

Analisis Potensi Swabakar (*Self-Combustion*) Berdasarkan Data Proksimat pada Batubara PT. Geoservices Samarinda

^{1,3,*}Wahidah, ^{2,3}Delia Aurora Fajarwati, ^{1,3}Piter Lepong, ^{1,3}Andi Alamsyah

¹Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

³Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

*Email: wahidah@fmipa.unmul.ac.id

ABSTRAK

Fenomena swabakar yang berpotensi menyebabkan kebakaran pada industri tambang batubara di Kalimantan Timur menjadi bahan kajian dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas dan karakteristik batubara yang berpotensi memicu terjadinya *self heating*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kualitas batubara sebanyak 5 (lima) sampel dari PT. Geoservice Samarinda dengan menggunakan metode analisis proksimat serta analisis nilai kalor dan total sulfur. Selanjutnya menentukan *ranking* batubara dan menganalisis karakteristik sampel batubara yang rentan mengalami potensi swabakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ke lima sampel batubara termasuk *rank Sub Bituminous* dengan kadar *volatile matter* medium sehingga dianggap cukup berpotensi mengalami swabakar. Sampel batubara yang paling rentan mengalami adalah kode sampel D1 karena juga memiliki kandungan *inherent moisture* dan *ash content* yang lebih rendah serta kandungan *total sulfur* yang lebih tinggi dibandingkan sampel batubara lainnya. Namun, masih perlu dilakukan uji lebih lanjut untuk mengetahui persentase jenis total sulfur (*pyrite*) sebagai pemicu swabakar. Analisis faktor lingkungan juga dibutuhkan untuk validasi.

Kata Kunci: Batubara, kualitas batubara, swabakar, proksimat

ABSTRACT

The self-combustion phenomenon that has the potential to cause fires in the coal mining industry in East Kalimantan is the subject of this study. The purpose of this study is to determine the quality and characteristics of coal that has the potential to trigger self-heating. In this research, 5 (five) samples of coal quality are analyzed from PT. Geoservice Samarinda using the proximate analysis method and analysis of calorific value and total sulfur. Next, determine ranking of coal and analyze the characteristics of coal samples that are prone to potential self-combustion. The results show that the five coal samples included in Sub-Bituminous rank with medium volatile matter considered to have sufficient potential to experience self-combustion. The most susceptible coal sample is sample code D1 because it also has lower inherent moisture and ash content and higher total sulfur content than other coal samples. However, further tests still need to be carried out to determine the percentage of total sulfur (pyrite) as a trigger for self-combustion. Environmental factor analysis is also required for validation.

Keywords: Coal, coal quality, self-combustion, proximate

1. PENDAHULUAN

Swabakar (*self combustion*) batubara adalah salah satu tantangan terbesar dalam pertambangan batubara. Hal ini dapat menyebabkan serangkaian masalah, termasuk pencemaran lingkungan yang signifikan, penutupan tambang sementara atau permanen, masalah lingkungan dan bahkan kematian. Di Cina, sekitar 53,1% dari tambang batubara milik negara memiliki kecenderungan mengalami pembakaran spontan atau swabakar. Bahkan, lebih dari 90% dari kebakaran tambang batubara disebabkan oleh *self heating* batubara [1].

Kalimantan Timur merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang kaya akan batubara. Selain berkontribusi besar dalam memenuhi kebutuhan energi, keberadaan batubara juga ternyata berpotensi menyebabkan kebakaran akibat swabakar. Proses terbakarnya batubara dengan sendirinya diawali dengan proses pemanasan yang meningkatkan temperatur timbunan batubara dengan sendirinya [1]. Hal ini disebabkan oleh adanya reaksi oksidasi antara kandungan yang terdapat pada batubara dengan oksigen yang berada di udara [2].

Salah satu bentuk analisis yang dapat dilakukan untuk mengetahui potensi swabakar pada batubara adalah analisis data proksimat yang meliputi *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter* dan *fixed carbon* [4]. Analisis data proksimat beserta *calorie value* dan *total sulphur* sering dilakukan untuk menentukan kualitas batubara. Pada beberapa penelitian [5, 6, 7, 8] juga mencoba untuk mengaitkan antara kualitas batubara dengan potensi terjadinya swabakar.

Semua jenis batubara berpotensi mengalami swabakar, namun waktu yang diperlukan hingga mencapai titik nyala berbeda-beda. Berdasarkan kualitasnya, batubara dengan *rank* rendah memerlukan waktu yang lebih singkat untuk terbakar karena memiliki temperatur kritis *self heating* yang lebih rendah dibandingkan dengan batubara dengan *rank* tinggi [9,10]. Adapun

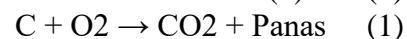
batubara yang berpotensi menyebabkan swabakar adalah batubara yang mengandung sulfur terutama dalam bentuk *pyrit*. Hasil eksperimental [11] menunjukkan bahwa sampel batubara dengan kandungan pirit 7 % (> 5%) sangat mudah mengalami pembakaran spontan. Selain itu, parameter lain yang sangat berpengaruh terhadap potensi swabakar batubara adalah kandungan zat terbang (*volatile matter*) yang tinggi karena berkorelasi dengan tingkat cepat atau lambatnya proses pembakaran batubara. Menurut penelitian [12], batubara yang memiliki kandungan zat terbang > 30% cenderung memiliki laju volatilisasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara yang mengandung *volatile matter* yang rendah (< 12 %).

Berdasarkan penelitian sebelumnya terkait kemungkinan adanya keterkaitan antara kualitas batubara serta kandungan zat terbang dan sulfur terhadap potensi swabakar pada batubara, sehingga perlu dilakukan analisis data proksimat dan kandungan sulfur. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui kualitas dan karakteristik batubara yang berpotensi mengalami *self heating* sehingga dapat mencegah terjadinya swabakar pada batubara.

2. TEORI

Self Combustion pada Batubara

Self heating atau *self combustion* batubara merupakan hasil dari reaksi eksotermis dari oksidasi yang terjadi antara komponen yang ada di batubara dengan oksigen yang ada di udara. Apabila tidak dikontrol, proses oksidasi ini akan menghasilkan panas yang memicu terjadinya *self combustion* pada batubara. Proses terjadinya pemanasan pada batubara dapat ditunjukkan melalui reaksi (1) dan (2) [6].



Batubara tidak dapat terbakar begitu saja melainkan melibatkan proses kimiawi dari tiga unsur terkait, yaitu bahan bakar, dalam hal ini batubara itu sendiri termasuk

kandungan di dalamnya, oksigen yang terkandung di udara yang menyerap dan meresap di rongga antar butir batubara, serta sumber panas yang berasal dari proses *self heating* batubara. Teori ini biasa disebut teori segitiga api [13 dalam 6].

Ada beberapa proses yang dialami batubara ketika mengalami *self heating* yaitu sebagai berikut [14,15]:

- a. Batubara akan menyerap oksigen yang berasal dari udara luar secara perlahan-lahan sehingga temperatur batubara akan naik sekitar 30-50 °C. Proses ini masih bersifat *reversible* namun temperatur batubara yang naik tidak akan dalam kondisi diam dan *reversible* kecuali terdapat kondisi tertentu sehingga kecepatan batubara menyerap oksigen dari udara akan bertambah dan temperatur batubara meningkat melewati temperatur 50 °C.
- b. Batubara mulai mengalami lonjakan kenaikan temperatur yang disebut dengan temperatur kritis awal *self heating* batubara. Proses lonjakan ini terjadi secara cepat pada rentang temperatur 50 – 120 °C dimana 120 °C merupakan titik akhir temperatur kritis *self heating* batubara tersebut,
- c. Temperatur batubara akan benar-benar sulit dihentikan sampai tercapainya temperatur kritis swabakar batubara yang berkisar 150 °C, dimana pada titik ini batubara sangat rentan untuk terbakar karena telah mendekati titik nyala batubara yang berkisar 175 °C [4,5].

Analisis Proksimat

Analisis proksimat adalah analisis yang paling mendasar dalam menentukan kualitas batubara. Dalam analisis ini, dilakukan penentuan parameter diantaranya:

1. Kadar air lembab (*inherent moisture*)
Penentuan parameter ini bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar air di dalam sampel batubara, sehingga dapat menentukan kualitas batubara tersebut. Semakin tinggi kandungan air maka akan diperlukan energi yang cukup banyak dalam proses pembakaran batubara.

2. Kadar abu (*ash content*)
Analisis kadar abu diperlukan sebagai indikasi kualitas atau grade batubara karena kadar abu merupakan ukuran bagi material yang tidak terbakar.
3. Kadar zat terbang (*volatile matter*)
Kadar zat terbang dalam proses pembakaran batubara merupakan parameter yang akan mengindikasikan karakteristik pembakaran meliputi penyalaan, stabilitas nyala, dan reaktifitas. Kandungan zat terbang berkaitan dengan proses pembentukan batubara yang mengakibatkan kandungan air dalam batubara akan berkurang. Semakin tinggi kandungannya dalam batubara akan mempercepat terjadinya pembakaran, semakin banyak kehilangan berat, dan kemungkinan terjadinya swabakar (*spontaneous combustion*) akan meningkat.
4. *Fixed carbon*
Fixed Carbon (FC) menjelaskan karbon yang terdapat dalam material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan. *Fixed Carbon* merupakan ukuran dan padatan yang dapat terbakar setelah zat-zat *volatile matter* yang ada dalam batubara menguap.

Selain parameter di atas, total sulfur juga berpengaruh terhadap kualitas dan potensi terjadinya swabakar pada batubara. Kandungan sulfur dalam batubara terbagi dalam *pyritic sulfur*, *sulfur*, *sulfate sulfur*, dan *organic sulfur*. Pirit memainkan peran penting dalam pembakaran spontan batubara. Kalor jenis pirit hanya sepertiga dari batubara; tapi dengan penyerapan panas yang sama, kenaikan suhu pirit tiga kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan batubara.

3. METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari PT. Geoservices Samarinda (Kalimantan Timur). Datanya berupa data proksimat (sekunder) yang terdiri dari kandungan air bawaan (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), kandungan zat terbang (*volatile matter*) dan karbon tertambat (*fixed*

carbon) serta nilai kalor dan kandungan total sulfur.

Metode penelitian yang digunakan bersifat analisis kuantitatif dan kualitatif sebagai penentu kualitas batubara dan penentuan batubara yang berpotensi mengalami *spontaneous combustion*.

Teknik analisis data diawali dengan menyiapkan data proksimat sekunder yang meliputi kandungan air bawaan, kadar abu, kandungan zat terbang, kadar karbon tertambat serta total sulfur dan kadar kalori dari ke lima sampel dengan kode sampel A1, B1, C1, D1 dan E1.

Selanjutnya, dilakukan klasifikasi batubara berdasarkan standar *Americans Society for Testing and Materials (ASTM)* untuk menentukan kualitas atau ranking batubara. Kemudian dilakukan analisis karakteristik batubara yang berpotensi mengalami swabakar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas batubara merupakan faktor yang berkorelasi dengan potensi *self heating* pada setiap jenis batubara. Untuk menentukan kualitas batubara, perlu dilakukan klasifikasi batubara berdasarkan hasil analisis proksimat. Adapun hasil analisis proksimat sampel batubara dapat dilihat pada Tabel 1.

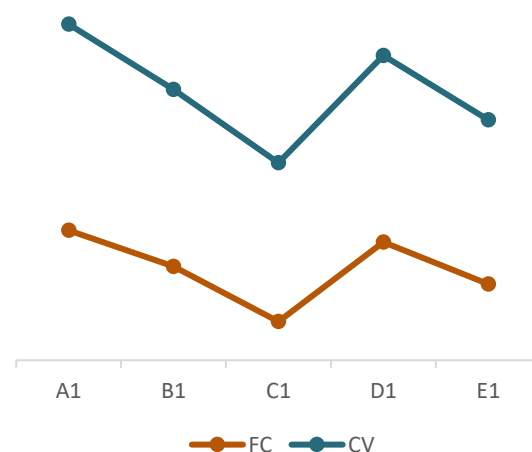
Tabel 1 Hasil Analisis Sampel Batubara

Parameter	Kode Sampel				
	A1	B1	C1	D1	E1
IM (% adb)	15,65	16,09	28,35	14,9	17,7
Ash (% adb)	4,24	6,49	3,32	3,34	6,3
VM (% adb)	39,39	39,68	35,14	42,01	39,72
FC (% adb)	40,72	37,74	33,19	39,75	36,28
TS (% adb)	0,32	0,27	0,14	0,43	0,32
CV (cal/g adb)	5773	5234	4629	5515	4983
CV (Btu/lb)	1039 1.39	9421. 19	8332. 19	9926. 99	8969. 39

Klasifikasi batubara menggunakan standar ASTM didasarkan pada kadar *fixed carbon*, *volatile matter* dan nilai kalori. Untuk

batubara dengan kandungan *volatile matter* \leq 31 %, klasifikasi hanya didasarkan pada kandungan *fixed carbon* semata, tanpa memperhatikan nilai kalori. Sedangkan batubara dengan kandungan *volatile matter* $>$ 31 %, klasifikasi hanya didasarkan pada nilai kalori semata tanpa memperhatikan kadar *fixed carbon* [16].

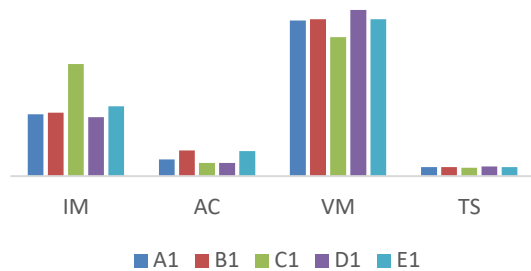
Berdasarkan hasil analisis proksimat pada Tabel 1, ke lima sampel menunjukkan kandungan *volatile matter* lebih dari 31% sehingga klasifikasinya hanya mempertimbangkan nilai kalori semata. Karena nilai kalori sampel A1 dan D1 berada pada rentang 8.300-9.500 Btu/lb sehingga termasuk batubara *rank* Sub Bituminus B. Adapun sampel yang lain B1, C1 dan E1 memiliki nilai kalori 9.500-10.500 Btu/lb sehingga termasuk batubara *rank* Sub Bituminus C. Menurut penelitian sebelumnya [17], ketika peringkat batubara menurun dari Bituminus B yang tinggi *volatile matter* ke Sub Bituminus C, kecenderungan batubara untuk mengalami *spontaneous combustion* juga mengalami peningkatan. Dalam penelitian ini, ke lima sampel penelitian termasuk *rank* Sub Bituminus sehingga berpotensi mengalami *self heating*.



Gambar 1 Grafik Perbandingan *Fixed Carbon* dan *Calorific Value* pada Setiap Sampel Batubara

Berdasarkan Gambar 1, batubara dengan *rank* lebih tinggi (*Sub Bituminus B*: kode sampel A1 dan D1) memiliki nilai *fixed*

carbon (FC) dan calorific value (CV) yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara rank rendah (*Sub Bituminus C*: kode sampel B1, C1 dan E1), dan batubara dengan rank lebih tinggi memiliki temperatur kritis *self heating* yang lebih tinggi [9], maka dapat dikatakan bahwa tingginya *fixed carbon* (FC) dan *calorie value* (CV) dalam penelitian ini tidak mempengaruhi cepatnya proses *self heating* batubara.



Gambar 2 Grafik Perbandingan *Inherent Moisture*, *Ash Content*, *Volatile Matter* dan *Total Sulfur* pada Setiap Sampel Batubara

Pada Gambar 2, ke lima sampel batubara menunjukkan kadar *volatile matter* di atas 30% sehingga memiliki laju volatilisasi yang tinggi. Batubara yang memiliki kandungan zat terbang berkisar 35.14 – 42.01 % dianggap cukup rentan mengalami *self heating* ketika mencapai suhu 140° - 155° [18]. Semakin tinggi kadar *volatile matter* dalam batubara akan mempercepat terjadinya pembakaran, dan kemungkinan terjadinya swabakar (*spontaneous combustion*) juga meningkat [19].

Selanjutnya ditinjau dari *inherent moisture* dan *ash content*, ke lima sampel menunjukkan kadar *moisture* yang berkisar 14.9 – 28.35 % dan *ash content* berkisar 3.32 – 6.49 %. Kode sampel batubara D1 memiliki *inherent moisture* yang paling rendah yaitu 14.9% dengan kandungan *ash content* yang juga relatif rendah yaitu 3.34% (Tabel 1 dan Gambar 2). Rendahnya ke dua nilai parameter ini memungkinkan potensi swabakar pada sampel tersebut [6, 20, 21].

Kandungan sulfur pada ke lima sampel yang ditunjukkan pada Tabel 1

menunjukkan kisaran nilai 0.14 – 0.43 %, dimana kode sampel D1 menunjukkan nilai total sulfur (TS) tertinggi dibandingkan sampel lainnya. Nilai TS yang tinggi khususnya sulfur jenis *pyrite* rentan memicu terjadinya swabakar pada batubara [11]. Untuk mengetahui persentase kandungan *pyrit* pada batubara ini masih memerlukan uji sampel lebih lanjut.

Faktor pemicu terjadinya swabakar pada batubara, tidak hanya disebabkan oleh faktor internal berupa kualitas atau *ranking* batubara, tingginya kandungan *volatile matter* dan total sulfur, serta rendahnya kadar kelembaban (*inherent moisture*) dan *ash content*, tetapi juga bisa disebabkan oleh faktor eksternal antara lain kondisi timbunan dan manajemen distribusi batubara. Untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat, perlu observasi lapangan yang bertujuan untuk mengetahui kondisi riil faktor lingkungan di daerah *stockpile* batubara, termasuk temperatur dan model *stockpile*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa ke lima sampel batubara cukup berpotensi mengalami swabakar karena termasuk rank *Sub Bituminus* dengan kadar *volatile matter* medium. Khusus batubara kode sampel D1 memiliki karakteristik tambahan yang menunjukkan potensi *self heating* yaitu memiliki kandungan *inherent moisture* dan *ash content* yang lebih rendah serta kandungan *total sulfur* yang lebih tinggi dibandingkan sampel batubara lainnya. Namun, untuk mengetahui persentase jenis total sulfur (*pyrite*) sebagai pemicu swabakar, masih memerlukan uji sampel lebih lanjut.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Geoservices Samarinda yang telah menyediakan data untuk penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Zhang, Y., Lai, Y., Huang, Z. dan Gao, Y. (2011). Study on Small Simulation

- Device of Coal Spontaneous Combustion Process. *Procedia Eng.* 26:922–927.
2. Mulyana (2005). *Kualitas Batubara dan Stockpile Management*. Yogyakarta: Geoservices LTD.
 3. Arisoy, A., Beamish, B.B., dan Cetegen, E. (2006). Modelling Spontaneous Combustion of Coal. *Journal Tubitak.* 30(3), 193-201.
 4. Yadav, S., dan Yadav, P. S. (2017). Analysis of Performance of Coal Fired Boiler in Thermal Power Plant. 5–14.
 5. Pitaloka, M., Hartono, H.G. dan Rizqi, A.H.F. (2021). Kajian Kualitas Batubara pada Lokasi Penambangan dan Stockpile di PIT 1 CV. Bunda Kandung, Kalimantan Tengah. *Geoda.* 2(2): 41-54.
 6. Alfarisi, A., Ibrahim, E. dan Asyik, M. (2017) Analisis Potensi Self Heating Batubara pada Live Stock dan Temporary Stockpile Banko Barat PT. Bukit Asam. *Jurnal Pertambangan Unsri.* 1 (3).
 7. Kurniawan, I., Aryansyah dan Huda, A. (2020). “Analisis Kualitas Batubara sebagai Penentu Faktor Swabakar” pada *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ.*
 8. Ailen. (2022). *Geologi dan Analisis Kualitas Batubara sebagai Faktor Swabakar Tinggi pada PIT C2, Blok Selatan, Kutai Timur, Kalimantan Timur*. Repository Universitas Jenderal Soedirman.
 9. Muchjidin. (2006). *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
 10. Kaymacki, E. dan Didari, V. (2002). Relation Between Coal Properties and Spontaneous Combustion Parameter. *Journal Engineering Enviromental.* 26 (1), 59-64.
 11. Deng, J., Ma, X., Zhang, Y., Li, Y. dan Zhu, W. (2015). Effects of Pyrite on the Spontaneous Combustion of Coal. *Int J Coal Sci Technol.* 2(4):306–311.
 12. Zou, C., Wang, C., Liu, H., Wang, H. dan Zhang, Y. (2017). Effect of Volatile and Ash Content in Coal on Volatilization of Arsenic During Isothermal Coal Combustion. *Energy Fuels.* 31(11): 12831–12838.
 13. Kelvin, Yuliana, P.E., dan Rahayu, S. (2015). *Pemetaan Lokasi Kebakaran Berdasarkan Prinsip Segitiga Api pada Industri Textile*. Surabaya: Idatech.
 14. Banerjee, S.C. (1985). *Spontaneous Combustion of Coal and Mine Fires*. Rotterdam: Balkema.
 15. Okten, G., Kural, O., dan Algurkaplan, E. (2006). Storage of Coal : Problems and Precautions. *Energy Storage System.* 2, 172-187.
 16. Pasyimi, P. (2008). *Batubara (jilid 1)* (Nomor October). Bung Hatta University Press.
 17. Beamish, B.B., Barakat, M.A. dan St. George, J.D. (2001). Spontaneous-Combustion Propensity of New Zealand Coals under Adiabatic Conditions. *Int. J. Coal Geol.* 45, 217–224.
 18. Chandra, D. dan Prasad, Y.V.S. (1990). Effect of Coalification on Spontaneous Combustion of Coals. *Int. J. Coal Geol.* 16, 225–229.
 19. Nhuchhen D.R. (2016). Prediction of Carbon, Hydrogen, and Oxygen Compositions of Raw and Torrefied Biomass using Proximate Analysis. *Fuel* 180:348–56.
 20. Beamish, B.B. dan Hamilton, G.R. (2005). Effect of Moisture Content on the R70 Self-Heating Rate of Callide coal. *Int. J. Coal Geol.* 64, 133–138.
 21. Beamish, B.B dan Sainsbury, W. (2008). “Development of a Site Specific Self-Heating Rate Prediction Equation for a High Volatile Bituminous Coal” pada 2008 Coal Operators’ Conference.