Dalam Batubara Indonesia. Buletin Sumber Daya Geologi, Vol. 2 (01), 1-11.
- Horne, J.C., Caruccio, F.T., Baganz, B.P., 1979. "Depositional Models In Coal Exploration and Mine Planning in Appalachian Region". The American Assosiation of Petroleum Geologists Bulletin Vol. 62 (12), 2379 – 2411.
- ISO 562., 1998. Hard Coal and Coke, Determination of Volatile matter content, ISO, 8.
- Mansfield, S.P., Spackman, W., 1965. "Petrographic Composition and Sulphur Content of Selected Pennsylvania Bituminous Coal Seams". The Pennsylvania State University, Special Research Report no. SR-50, Coal Research Board of Pennsylvania, 178.
- Stach, E., Mackowski, M.Th., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., 1982. Stach's Textbook of Coal Petrology, Gebruder Borntraeger, Berlin. 535.
- Talla. H., 2016. Pengaruh Karakteristik Batubara Terhadap Hasil Konversi dan Perolehan Minyak pada Pencairan Batubara Langsung Batubara Asal Formasi Unk (Cekungan Papua Utara), Formasi Balikpapan dan Formasi Pulau Balang (Cekungan Kutai). Disertasi, Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.
- Van Krevelen, D.W., 1992. "Coal Typology Physics Chemistry Constitution". University Of Technology, Delft, The Netherlands, 750.
- Walker, R.G. dan James, N.P., 1992, "Fasies Models", Geologic al Association of Canada. 157-174.
- Waterman, S.B., Saputra, D., 2012. Analisis Pengaruh Lingkungan Pengendapan Batubara Terhadap Kandungan Sulfur Batubara. Prosiding Simposium Dan Seminar Geomekanika Ke-1, 29-38.
- Williams, E.G., and Keith, M.I., 1963. Relationship Between Sulphur in Coal and the Occurrence of Marine Roof Beds. Econ. Geol. Vol. 58, 720-729.
- Williams R.H., and Larson, E.D., 2003. A comparison of direct and indirect liquefaction technologies for making fluid fuels from coal, Energy for Sustainable Development, Vol. 07 (4), 103-129.