



KERANGKA SEKUEN PENGENDAPAN BATUBARA BERDASARKAN ANALISIS NILAI SULFUR DAN KADAR ABU DAERAH BENTARSARI, KECAMATAN SALEM, KABUPATEN BREBES, PROVINSI JAWA TENGAH

Satrio Fajar Pamekas^{1*}, Nurdrajat¹, Reza Moh Ganjar Ghani¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

Korespondensi: satriofajar03@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kandungan sulfur dan abu pada batubara merupakan karakteristik geokimia pada batubara yang dapat menginterpretasi kondisi lingkungan pengendapan. Kelimpahan sulfur sebagian besar dikontrol oleh derajat pengaruh air laut selama pengendapan batubara. Kontrol air laut pada batubara dapat mendeterminasi kerangka sekuen dari pengendapan batubara di daerah penelitian. Kadar abu yang berasal dari material anorganik dapat menginterpretasi tingkat suplai sedimen. Penelitian batubara di Daerah Bentarsari, Jawa Tengah masih minim, sehingga menjadi hal yang menarik untuk diteliti lebih lanjut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemetaan geologi dan *measuring section* (MS) pada satu sungai di daerah penelitian. Kemudian dilakukan analisis ultimat dan proksimat pada sampel batubara untuk memperoleh nilai sulfur dan kadar abu. Nilai sulfur dan kadar abu pada batubara digunakan untuk menganalisis dan menginterpretasi kerangka sekuen pengendapan batubara di daerah penelitian. Data memperlihatkan bahwa nilai sulfur batubara di daerah penelitian fluktuatif. Hal ini juga menunjukkan bahwa pengaruh air laut juga tidak tetap (stabil). Pada penampang T01 nilai sulfur bervariasi dari 0,65% sampai 1,12%. Kerangka sekuen pengendapan memperlihatkan fase transgresi dan regresi yang berlangsung selama pengendapan batubara. Batubara di daerah penelitian memiliki kandungan abu tinggi (>15%) dan terbentuk pada tipe rawa *low-lying swamp* dengan suplai sedimen yang tinggi.

Kata kunci : Sulfur, Bentarsari, batubara, transgresi, regresi.

ABSTRACT

Coal sulphur and ash content are geochemical characteristics in coal those can interpret depositional environment condition. Abundance of sulphur is largely controlled by degree of sea water influence during coal deposition. Control of sea water in coal can determine sequence framework of coal deposition in study area. Ash content that comes from inorganic matter can interpret sedimentation rate. Coal study in Bentarsari Area, Central Java is still rare, so it is interesting for further study. The methods used in this study are geological mapping and measuring section of one river in study area. Then ultimate and proximate analysis are done towards coal samples to obtain sulphur and ash values. Sulphur and ash values used to analyze and interpret sequence framework of coal deposition in study area. Data shows that coal sulphur value in study area is fluctuating. It also shows that sea water influence is not constant (stable). In T01 section, sulphur value varies from 0,65% until 1,12%. Sequence framework of coal deposition shows transgression and regression phase that occur during coal deposition. Coal in study area contains high sulphur (>15%) and formed in low-lying swamp with high sedimentation rate.

Keywords : Sulphur, Bentarsari, coal, transgression, regression.

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai batubara di Pulau Jawa masih minim, sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik dan potensi batubara yang terdapat di pulau ini. Daerah penelitian yang terletak di Daerah Bentarsari, Kecamatan Salem, Kabupaten Brebes,

Provinsi Jawa Tengah memiliki potensi batubara yang belum banyak diteliti karakteristik dan potensi sumber dayanya. Oleh karena itu, batubara daerah ini cukup menarik untuk diteliti lebih lanjut, salah satunya mengenai karakteristik geokimia dan pengaplikasiannya.

Analisis ultimat sulfur dan analisis proksimat kadar abu dapat menentukan

kondisi lingkungan pengendapan dari batubara, khususnya perubahan pengaruh air laut dan tingkat sedimentasi. Sulfur pada batubara dapat berasal dari material organik dan sulfat yang terdapat pada air laut. Abu pada batubara merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan mineral karena proses pembakaran. Dalam analisis lanjut, hal ini dapat menginterpretasikan sekuen stratigrafi dari pengendapan batubara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Batubara merupakan batuan sedimen yang dapat terbakar, tersusun atas rombakan sisa-sisa tumbuhan yang mengalami proses pembatubaraan, dan mengandung karbon (C) (Ruiz and Crelling, 2008). Sisa-sisa tumbuhan ini merupakan material organik yang telah mengalami dekomposisi dan perubahan sifat-sifat fisik maupun kimia. Tahap pembatubaraan disebut sebagai tahap geokimia yang melibatkan faktor perubahan kimia dan fisika untuk menghasilkan batubara lignit hingga antrasit (Cook, 1982). Pada batubara lignit terdapat beberapa klasifikasi litotipe. Penelitian ini menggunakan litotipe berdasarkan George (1975) dalam Diessel (1992). Pada klasifikasi ini terdapat beberapa parameter yang diperhatikan, yaitu warna, tekstur, gelifikasi, pelapukan, dan kekerasan dari batubara.

Fisiografi daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Antiklinorium Bogor - Serayu Utara – Kendeng berdasarkan Van Bemmelen (1949). Secara stratigrafi, batubara di daerah penelitian berasal dari Formasi Kaliglagah (Tpg). Formasi ini memiliki ketebalan mencapai 350 meter. Pada bagian atas dari formasi ini tersusun atas batupasir kasar dan konglomerat. Bagian bawah formasi disusun oleh batulempung hitam, napal hijau, batupasir bersusunan andesit, dan konglomerat. Pada formasi ini juga ditemukan sisipan batubara muda (lignit). Lingkungan pengendapan dari formasi ini diperkirakan daratan sampai laut dangkal dengan umur Pliosen

Akhir (Kastowo dan Suwarna, 1996). Sujanto (1975) menyatakan bahwa pola struktur di Jawa Tengah adalah baratlaut – tenggara dan timurlaut – baratdaya dan beberapa pola struktur sesar mempunyai arah barat – timur. Struktur geologi regional yang dapat dijumpai di Daerah Majenang berupa sesar, lipatan, kelurusan dan kekar, yang melibatkan batuan berumur Oligo - Miosen sampai Holosen.

Sulfur merupakan salah satu elemen penting yang mempengaruhi kualitas batubara walaupun kandungannya relatif rendah. Keterbentukan sulfur pada batubara dapat melalui berbagai cara, di antaranya berasal dari pengaruh batuan pengapit yang terendapkan pada lingkungan laut (Williams dan Keith, 1963), pengaruh air laut selama proses pengendapan tumbuhan, proses mikrobial, dan perubahan pH (Casagrande et al., 1987). Sumber sulfur pada batubara yang memiliki kandungan sulfur tinggi (>1%) umumnya berasal dari material tumbuhan asal dan sulfat air laut yang masuk ke dalam rawa. Kelimpahan sulfur pada batubara sebagian besar dikontrol oleh derajat pengaruh air laut selama akumulasi dan diagenesis (Chou, 2012).

Abu pada batubara merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan mineral karena proses pembakaran. Nilai kadar abu pada batubara dapat menunjukkan kondisi lingkungan pengendapan batubara. Abu pada batubara merupakan mineral yang secara umum diklasifikasikan menjadi tiga tipe, yaitu *detrital mineral*, *plant-derived mineral*, dan *authigenic mineral*. Rawa yang tertutup oleh topografi relatif tinggi dan kekurangan suplai sedimen memiliki kandungan abu yang rendah (<15%), sedangkan rawa yang secara topografi berada di dasar (topografi relatif lebih rendah dibanding sekitarnya) memiliki kandungan abu yang tinggi (>15%) (Oresajo, 2016). Batubara dengan kandungan abu rendah berasosiasi dengan tipe rawa *raised swamp*, sedangkan batubara dengan kandungan abu tinggi berasosiasi dengan *low-lying swamp*. Batubara dengan kandungan abu dan sulfur

tinggi berasosiasi dengan sedimen yang terendapkan di lingkungan payau atau laut (Cecil et al., 1979 dalam Talla, 2018).

Sekuen stratigrafi merupakan studi mengenai fasies yang terkait secara genetis dalam kerangka kronostratigrafi. Sekuen merupakan satuan strata penting dalam sekuen stratigrafi. Sekuen didefinisikan sebagai keselarasan relatif, sukseksi yang terkait secara genetis dari batas perlapisan oleh bidang ketidakselarasan atau keselarasan yang korelatif dengan bidang ketidakselarasan (Mitchum, 1977 dalam Van Wagoner et al., 1990). Batas sekuen terbentuk sebagai respon terhadap penurunan relatif muka air laut. *Transgressive-regressive (T-R) sequence* menggunakan ketidakselarasan *sub-aerial* sebagai bidang ketidakselarasan dan permukaan maksimum regresi sebagai keselarasan korelatif. *T-R sequence* membagi unit sekuen menjadi *transgressive system tract* dan *regressive system tract* (Embry, 2002).

3. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengambilan data lapangan (*measuring section*), analisis laboratorium, serta analisis dan interpretasi sekuen stratigrafi.

Data dan sampel batubara yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil dari kegiatan pengambilan data lapangan yang dilakukan di daerah Desa Bentarsari, Kecamatan Salem, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah.

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer berupa data hasil analisis ultimat (analisis total sulfur) dan analisis proksimat (analisis kadar abu) dari sampel batubara daerah penelitian. Analisis ultimat dan proksimat batubara dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA).

Penelitian ini secara khusus mengkaji kandungan total sulfur dan kadar abu pada sampel batubara. Nilai total sulfur yang telah dianalisis pada tiap sampel akan dianalisis lebih lanjut untuk

menginterpretasi perubahan dan hubungannya dengan kondisi lingkungan pengendapan batubara atau perubahan muka air laut selama pengendapan. Sulfur pada batubara terdiri dari tiga jenis, yaitu sulfur organik, sulfur sulfat, dan sulfur sulfida (sulfur piritik). Nilai kadar abu yang telah dianalisis pada tiap sampel akan dianalisis lebih lanjut untuk menginterpretasi kondisi lingkungan pengendapan batubara atau tingkat suplai sedimen selama pengendapan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Batubara Daerah Penelitian

Berdasarkan pengamatan lapangan, daerah penelitian tersusun dari beberapa macam litologi antara lain batupasir, batulempung, tuf, dan batubara. Batubara pada daerah penelitian merupakan objek utama yang dikaji pada penelitian ini.

Batubara pada daerah penelitian tergolong ke dalam litotipe Dark (George, 1975). Litotipe ini dicirikan dengan warna coklat gelap – hitam, kandungan kayu tingkat tinggi dalam ukuran kecil, dan kekerasan keras (*dense*). Batubara terdapat pada penampang stratigrafi terukur T01 dengan ketebalan yang beragam dari 0,45 meter hingga 5,86 meter (**Tabel 4.1**).

Pada penampang T01 batuan sedimen (batupasir dan batulempung) dan batuan piroklastik (tuf) berperan sebagai bagian atas (*roof*) dan bagian bawah (*floor*) dari lapisan (*seam*) batubara. Terdapat sisipan sedimen berupa batupasir, batulempung, dan tuf. Kehadiran tuf menunjukkan selama pengendapan batubara terjadi proses vulkanisme di sekitar daerah penelitian (**Tabel 4.1**).

4.2 Kandungan Sulfur pada Batubara

Pada penampang T01 diambil 7 (tujuh) sampel batubara, yaitu sampel T01-1, T01-2, T01-3, T01-4, T01-5, T01-6/78, T01-9. Nilai sulfur pada batubara bervariasi dari 0,65% sampai 1,12% (**Tabel 4.1**).

4.3 Perubahan Nilai Total Sulfur

Perubahan nilai total sulfur pada penampang batubara dapat mengindikasikan perubahan kondisi lingkungan pengendapan yaitu berupa perubahan pengaruh air laut selama pengendapan. Apabila nilai total sulfur batubara bertambah, maka pengaruh air laut semakin besar selama pengendapan batubara. Sebaliknya, apabila nilai total sulfur batubara berkurang, maka pengaruh air laut semakin kecil selama proses pengendapan.

Pada grafik perubahan nilai total sulfur penampang T01 terlihat adanya perubahan yang fluktuatif (**Tabel 4.1**). Pada awalnya total sulfur bernilai 0,84% dan kemudian mengalami penurunan menjadi 0,68%. Hal ini menunjukkan berkurangnya pengaruh air laut selama pengendapan batubara. Kemudian nilai total sulfur meningkat menjadi 1,08% dan menunjukkan bertambahnya pengaruh air laut. Setelah itu terjadi penurunan nilai total sulfur menjadi 0,68% dan terus menurun hingga 0,65%. Penurunan nilai ini mengindikasikan berkurangnya pengaruh air laut secara terus-menerus. Selanjutnya nilai total sulfur meningkat hingga 1,12% dan diakhiri dengan penurunan kembali pada nilai 1,02%. Peningkatan nilai ini mengindikasikan bertambahnya pengaruh air laut dan diakhiri dengan penurunan nilai yang mengindikasikan berkurangnya pengaruh air laut.

4.4 Kandungan Abu pada Batubara

Kandungan abu pada batubara dapat menginterpretasi kondisi lingkungan pengendapan batubara atau tingkat suplai sedimen selama pengendapan.

Pada penampang T01 diambil 7 (tujuh) sampel batubara, yaitu sampel T01-1, T01-2, T01-3, T01-4, T01-5, T01-678, T01-9. Nilai kadar abu batubara bervariasi dari 35,52% sampai 55,36.

Secara keseluruhan data hasil analisis nilai kadar abu batubara menunjukkan bahwa batubara di daerah penelitian memiliki kandungan abu tinggi (>15%).

Hal ini menentukan tipe rawa dalam pembentukan batubara, yaitu tipe *low-lying swamp*. Tipe rawa ini secara topografi berada di dasar (topografi relatif lebih rendah dibanding sekitarnya), sehingga memudahkan masuknya material yang berasal dari luar cekungan (suplai sedimen tinggi).

4.5 Kerangka Sekuen Pengendapan Batubara

Berdasarkan hasil analisis perubahan total sulfur batubara dapat diketahui perubahan pada lingkungan pengendapan batubara, khususnya perubahan pengaruh air laut dan garis pantai. Dalam tahapan lebih lanjut, kerangka sekuen pengendapan batubara dapat diketahui melalui analisis dan interpretasi sekuen stratigrafi berdasarkan perubahan nilai total sulfur.

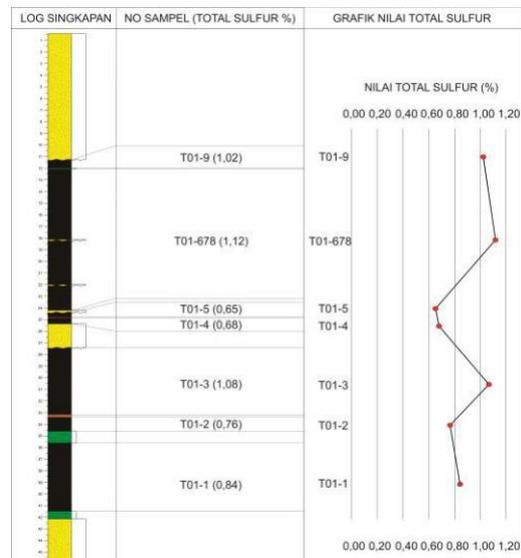
Menurut Casagrande et al. (1987), batubara yang memiliki kandungan nilai sulfur tinggi (>1%) memiliki asosiasi dengan lingkungan laut dalam pengendapannya. Hal ini mendasari penentuan kondisi pengendapan batubara di daerah penelitian yang terpengaruh oleh perubahan pengaruh air laut. Beberapa sampel batubara di daerah penelitian (sampel T01-3, T01-678, dan T01-9) memiliki nilai total sulfur yang lebih dari 1% (nilai sulfur tinggi) (**Tabel 4.1**). Oleh karena itu, air laut memberikan pengaruh pada pembentukan batubara di daerah penelitian.

Nilai kadar abu batubara yang tinggi (>15%) menunjukkan bahwa batubara di daerah penelitian terbentuk pada tipe rawa *low-lying swamp* dengan suplai sedimen yang tinggi. Topografi rawa yang rendah memungkinkan suplai sedimen dan air laut untuk masuk ke dalam lingkungan pengendapan batubara. Kandungan abu dan sulfur yang tinggi pada batubara menunjukkan asosiasi dengan sedimen yang terendapkan di lingkungan payau atau laut.

Grafik nilai total sulfur batubara pada penampang T01 menghasilkan kerangka sekuen pengendapan batubara berurutan dari awal hingga akhir sebagai berikut (**Tabel 4.1**):

- a. Pada awalnya terjadi regresi yang menyebabkan garis pantai menuju (mundur) ke arah laut dan pengaruh air laut berkurang. Hal ini ditunjukkan dengan pola penurunan relatif nilai total sulfur.
- b. Selanjutnya terjadi proses transgresi dengan garis pantai menuju (maju) ke arah darat dan bertambahnya pengaruh air laut terhadap pengendapan batubara. Hal ini ditunjukkan dengan pola kenaikan nilai total sulfur.
- c. Garis pantai menuju (mundur) ke arah laut menunjukkan fase regresi dan pengaruh air laut berkurang terhadap pengendapan batubara. Hal ini ditunjukkan dengan pola penurunan nilai total sulfur.
- d. Fase regresi terus berlangsung yang ditunjukkan dengan pola penurunan nilai total sulfur. Pada fase ini garis pantai terus berpindah menuju (mundur) ke arah laut sehingga pengaruh air laut terus berkurang.
- e. Selanjutnya fase transgresi berlangsung dengan garis pantai berpindah menuju (maju) ke arah darat dan bertambahnya pengaruh air laut terhadap pengendapan batubara. Hal ini ditunjukkan dengan pola kenaikan nilai total sulfur.
- f. Faseregresimengakhiri pengendapan batubara yang ditunjukkan dengan pola penurunan nilai total sulfur. Pada fase ini pengaruh air laut berkurang dan garis pantai terus berpindah menuju (mundur) ke arah laut.

Tabel 4. 1 Perbandingan Log Singkapan dan Grafik Nilai Total Sulfur Penampang T01.



5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Air laut berpengaruh dalam pengendapan batubara di daerah penelitian yang ditunjukkan oleh beberapa sampel batubara di daerah penelitian (sampel T01-3, T01-678, dan T01-9) dengan nilai total sulfur yang lebih dari 1% (nilai sulfur tinggi).
- b. Kerangka sekuen pengendapan batubara melalui beberapa fase yang fluktuatif (fase stabil – fase regresi – fase transgresi – fase regresi – fase regresi – fase transgresi – fase regresi).
- c. Batubara di daerah penelitian terbentuk pada tipe rawa *low-lying swamp* dengan suplai sedimen yang tinggi. Topografi rawa yang rendah memungkinkan suplai sedimen dan air laut untuk masuk ke dalam lingkungan pengendapan batubara. Kandungan abu dan sulfur yang tinggi pada batubara menunjukkan asosiasi dengan sedimen yang terendapkan di lingkungan payau atau laut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih utamanya kepada Laboratorium Stratigrafi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (Puslitbang tekMIRA) yang telah membantu dalam analisis kimia ultimat dan proksimat sampel batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Casagrande, D. J., 1987. *Sulphur in peat and coal*. In: Scott, A.C. (Ed.), *Coal and Coal-Bearing Strata: Recent Advances: Geological Society Special Publication*.
- 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.
- Chou, C.L. 2012. *Sulfur in coals: A review of geochemistry and origins*. *International Journal of Coal Geology*.
- Cook, A.C. 1982. *The Origin and Petrology of Organic Matter in Coals, Oil Shale-sand Petroleum Source Rocks*. The University of Wollongong. Wollongong, New Zealand
- Diessel, C.F.K. 1992. *Coal-Bearing Depositional Systems*. Springer Verlag, Berlin 712 p.
- Embry, A. 2002. *Transgressive-Regressive (T-R) Sequence Stratigraphy*. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans.
- Kastowo dan Suwarna, Nana. 1996. *Peta Geologi Lembar Majenang, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- McCabe, P.J. 1984. *Depositional environments of coal and coal-bearing strata*. In Rahmani, R.A., and Flores, R.M., eds., *Sedimentology of coal and coal-bearing sequences: International Association of Sedimentologists Special Publication 7*, p. 13-42.
- Oresajo, B. 2016. *Depositional environment and their bearing on some coal bed parameters*.
- Ruiz, I.S., dan Crelling, J.C. 2008. *Applied Coal Petrology; The Role Petrology in Coal Utilization*. Amsterdam: Elsevier.
- Sujanto, F.X., dan Roskamil, 1975. *The Geology and Hidrocarbon Aspects Of The South Central Java*. Bandung: Indonesia Association of Geologist (IAGI).
- Talla, H. 2018. *Hubungan Lingkungan Pengendapan dengan Kandungan Mineral Matter dan Sulfur pada Batubara*. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*.
- Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia, Volume I A*. The Hague Martinus Nijhoff, Netherland.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M., Campion, K.M. dan Rahmanian, V.D., 1990. *Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores and Outcrop: Concepts for High Resolution Correlation of Time and Facies*. American Association of Petroleum Geologists Bulletin Method ExplorSer 7, 55.
- Williams, E.G. dan Keith, M. L., 1963. *Relationship between sulfur in coals and the occurrence of marine roof beds*. *Economic Geology*.