

PENENTUAN PERINGKAT DAN PENGARUH KARAKTERISTIK BATUBARA TERHADAP NILAI KALORI

DETERMINATION OF COAL RANK AND THE EFFECT OF COAL CHARACTERISTIC ON CALORIC VALUE

Evan Rosyadi Ogara^{1*}, Ade Fadhilah², Ahmad Ilham³

^{1,2,3} Institut Teknologi Sumatera; Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Jati Agung, Lampung Selatan, Lampung 35365

Received: 2023, February 15th
Accepted: 2023, June 16th

Keywords:

Caloric value;
Coal quality;
Proximate analysis;
Regression test.

Correspondent Email:

evan.ogara@gl.itera.ac.id

How to cite this article:

Ogara, E., Fadhilah, A., & Ilham, A. (2023). Penentuan Peringkat dan Pengaruh Karakteristik Batubara Terhadap Nilai Kalori. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 09(02), 122-130.

Abstrak. Batubara merupakan batuan sedimen padat yang mudah terbakar dan terbentuk dari sisa tumbuhan, berwarna coklat sampai dengan hitam. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan peringkat batubara dan mengidentifikasi pengaruh karakteristik batubara terhadap nilai kalori. Secara regional, daerah penelitian termasuk kedalam cekungan Sumatera Selatan yang tersusun atas batuan sedimen yang berumur Tersier pada Formasi Muaraenim dan Formasi Kasai. Pengambilan sampel batubara pada penelitian ini menggunakan metode *channel sampling* dan *random sampling*. Penentuan karakteristik batubara pada daerah penelitian menggunakan analisis proksimat dan total sulfur. Analisis proksimat berfungsi untuk mengetahui persentase *total moisture* (TM), *volatile matter* (VM), *ash* dan *fixed carbon* (FC) pada batubara. Pada tahap akhir penelitian menggunakan uji regresi untuk menentukan pengaruh karakteristik batubara terhadap nilai kalori. Berdasarkan nilai hasil analisis, batubara pada daerah penelitian memiliki kadar TM berkisar 39,42 – 40,74%, kadar IM 15,22 – 15,77%, kadar abu 5,07 – 5,9 %, kadar VM 40,96 – 42,86%, kadar FC sebesar 36,28 – 37,89 %, kadar TS sebesar 0,19 – 0,69 %, dan nilai kalori (CGV) rata-rata berkisar 5315,5 – 5440,82 kkal/kg dan memiliki peringkat *Lignite A* dan *Lignite B*. Berdasarkan uji regresi, TM, *ash*, dan TS memiliki hubungan berbanding terbalik sedangkan VM dan FC memiliki hubungan berbanding lurus terhadap nilai kalori.

Abstract. Coal is a solid sedimentary rock that is flammable and formed from plant debris, brown to black. This research aims to determine coal rank and identify the effect of coal characteristics on caloric value. The research area is located in the South Sumatra Basin which is composed of Tertiary rock in the Muara Enim and Kasai Formations. Channel and random sampling were carried out in taking coal samples. Proximate analysis and total sulphur were carried out to determine coal characteristics. Proximate analysis has been used to determine the percentage of total moisture (TM), volatile matter (VM), ash content, and fixed carbon (FC) in coal. In the last stage of the study using the regression

© 2023 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

test to determine the effect of coal characteristics on calorific value. Based on data, coal in the research area had TM ranging from 39,42 – 40,74%, IM 15,22 – 15,77%, ash content 5,07 – 5,9%, VM 40,96 – 42,86%, FC 36,28 – 37,89%, TS 0,19 – 0,69 % and the average calorific value (CGV) ranges from 5315,5 – 5440,82 kcal/kg and coal rank is a Lignite A and Lignite B. Based on the regression test, TM, ash, and TS have an inverse relationship while VM and FC have a directly proportional relationship to the caloric value.

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu batuan sedimen padat yang mudah terbakar dan terbentuk dari hasil rombakan tumbuhan pada masa lampau, berwarna coklat-hitam, mengalami proses perubahan fisika dan kimia yang mengakibatkan pengayaan pada kandungan karbon (Anggayana & Widayat, 2007). Peringkat batubara adalah posisi batubara pada peningkatan kandungan karbon dari lignit hingga antrasit dan pada umumnya akan berbanding lurus dengan kualitas batubara. Kualitas batubara dapat ditinjau dari karakteristik fisika maupun kimia batubara. Penentuan karakteristik kimia batubara dapat diketahui dengan analisis proksimat yang terdiri oleh beberapa parameter, yaitu; kadar lengas (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tertambat (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash content*) (Sepfitrah, 2016).

Penelitian mengenai pengaruh karakteristik batubara pernah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian itu dilakukan untuk mengetahui dampak sulfur dan kadar abu pada kalori batubara (Fadhili & Ansosry, 2019), sedangkan Yanti dkk. (2022) melakukan pengamatan dampak *moisture* terhadap nilai kalori pada batubara. Dalam penelitian ini penulis ingin melengkapi parameter karakteristik batubara yang meliputi *moisture*, *volatile matter*, *ash content*, *fixed carbon*, total sulfur dan dampaknya terhadap nilai kalori. Karakteristik batubara berdampak langsung terhadap peringkat dan kualitas batubara. Peringkat dan kualitas berperan cukup penting dalam dunia industri, semakin tinggi peringkat dan kualitas batubara maka akan semakin tinggi harga jualnya, selain itu batubara dengan kualitas tinggi akan menghasilkan nilai kalori dan panas yang

lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peringkat dan karakteristik dengan pendekatan analisis geokimia pada *pit* dan *stockpile* PT. Banjarsari Pribumi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Geologi

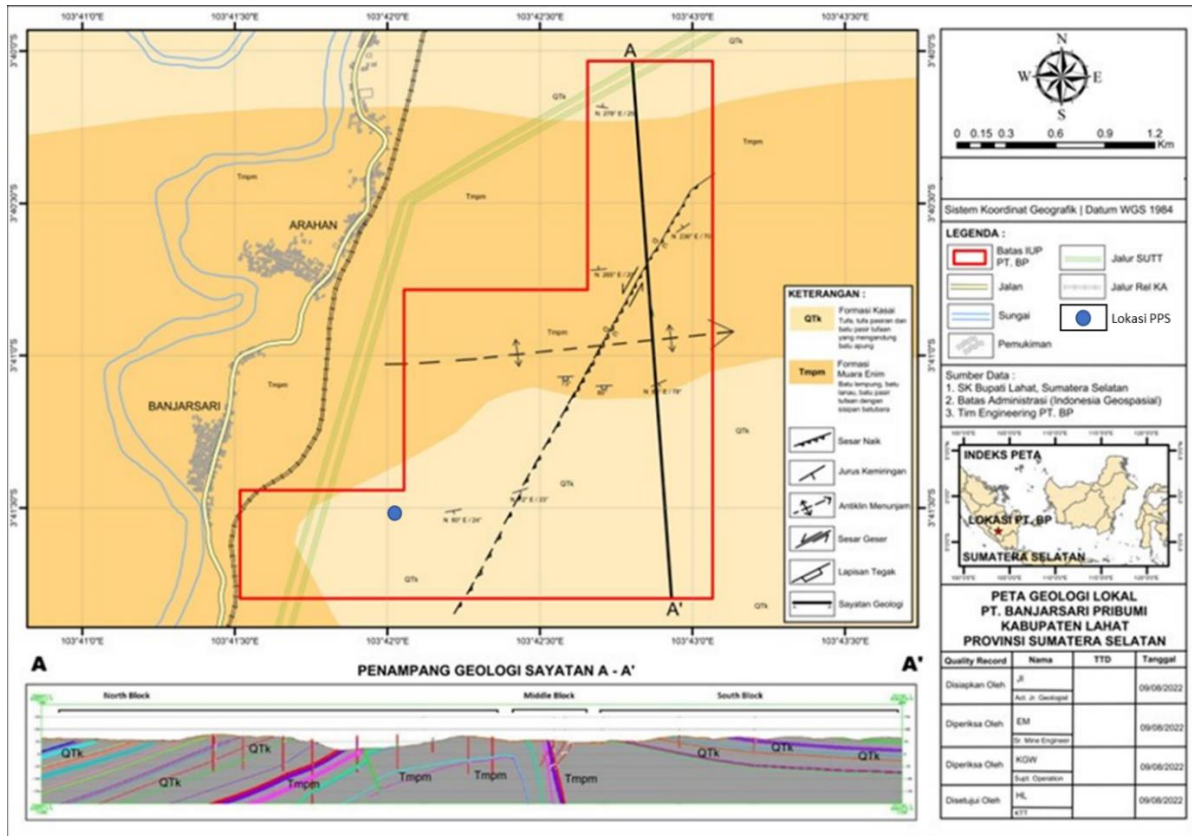
Daerah penelitian terletak di Lahat, Sumatera Selatan termasuk ke dalam Cekungan Sumatera Selatan yang merupakan cekungan busur belakang (*Back Arc Basin*). Cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan belakang busur yang dibatasi oleh Perbukitan Barisan di sebelah barat dan Paparan Sunda di sebelah timur. Cekungan Sumatera Selatan terbentuk pada periode tektonik ekstensional pra-Tersier hingga Awal Tersier yang berarah relatif barat-timur. (Amijaya & Littke, 2005).

Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan dikelompokkan menjadi 2, yaitu kelompok Telisa dimana formasi - formasi yang terbentuk pada fase transgresi dan kelompok Palembang yang terbentuk pada fase regresi. Untuk daerah penelitian termasuk kedalam kelompok Palembang, yang berada di Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai (Koesoemadinata dkk., 1978).

Formasi Muara Enim tersingkap di bagian tengah membentang Timur-Barat, sedangkan Formasi Kasai tersingkap di bagian Utara dan Selatan daerah penelitian membentang Timur-Barat. Pada daerah penelitian dijumpai struktur lipatan yang terdiri antiklin – sinklin dan struktur sesar naik. Struktur lipatan antiklin dan sinklin ditunjukkan oleh arah perlapisan batuan ke arah Timur dan Barat, dan arah kemiringan batuan bertolak belakang ke Utara dan Selatan dengan besar kemiringan 15°-47° ke arah utara dan 6°-87° ke arah selatan.

Struktur sesar naik ditunjukkan oleh kelurusan 4 topografi dan kedudukan perlapisan batuan yang tidak beraturan

sepanjang sesar. Sesar ini berarah Timur-Barat dan berada di tengah daerah penelitian (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian (Tim Engineer PT. BP, 2022).

2.2. Analisis Proksimat

Analisis proksimat dapat menunjukkan komponen kadar debu (*ash*), karbon tertambat (*fixed carbon*), kadar lengas (*moisture*) yang terdiri dari *inherent moisture* dan *total moisture*, zat terbang (*volatile matter*) dan total sulfur, komponen-komponen tersebut akan mempengaruhi nilai kalori yang terkandung pada batubara (Yadav & Yadav, 2017).

2.2.1. Total Moisture

Total Moisture (TM) ialah seluruh jumlah air yang terdapat pada batubara dalam bentuk *inherent* dan *adherent* pada kondisi saat batubara tersebut di ambil contohnya (*as sampeled*) atau pada kondisi saat batubara tersebut diterima (*as received*). Berikut adalah rumus perhitungan untuk menghitung nilai kadar lengas menurut (American Society for Testing and Materials, 2008):

$$M = \frac{M2-M3}{M2-M1} \times 100\% \tag{1}$$

2.2.2. Volatile Matter

Volatile matter (VM) merupakan nilai yang menunjukkan persentasi jumlah zat-zat terbang yang terkandung di dalam batubara. Nilai VM dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut menurut (American Society for Testing and Materials, 2007):

$$VM = \left[\frac{M2-M3}{M2-M1} \times 100\% \right] - M \tag{2}$$

2.2.3. Ash Content

Ash content/kadar abu adalah residu/abu yang tersisa setelah proses pembakaran batubara. Kadar abu terbentuk dari zat anorganik yang terdapat didalam batubara atau berasal dari mineral batuan sekitar (Thomas, 2013). Berikut adalah rumus untuk menentukan kadar abu menurut

(American Society for Testing and Materials, 2002).

$$\% \text{ Ash} = \frac{M_3 - M_4}{M_2 - M_1} \times 100\% \quad (3)$$

2.2.4. Fixed Carbon

FC merupakan karbon yang terdapat pada batubara berupa zat padat. FC menyatakan banyaknya karbon yang terdapat dalam material sisa setelah VM dihilangkan. (Sukandarrumidi, 2006). Nilai FC didapat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{FC} = 100\% - \% \text{ M} - \% \text{ A} - \text{VM} \quad (4)$$

2.3. Total Sulfur

Keberadaan sulfur pada batubara secara umum berasosiasi dengan beberapa mineral seperti *pyrite* sulfat, *calcopyrite* dan *sulfide*. Hasil pembakaran batubara yang mengandung senyawa sulfida akan membentuk gas sulfur dioksida yang bersifat polutan dan korosif. Dapat disimpulkan kandungan sulfur pada batubara berdampak negatif karena akan berakumulasi didalam cairan logam panas sehingga memerlukan proses desulfurisasi atau meningkatnya biaya perawatan. Jumlah kandungan belerang pirit, sulfat dan sulfur organik secara keseluruhan yang terkandung di dalam batubara didefinisikan sebagai kandungan sulfur total (Muchjidin, 2006).

2.4. Nilai Kalori

Calorific Value atau nilai kalori adalah hasil berupa energi yang didapatkan dari proses pembakaran batubara akibat adanya reaksi eksotermis dari senyawa hidrokarbon dengan oksigen. *Gross Calorific Value* (GCV) adalah nilai kalori kotor sebagai nilai kalor hasil dari pembakaran batubara dengan semua air dihitung dalam keadaan wujud cair. *Net Calorific Value* (NCV) adalah nilai kalori bersih hasil pembakaran batubara dimana kalori yang dihasilkan merupakan nilai kalori (American Society for Testing and Materials, 2013).

2.5. Uji Regresi

Regresi linear merupakan suatu metode statistika yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara satu variabel dengan variabel lain dengan tujuan untuk

mengestimasi serta memprediksi nilai rata-rata variabel dependen (y) berdasarkan nilai variabel independen (x) yang diketahui. Dalam penelitian ini uji regresi digunakan untuk mengetahui pengaruh TM, *ash*, dan TS terhadap nilai kalori. Jika nilai koefisien regresi bernilai positif (+) menunjukkan bahwa TM, *ash*, dan TS memberikan pengaruh positif terhadap nilai kalori batubara, jika nilai koefisien bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa TM, *ash*, dan TS memberikan pengaruh negatif terhadap nilai kalori batubara, sehingga semakin besar nilai variabel tersebut akan menurunkan nilai kalori pada batubara.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Data Penampang Stratigrafi

Data lapangan dilakukan dengan cara mendeskripsi batuan meliputi nama batuan, ketebalan lapisan, ukuran butir, bentuk butir, sortasi, kemas dan struktur sedimen. Hasil deskripsi batuan disajikan dalam bentuk penampang stratigrafi.

3.2. Karakteristik Batubara

Pengambilan sampel batubara 5 sampel batubara menggunakan metode *channel sampling* pada pit dan 20 sampel batubara menggunakan metode *random sampling* pada *stockpile*. Sampel batubara kemudian dihancurkan hingga berukuran (1/256-1/8 mm) lalu dilakukan analisis proksimat, analisis total sulfur (TS) dan analisis nilai kalori (CGV). Analisis proksimat digunakan untuk mengetahui persentase *Total moisture* (TM), *ash content*, *volatile matter* (VM) dan *fixed carbon* (FC).

3.3. Uji Regresi

Pada tahap akhir dalam penelitian ini, uji regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh karakteristik batubara terhadap nilai kalori batubara pada daerah penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penampang Stratigrafi

Berdasarkan pengamatan di lapangan didapatkan lapisan batuan dengan ketebalan berkisar 6,5 meter. Hasil deskripsi batuan

menunjukkan terdapat lapisan Batubara dengan perselingan Batupasir-Batulempung (**Gambar 2**). Sisipan Batupasir memiliki ukuran butir 1/16-1/4 mm (sangat halus-halus), struktur perlapisan dan laminasi

dengan ketebalan lapisan 10-15 cm. Sisipan Batulempung memiliki ukuran butir <1/256 mm dengan struktur perlapisan dan memiliki ketebalan 5-20 cm.



Gambar 2. Penampang stratigrafi (PPS) daerah penelitian.

4.2. Karakteristik Batubara

Di dalam penelitian ini, untuk mengetahui karakteristik batubara didapatkan berdasarkan hasil analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalori. Batubara pada daerah penelitian didapatkan hasil karakteristik sebagai berikut (**Tabel 1**). Hasil analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalori menunjukkan bahwa batubara di PT. BP memiliki nilai TM berkisar 39,42-40,74%, kadar IM 15,22-15,77%, kadar abu 5,07-5,9 %, kadar VM 40,96-42,86%, kadar FC sebesar 36,28-37,89 %, kadar TS sebesar 0,19-0,69 %, dan nilai kalori (CGV) rata-rata berkisar 5315,5-5440,82 kkal/kg. Berdasarkan hasil tersebut, batubara di PT. BP termasuk kedalam peringkat *lignite A dan lignite B / brown coal*.

4.3. Korelasi

Hasil uji regresi menunjukkan nilai TM, ash, TS, VM dan FC yang terdapat pada PIT dan stockpile PT. Banjarsari Pribumi. Nilai koefisien TM, ash, dan TS bernilai negatif

yang menunjukkan TM, ash dan TS memiliki hubungan berbanding terbalik dengan nilai kalori batubara. Koefisien pada VM dan FC bernilai positif yang menunjukkan kedua nilai tersebut berbanding lurus terhadap nilai kalori batubara (**Tabel 2**). Tabel hasil regresi menunjukkan bahwa TM berpengaruh negatif terhadap nilai kalori, hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien negatif sebesar -55,49. Secara berurutan parameter ash content dan TS memiliki pengaruh negatif terhadap nilai kalori, hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien negatif sebesar -46,13 dan -42,25. Berdasarkan nilai regresi linear, maka ketiga parameter diatas memiliki hubungan berbanding terbalik terhadap nilai kalori, semakin besar nilai TM, ash, dan TS, maka nilai kalori akan semakin menurun. VM dan FC memiliki nilai koefisien positif secara berurutan 13,75 dan 52,34, hal ini bermakna bahwa VM dan FC memiliki dampak positif atau memiliki hubungan berbanding lurus terhadap nilai kalori batubara.

Tabel 1. Hasil Analisis proksimat batubara di *pit* dan *stockpile* PT. BP.

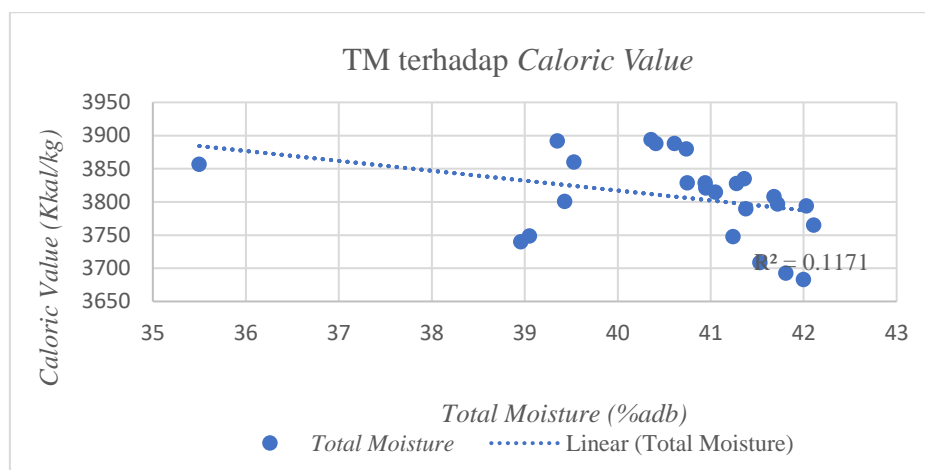
Sampel	TM (%)	IM (%)	Ash (%)	VM (%)	FC (%)	TS (%)	CGV (Kkal/kg)
PIT	39,42	15,2225	5,93	40,9575	37,89	0,69	5313,5
Stockpile	40,740	15,7715	5,07676	42,8659	36,2859	0,19176	5440,82

Tabel 2. Uji regresi pengaruh TM, Ash, dan total sulfur terhadap kalori.

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	R2
Intercept	6063,6149	183,056693	33,12425	2,45365E-26	-
TM	-55,499558	3,427331523	-16,1932	5,66318E-17	0,1171
Ash	-46,134615	2,752619592	-16,7603	2,1073E-17	0,0017
TS	-42,258561	21,86654976	-1,93257	0,062181835	0,0119
VM	13,750401	2,886665782	4,76342	3,94761E-05	0,8258
FC	52,346282	2,466914893	15,1258	0,001063323	0,6615

Berdasarkan grafik antara TM dan nilai kalori (**Gambar 3**), terlihat hubungan antara dua variabel ini memiliki koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,11$ yang bermakna TM memiliki pengaruh 11% terhadap nilai kalori, sedangkan 89% sisanya dikontrol oleh parameter lainnya. Hubungan kedua nilai tersebut, diperkuat dengan adanya hasil regresi pada **Tabel 2** yang menunjukkan bahwa TM memiliki

pengaruh negatif terhadap nilai kalori batubara. Nilai TM yang semakin besar pada suatu batubara menyebabkan nilai kalori batubara semakin rendah sehingga dapat mempengaruhi kualitas batubara. Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa TM memiliki dampak negatif terhadap nilai kalori (Yanti dkk., 2022).



Gambar 3. Grafik pengaruh *total moisture* terhadap nilai kalori.

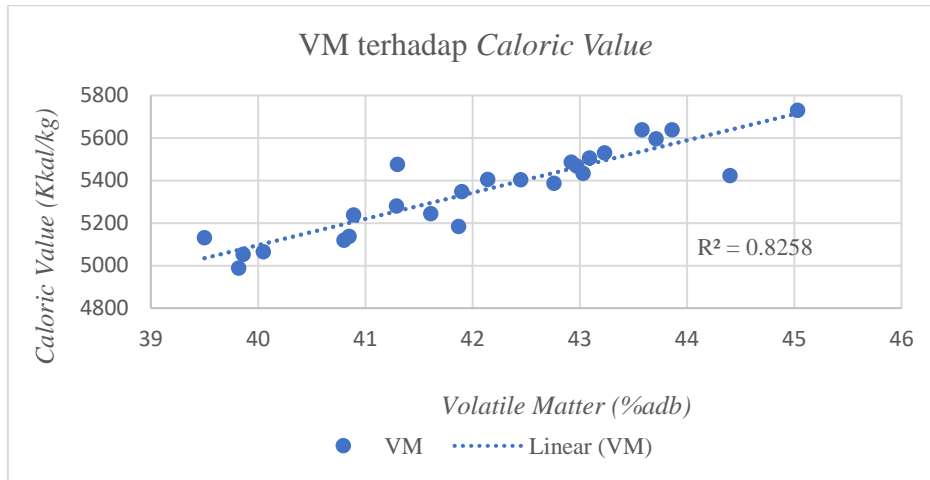
Pengaruh VM pada sampel batubara memiliki pengaruh positif terhadap nilai kalori (**Gambar 4**). Pada grafik tersebut terlihat bahwa ada hubungan linear (berbanding lurus) antara VM dengan nilai kalori, yang menunjukkan semakin besar nilai VM maka nilai kalori akan semakin

besar. Hubungan antara dua variabel ini memiliki koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,8258$, yang berarti VM memiliki pengaruh sebesar 82% terhadap nilai kalori. Pada batubara peringkat rendah hingga *high volatile bituminous*, kandungan VM memiliki

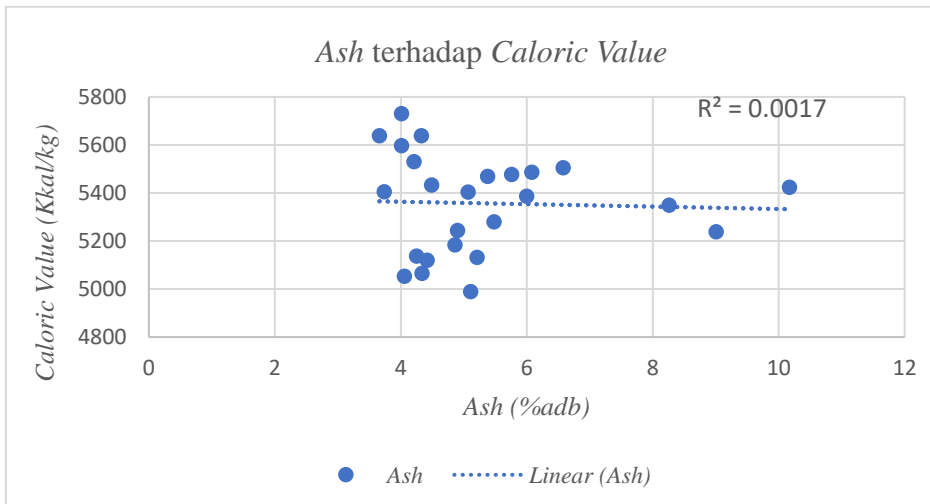
hubungan berbanding lurus dengan nilai kalori (Moore, 2012).

Pengaruh *ash* terhadap nilai kalori adalah berbanding terbalik. Semakin besar nilai *ash* maka nilai kalori akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya (Fadhili & Ansosry, 2019). Pengaruh *ash* pada sampel batubara daerah penelitian memiliki pengaruh negatif

terhadap nilai kalori (**Gambar 5**). Pada grafik tersebut cenderung terbentuk pola yang acak. Hubungan antara dua variabel ini memiliki koefisien determinasi yang sangat kecil yaitu sebesar $R^2 = 0,0017$. Berdasarkan nilai koefisien menunjukkan bahwa *ash* memiliki dampak negatif namun pengaruh terhadap nilai kalori sangat kecil.



Gambar 4. Grafik pengaruh *volatile matter* terhadap nilai kalori.



Gambar 5. Grafik pengaruh *ash content* terhadap nilai kalori.

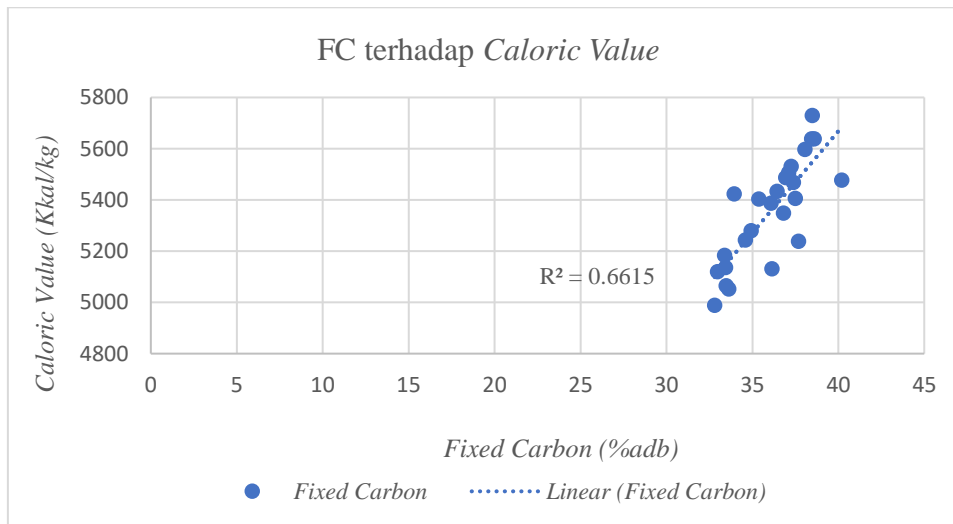
FC memiliki pengaruh positif terhadap nilai kalori (**Gambar 6**). Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa FC memiliki hubungan berbanding lurus terhadap nilai kalori. Semakin tinggi nilai FC maka nilai CV akan semakin meningkat. Hubungan antara dua variabel ini memiliki koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,66$ yang bermakna FC memiliki pengaruh 66% sedangkan 34% sisanya

dipengaruhi oleh parameter lainnya. Hubungan kedua nilai tersebut, diperkuat dengan adanya hasil regresi pada **Tabel 2** yang menunjukkan bahwa FC memiliki pengaruh positif dan cukup berpengaruh terhadap nilai kalori.

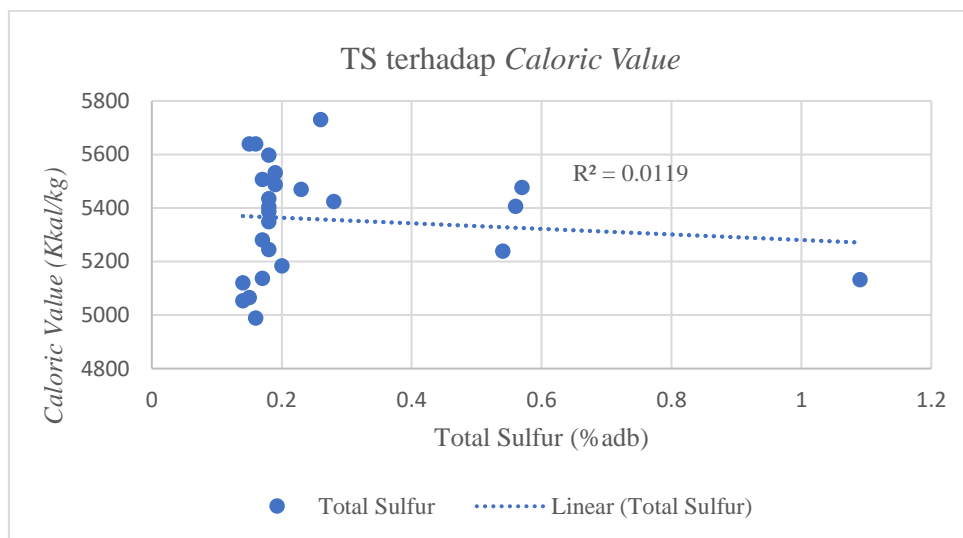
Gambar 7 menunjukkan hubungan antara TS terhadap nilai kalori. Pada grafik tersebut menunjukkan hubungan antara TS

dengan nilai kalori cenderung acak. Hubungan antara dua variabel ini memiliki koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,01$. Berdasarkan koefisien determinasi tersebut dapat disimpulkan bahwa TS hanya sedikit sekali memberikan pengaruh terhadap nilai kalori, yaitu sebesar 1,19%. Menurut Fadhili (2015), menjelaskan bahwa kandungan

sulfur yang tinggi dalam batubara akan berdampak negatif karena selain akan berakumulasi didalam cairan logam panas sehingga mempengaruhi nilai kalori batubara, sulfur dapat menyebabkan pembengkakan biaya perawatan karena bersifat korosif.



Gambar 6. Grafik pengaruh *fixed carbon* terhadap nilai kalori.



Gambar 6. Gambar Pengaruh total sulfur terhadap nilai kalori.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis proksimat, total sulfur, nilai kalori batubara dan uji regresi pada batubara daerah penelitian dapat disimpulkan bahwa:

a. Batubara pada daerah penelitian memiliki karakteristik, TM berkisar 40%,

Ash 5%, kadar VM 43%, kadar FC sebesar 37%, kadar TS sebesar 0,19 – 0,69 %, dan nilai kalori (CGV) rata-rata berkisar 5300 – 5440 kkal/kg.

b. Peringkat batubara pada daerah penelitian adalah *lignite A* dan *lignite B*.

c. *Total moisture*, *Ash* dan total sulfur memiliki dampak negatif terhadap nilai kalori batubara. *Fixed carbon* dan *volatile matter* berdampak positif terhadap nilai kalori batubara pada daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dalam memberikan dukungan terhadap penelitian ini khususnya terhadap PT. Banjarsari Pribumi yang sudah bersedia menyediakan data.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials (2002). *ASTM D3174-02 for Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal*. ASTM International, 100, 19428-2959.
- American Society for Testing and Materials (2007). *ASTM D3175-07 for Standard Method for Volatile Matter in The Analysis Sample of Char and Coke*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (2008). *ASTM D3173-03 for Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (2013). *ASTM D5865 for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Isoperibol Bomb Calorimeter*. United States of America: ASTM International.
- Amijaya, H., & Littke, R. (2005). Microfacies and Depositional Environment of Tertiary Tanjung Enim Low Rank Coal, South Sumatra Basin, Indonesia. *International Journal of Coal Geology*, 61(3-4), 197-221.
- Anggayana, K., & Widayat, A. H. (2007). Interpretasi Fasies/Lingkungan Pengendapan Batubara dan Variasi Sulfur Untuk Rekomendasi Strategi Eksplorasi. Kasus: Seam R, Daerah Lati, Sub-Cekungan Berau, Cekungan Tarakan. *Jurnal Geoaplika*, 2(1), 35-52.
- Fadhili, M. A., & Ansosry, A. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Nilai Total Moisture, Ash Content dan Total Sulphur Terhadap Nilai Kalori Batubara Bb-50 di Tambang Banko Barat Pt. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 4(3), 54-64.
- Koesoemadinata, R. P., Hardjono, D., & Sumadirdija, H. (1978). Tertiary Coal Basins of Indonesia. In *United Nations ESCAP, CCOP Tech. Bull* Vol. 12, pp. 43-86.
- Moore, T. A. (2012). Coalbed Methane: A Review. *International Journal of Coal Geology*, 101, 36-81.
- Muchjidin (2006). *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. Institut Teknologi Bandung, ISBN 979-3507-756.
- Sukandarrumidi (2006). *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gajah Mada Universitas Press. Yogyakarta.
- Septitrah (2016). Analisis Proximate Kualitas Batubara Hasil Tambang di Riau (Studi Kasus Logas, Selensen dan Pangkalan Lesung). Riau. *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*. Vol 4 No.1.
- Thomas, L. (2013). *Coal Geology Second Edition*, Chichester, UK: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Yadav, S., & Yadav, P. S. (2017). Analysis of Performance of Coal Fired Boiler in Thermal Power Plant. *Advance Physics Letter*, 4(1-2), 5-14.
- Yanti, N., Djayus, D., Suprianto, S. & Natalisanto, A.I. (2022). Pengaruh Inherent Moisture Terhadap Nilai Kandungan Kalori Pada Batubara Kaltim (Studi Kasus Data Im dan Data Kalori Tahun 2019 di PT. Geoservices Samarinda). *Geosains Kutai Basin*, 4(2).