

Analisis Proksimat dan Ultimat Terhadap Total Sulfur dan Nilai Kalori pada Batubara (PT Geoservices Samarinda)

¹*Delia Aurora Fajarwati, ²Piter Lepong, ²Wahidah

¹*Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman*

²*Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman*

**delia.aurorafjrwti@gmail.com*

Manuscript received: 21 Juni 2023; Received in revised form: 26 Agustus 2023; Accepted: 30 Agustus 2023

ABSTRACT

The price of coal in the market is largely determined by the caloric value. To find out what parameters affect the calorific value, it is necessary to do a correlation between the calorific value, inherent moisture, ash content and volatile matter contained in the coal where these contents are found in the proximate analysis and the carbon, nitrogen and hydrogen content in the ultimate analysis. In this study, apart from correlating the proximate data and ultimate data with calorific value, these two data were also correlated with total sulfur because sulfur greatly impacts the environment, so it is necessary to ensure that the amount is below the set threshold. The correlation used is Pearson Correlation. Determination of coal classification using standards Americans Society for Testing & Materials (ASTM). Correlation test results showed that total sulfur had a very strong correlation with inherent water content, volatile matter content, fixed carbon and hydrogen content. The calorific value correlates very strongly with the inherent water content, fixed carbon and nitrogen content. However, total sulfur and calorific value did not correlate with ash content. The coal classification of the five samples is included in the sub-bituminous class with a calorific value range of 10,500 Btu/lb - 8,300 Btu/lb.

Keywords: coal, calorific value, proximate, total sulfur, ultimate

ABSTRAK

Harga batu bara di pasaran sangat ditentukan oleh nilai kalori. Untuk mengetahui parameter apa saja yang mempengaruhi nilai kalori maka perlu dilakukan korelasi antara nilai kalori dengan kadar air, kadar abu dan zat terbang yang terkandung dalam batu bara di mana kandungan tersebut terdapat pada analisis proksimat dan kadar karbon, nitrogen dan hidrogen pada analisis ultimat. Pada penelitian ini, selain melakukan korelasi data proksimat dan data ultimat dengan nilai kalori, kedua data tersebut juga dikorelasikan dengan total sulfur karena sulfur sangat memberikan dampak terhadap lingkungan, sehingga perlu dipastikan jumlahnya di bawah ambang batas yang ditetapkan. Korelasi yang digunakan adalah Korelasi Pearson. Penentuan klasifikasi batu bara menggunakan standar *Americans Society for Testing & Materials* (ASTM). Hasil uji korelasi menunjukkan total sulfur berkorelasi sangat kuat dengan kandungan air bawaan, kandungan zat terbang, karbon tertambat dan kadar hidrogen. Nilai kalori berkorelasi sangat kuat dengan kandungan air bawaan, karbon tertambat dan kadar nitrogen. Akan tetapi total sulfur dan nilai kalori tidak berkorelasi dengan kadar abu.

Klasifikasi batu bara dari kelima sampel masuk ke dalam kelas sub bituminus dengan rentang nilai kalori $< 10.500 \text{ Btu/lb} - \geq 8.300 \text{ Btu/lb}$.

Kata kunci: Batu Bara, Nilai Kalori, Proksimat, Total Sulfur, Ultimat

1. PENDAHULUAN

Dalam eksplorasi batu bara, sasaran yang ingin dicapai adalah nilai ekonomis dari batu bara tersebut. Nilai ekonomis batu bara bergantung pada kualitasnya. Analisis yang dapat digunakan untuk pengujian kualitas batu bara adalah analisis proksimat. Analisis ini berbasis laboratorium yang bertujuan untuk menentukan banyaknya air yang terkandung pada batu bara yang dikenal dengan *inherent moisture* (IM). Selain itu dapat menentukan *ash content* (ASH), *volatile matter* (VM) dan *fixed carbon* (FC). Adapun analisis lain yang digunakan untuk menentukan kandungan karbon (C), nitrogen (N), hidrogen (H) pada batu bara biasa disebut analisis ultimat. Selain itu pengujian batu bara dapat dilakukan dengan analisis nilai kalori (*calorific value* atau CV) dan kandungan sulfur yang biasa disebut total sulfur (TS).

Harga batu bara di pasaran sangat ditentukan oleh nilai kalori [1]. Menurut Zahar (2021), hasil analisis baik dari analisis proksimat dan ultimat memiliki korelasi yang baik terhadap nilai kalori kecuali kadar air. Sementara itu, kadar hidrogen tidak memiliki korelasi terhadap batubara pada daerah penelitian tersebut. Pada penelitian ini, selain melakukan korelasi data proksimat dan data ultimat dengan nilai kalori, kedua data tersebut juga dikorelasikan dengan total sulfur. Analisis sulfur perlu dilakukan karena sulfur sangat memberikan dampak terhadap lingkungan dalam bentuk emisi SO_2 , sehingga perlu dipastikan jumlahnya di bawah ambang batas yang ditetapkan [2]. Batubara dengan kadar sulfur tinggi mempunyai nilai jual yang rendah [3].

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi total sulfur dan nilai kalori dengan data proksimat

dan data ultimat serta untuk mengetahui klasifikasi tiap sampel batubara.

2. MATERI DAN METODE

Batu bara

Batu bara terbentuk dari berbagai unsur yang utama ialah karbon, hydrogen, dan oksigen. Batu bara mulai terbentuk pada periode pembentukan karbon di mana sedimen dari tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*), gambut berubah menjadi batu bara muda (*lignite*) yang disebut juga sebagai batu bara cokelat (*brown coal*) [4].

Batu bara muda yang melewati suhu dan tekanan secara terus menerus selama jutaan tahun dengan meningkatnya kematangan organik secara bertahap akan berubah menjadi batu bara sub bituminus (*sub-bituminous*). Batu bara terus mengalami perubahan baik fisika maupun kimia hingga batu bara menjadi lebih keras dan berwarna lebih gelap, batu bara ini disebut bituminus (*bituminous*). Peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi pada kondisi yang tepat menghasilkan batu bara pada tingkatan antrasit (*anthracite*) [4].

Analisis Kualitas Batu bara

Penentuan kualitas batu bara dapat dicapai dengan mengetahui parameter kualitas batu bara. Karakteristik batu bara bervariasi tergantung dengan lingkungan pengendapan dan jenis tanamannya, sehingga batu bara memiliki tingkat variabilitas yang tinggi baik secara fisik maupun kimia. Akibat adanya variasi ini dilakukan parameterisasi kualitas batu bara untuk memudahkan penggunaannya. Kualitas batu bara dapat ditentukan dengan analisis batu bara di laboratorium, diantaranya adalah analisis proksimat dan analisis ultimat.

Analisis proksimat meliputi kandungan air bawaan (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), kandungan zat terbang (*volatile matter*), karbon tertambat (*fixed carbon*) dan nilai kalori (*calorific value*)[5].

Analisis ultimat meliputi kadar karbon (*carbon*), kadar nitrogen dan kadar hidrogen (*hydrogen*). Karbon, hidrogen dan oksigen adalah unsur utama yang membentuk batu bara, sedangkan belerang dan nitrogen hanya sebagai bahan lainnya. Hasil analisis ultimat biasanya dipakai untuk menentukan kualitas dan jenis lapisan batu bara sama penyelidikan cadangan batu bara, sehingga batu bara dapat dikelompokkan atas kelasnya atau untuk keperluan teknis lainnya[6].

Klasifikasi Batu bara

Untuk menentukan mutu/kelasnya dalam perdagangan dan untuk pedoman

dalam pemakaian/pemanfaatannya, maka batu bara perlu diklasifikasikan. Standar klasifikasi ini dikembangkan oleh *Americans Society For Testing & Materials (ASTM)* sejak tahun 1955. Pengklasifikasian dengan metode ini didasarkan pada analisa proksimat yakni kadar *fixed carbon*, *volatile matter* dan nilai kalori. Standar klasifikasi ini mengelompokkan batu bara ke dalam 5 kelompok utama yakni lignit, sub bituminus, bituminus, semi antrasit dan antrasit [7].

Untuk batu bara dengan kandungan *volatile matter* $\leq 31\%$, klasifikasi hanya didasarkan pada kandungan *fixed carbon* semata, tanpa memperhatikan nilai kalori. Sementara untuk batu bara dengan kandungan *volatile matter* $> 31\%$, klasifikasi hanya didasarkan pada nilai kalori semata tanpa memperhatikan kadar *fixed carbon*. Tabel klasifikasi batu bara menurut standar ASTM dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Batu bara Menurut Standar ASTM [10]

<i>Class</i>	<i>Group</i>	Batasan Hasil Analisa (mmf)	Sifat Fisik
<i>Anthracite</i>	<i>Meta Anthracite</i>	Dry FC $\geq 98\%$, dry VM $\leq 2\%$	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Anthracite</i>	<i>Anthracite</i>	Dry FC $< 98\%$ - $\geq 92\%$, dry VM $> 2\%$ - $\leq 8\%$	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Anthracite</i>	<i>Semi Anthracite</i>	Dry FC $< 92\%$ - $\geq 86\%$, dry VM $> 8\%$ - $\leq 14\%$	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Bituminous</i>	<i>Low Volatile</i>	Dry FC $< 86\%$ - $\geq 78\%$, dry VM $> 14\%$ - $\leq 22\%$	<i>Agglomerating commonly</i>
<i>Bituminous</i>	<i>Medium Volatile</i>	Dry FC $< 78\%$ - $\geq 69\%$, dry VM $> 22\%$ - $\leq 31\%$	<i>Agglomerating commonly</i>
<i>Bituminous</i>	<i>High Volatile A</i>	Dry FC $< 69\%$, dry VM $> 31\%$, NK ≥ 14.000 Btu	<i>Agglomerating commonly</i>
<i>Bituminous</i>	<i>High Volatile B</i>	NK < 14.000 - \geq 13.000 Btu	<i>Either Agglomerating or Non Agglomerating</i>

<i>Class</i>	<i>Group</i>	Batasan Hasil Analisa (mmf)	Sifat Fisik
<i>Bituminous</i>	<i>High Volatile C</i>	NK < 13.000 - ≥ 11.500 Btu	<i>Either Agglomerating or Non Agglomerating</i>
<i>Sub Bituminous</i>	<i>Subbituminus A</i>	NK < 11.500 - ≥ 10.500 Btu	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Sub Bituminous</i>	<i>Subbituminus B</i>	NK < 10.500 - ≥ 9.500 Btu	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Sub Bituminous</i>	<i>Subbituminus C</i>	NK < 9.500 - ≥ 8.300 Btu	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Lignitic</i>	<i>Lignit A</i>	NK < 8.300 Btu	<i>Non Agglomerating</i>
<i>Lignitic</i>	<i>Lignit B</i>	NK < 6.300 Btu	<i>Non Agglomerating</i>

Korelasi Pearson

Analisis korelasi merupakan metode statistika yang digunakan untuk memilih suatu besaran yang menyatakan bagaimana kuatnya hubungan suatu variabel dengan variabel lain dengan tidak mempersoalkan apakah suatu variabel tertentu tergantung kepada variabel lain [8].

Nilai koefisien korelasi berada antara 1 dan -1 ($-1 \leq r \leq 1$). Jika nilai koefisien korelasinya positif berarti kenaikan (penurunan) nilai variabel bebas pada umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan) nilai variabel terikat, sedangkan jika nilai koefisien korelasinya negatif berarti kenaikan (penurunan) nilai variabel bebas pada umumnya diikuti oleh penurunan (kenaikan) nilai variabel terikat. Adapun rumus perhitungan untuk menentukan koefisien korelasi r antara variabel tidak bebas Y terhadap variabel bebas X ditunjukkan pada persamaan (1) dengan n merupakan jumlah data [9].

$$r = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{[n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2]^{1/2} [n(\sum Y_i^2) - (\sum Y_i)^2]^{1/2}} \quad (1)$$

Keterangan:

- r = Koefisien korelasi pearson
- n = Jumlah data
- X = Nilai data variabel pertama
- Y = Nilai data variabel kedua

Kriteria dalam menganalisis korelasi linier antara dua variabel dapat ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Dalam Menganalisis Koefisien Korelasi Pearson

Koefisien	Kekuatan Hubungan
0	tidak ada korelasi
0 – 0,25	korelasi sangat lemah
0,25 – 0,5	korelasi cukup kuat
0,5 – 0,75	korelasi kuat
0,75 – 0,99	korelasi sangat kuat
1	korelasi sempurna

Metode

Data penelitian yang digunakan diperoleh dari PT. Geoservices Kalimantan Timur.

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Data proksimat (kandungan air bawaan (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), kandungan zat terbang (*volatile matter*), karbon tertambat (*fixed carbon*)).
2. Data ultimat (Data ultimat terdiri dari karbon (*carbon*), nitrogen, hidrogen (*hydrogen*)).

3. Nilai kalori (*calorific value* atau CV)
4. Kandungan sulfur atau total sulfur (TS)

Prosedur Penelitian

Ada 4 (empat) tahap yang harus dilakukan selama penelitian ini yaitu studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data dan interpretasi data. Adapun penjelasan dari keempat tahap penelitian tersebut adalah :

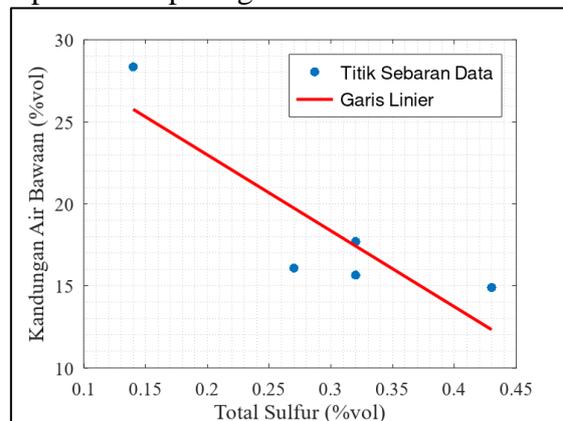
1. Studi literatur meliputi pengumpulan jurnal dan buku yang menunjang penulisan tugas akhir.
2. Pengumpulan data sekunder dari analisis proksimat, ultimat, analisis kandungan sulfur dan nilai kalori.
3. Pengolahan data meliputi pengkorelasian data dan pengklasifikasian tiap sampel.
4. Pengkorelasian data dibagi menjadi 5 bagian, yaitu:
 - a. Total sulfur dengan data proksimat
 - b. Total sulfur dengan data ultimat
 - c. Nilai kalori dengan data proksimat
 - d. Nilai kalori dengan data ultimat
 - e. Total sulfur dengan nilai kalori
5. Pengklasifikasian data menggunakan standar ASTM dimulai dari mengetahui kandungan zat terbang lebih dari atau kurang dari 31%, jika lebih dari 31% maka pengklasifikasian dilanjutkan dengan melihat nilai kalori. Jika kurang dari 31% maka dilihat dari kadar karbon tertambat seperti pada Tabel 1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis 5 sampel batu bara meliputi analisis proksimat dan analisis ultimat, di mana analisis proksimat terdiri dari *Inherent Moisture* (IM), *Ash Content* (Ash), *Volatile Matter* (VM), dan *Fixed Carbon* (FC). Sedangkan analisis ultimat terdiri dari *Carbon* (C), *Nitrogen* (N), dan *Hydrogen* (H). Adapun parameter lain yang dianalisis adalah Total Sulfur dan Nilai Kalori (*Calorific Value* atau CV). Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

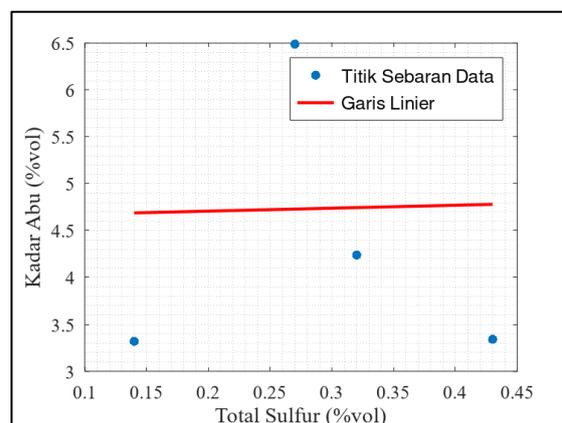
Hubungan Total Sulfur Dengan Data Proksimat

Hubungan total sulfur dengan data proksimat yang meliputi kandungan air bawaan (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), kandungan zat terbang (*volatile matter*), dan karbon tertambat (*fixed carbon*) dapat dilihat pada gambar berikut.



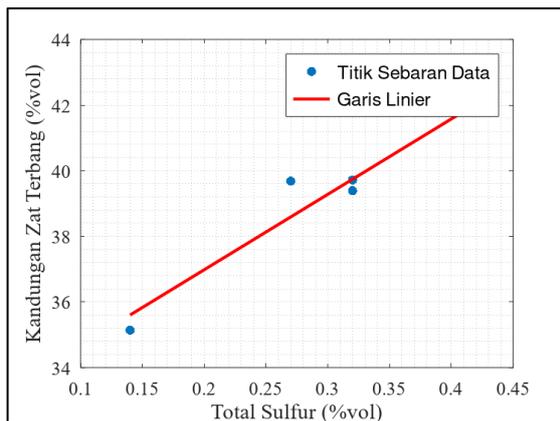
Gambar 1. Hubungan Total Sulfur dengan *Inherent Moisture*

Hubungan total sulfur dengan *inherent moisture* berbanding terbalik di mana nilai korelasi yang didapatkan adalah $-0,87$. Hal ini menyatakan bahwa hubungan total sulfur dan *inherent moisture* adalah negatif sangat kuat.



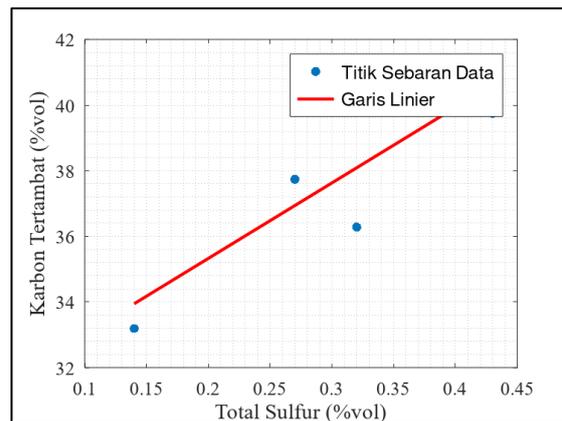
Gambar 2. Hubungan Total Sulfur dengan *Ash Content*

Nilai korelasi yang didapat dari hubungan antara total sulfur dengan kadar abu adalah $0,02$. Hal ini menyatakan bahwa tidak ada korelasi di antara keduanya.



Gambar 3. Hubungan Total Sulfur dengan *Volatile Matter*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan total sulfur dengan kandungan zat terbang adalah 0,96. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara total sulfur dengan kandungan zat terbang positif sangat kuat.



Gambar 4. Hubungan Total Sulfur dengan *Fixed Carbon*

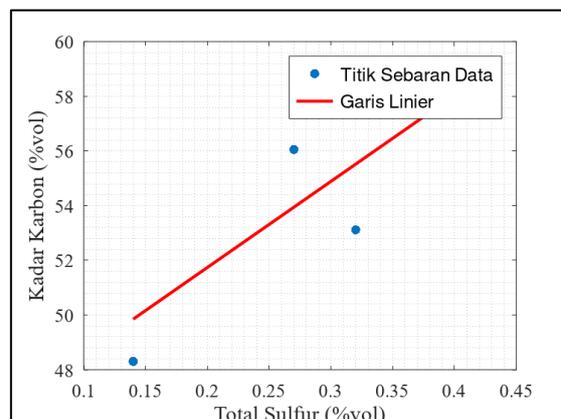
Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan total sulfur dengan karbon tertambat adalah 0,81. Hal ini menyatakan bahwa hubungan total sulfur dan karbon tertambat positif sangat kuat.

Tabel 3. Hasil Analisis Sampel Batubara

Analisis	Satuan	Basis	Kode Sampel					
			A1	B1	C1	D1	E1	
Proksimat	IM	% vol	adb	15,65	16,09	28,35	14,9	17,7
	Ash	% vol	adb	4,24	6,49	3,32	3,34	6,3
	VM	% vol	adb	39,39	39,68	35,14	42,01	39,72
	FC	% vol	adb	40,72	37,74	33,19	39,75	36,28
Ultimat	C	% vol	adb	58,92	56,05	48,30	57,41	53,11
	N	% vol	adb	1,29	1,15	0,75	1,04	0,73
	H	% vol	adb	5,74	5,76	6,27	5,61	5,57
CV	cal/g	adb	5773	5234	4629	5515	4983	
TS	% vol	adb	0,32	0,27	0,14	0,43	0,32	

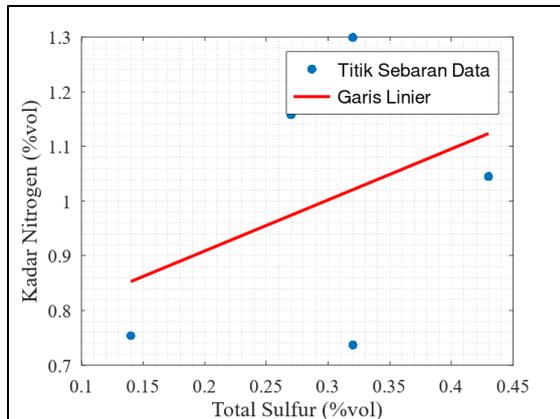
Hubungan Total Sulfur Dengan Data Ultimat

Hubungan total sulfur dengan data ultimat yang meliputi kadar karbon (*carbon*), kadar nitrogen dan kadar hidrogen (*hydrogen*) dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



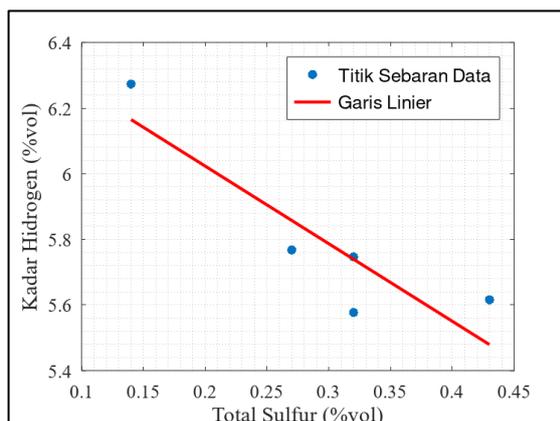
Gambar 5. Hubungan Total Sulfur dengan *Carbon*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan total sulfur dan kadar karbon adalah 0,78. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya positif sangat kuat.



Gambar 6. Hubungan Total Sulfur dengan Nitrogen

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan total sulfur dan kadar nitrogen adalah 0,39. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya positif cukup kuat.



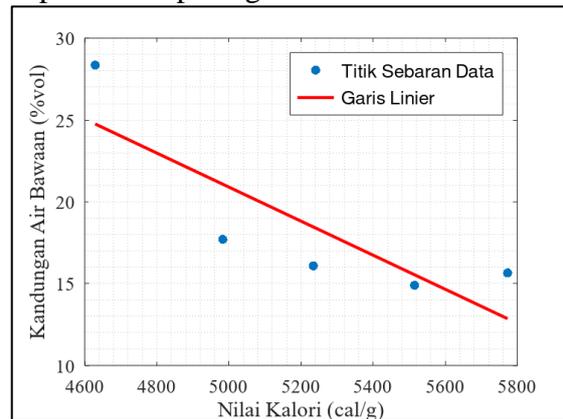
Gambar 7. Hubungan Total Sulfur dengan Hydrogen

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan total sulfur dan kadar hidrogen adalah -0,88. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya sangat kuat namun berbanding terbalik.

Hubungan Nilai Kalori Dengan Data Proksimat

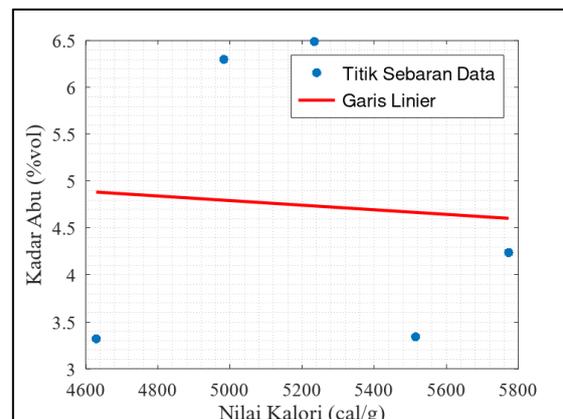
Hubungan nilai kalori dengan data proksimat yang meliputi kandungan air bawaan (*inherent moisture*), kadar abu (*ash*

content), kandungan zat terbang (*volatile matter*), dan karbon tertambat (*fixed carbon*) dapat dilihat pada gambar berikut



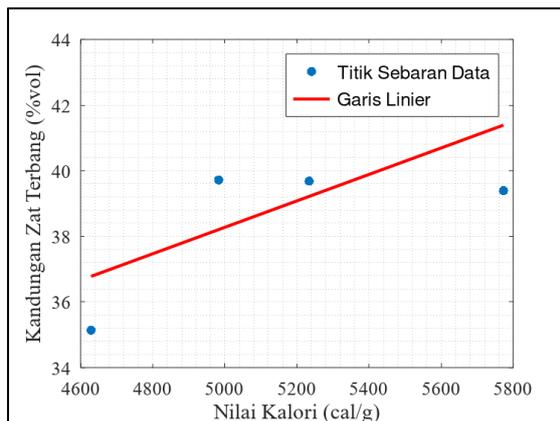
Gambar 8. Hubungan *Calorific value* dengan *Inherent Moisture*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan kadar air bawaan adalah -0,83. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya sangat kuat namun berbanding terbalik.



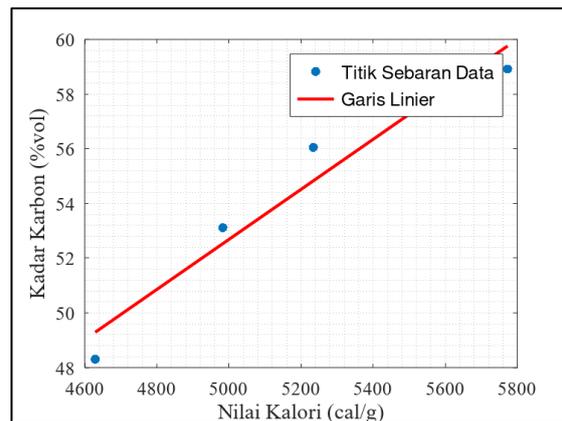
Gambar 9. Hubungan *Calorific value* dengan *Ash Content*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan kadar abu adalah -0,07. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya tidak ada korelasi dan berbanding terbalik.



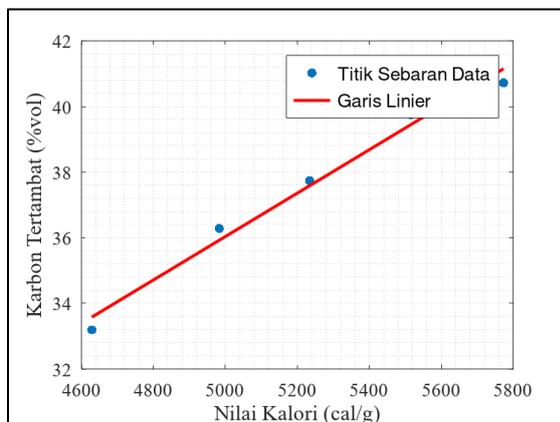
Gambar 10. Hubungan *Calorific value* dengan *Volatile Matter*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan kandungan zat terbang adalah 0,72. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya positif kuat.



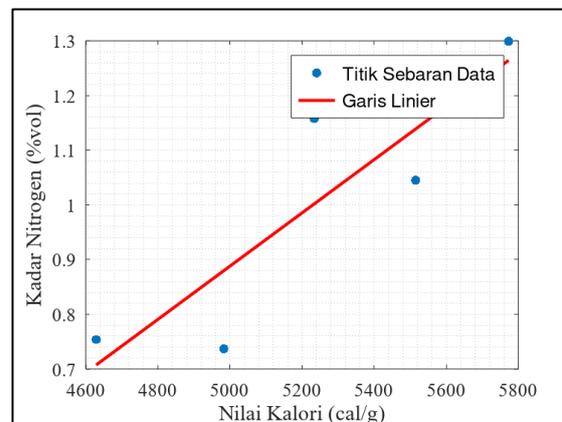
Gambar 12. Hubungan *Calorific value* dengan *Carbon*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan kadar karbon adalah 0,97. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya positif sangat kuat hampir mendekati sempurna.



Gambar 11. Hubungan *Calorific value* dengan *Fixed Carbon*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan karbon tertambat adalah 0,99. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya positif sangat kuat hampir mendekati sempurna.

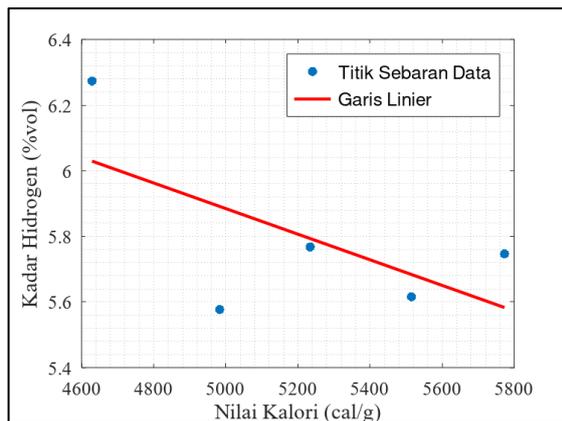


Gambar 13. Hubungan *Calorific value* dengan *Nitrogen*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan kadar nitrogen adalah 0,87. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya positif sangat kuat.

Hubungan Nilai Kalori Dengan Data Ultimat

Hubungan nilai kalori dengan data ultimat yang meliputi kadar karbon (*carbon*), kadar nitrogen dan kadar hidrogen (*hydrogen*) dapat dilihat pada gambar berikut.

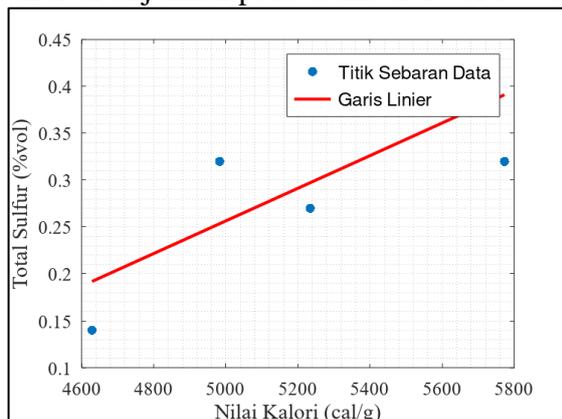


Gambar 14. Hubungan *Calorific Value* dengan *Hydrogen*

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dan kadar nitrogen adalah $-0,62$. Hal ini menyatakan bahwa hubungan antara keduanya kuat namun berbanding terbalik.

Hubungan Nilai Kalori Dengan Total Sulfur

Adapun hubungan nilai kalori dengan total sulfur ditunjukkan pada Gambar 15 di bawah



Gambar 15. Hubungan *Calorific Value* dengan Total Sulfur

Nilai korelasi yang didapatkan dari hubungan nilai kalori dengan total sulfur sebesar $0,74$. Nilai tersebut menyatakan hubungan di antara keduanya bernilai positif dengan korelasi kuat.

Klasifikasi Batubara

Menurut *Americans Society For Testing & Materials*, pengklasifikasian dengan metode ini didasarkan pada analisa proksimat yakni kadar *fixed carbon*, *volatile matter* dan *calorific value*. Dapat dilihat pada tabel 4.

Pembahasan

Korelasi pearson digunakan untuk mengetahui korelasi di antara dua variabel. Korelasi pearson menghitung korelasi dengan menggunakan variasi data. Keragaman data tersebut dapat menunjukkan korelasinya. Korelasi ini menghitung data apa adanya, tidak membuat ranking atas data yang digunakan seperti pada korelasi *Rank Spearman*.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa dari 7 parameter yang diuji, parameter yang berpengaruh terhadap total sulfur adalah berturut-turut dari sangat kuat adalah kandungan zat terbang, kadar hidrogen, kandungan air bawaan, karbon tertambat, kadar karbon dan kadar nitrogen. Semakin tinggi nilai total sulfur maka semakin tinggi pula nilai kandungan zat terbang, karbon tertambat, kadar karbon, dan kadar nitrogennya. Sedangkan parameter lainnya berpengaruh namun berbanding terbalik di mana semakin tinggi nilai total sulfur maka semakin rendah nilai kandungan air bawaan, dan hidrogennya.

Tabel 4. Klasifikasi Tiap Sampel Batubara

Ket.	Satuan	Kode Sampel				
		A1	B1	C1	D1	E1
VM	% vol	39,39	39,68	35,14	42,01	39,72
CV	cal/g	5773	5234	4629	5515	4983
	Btu/lb	10391.39	9421.19	8332.19	9926.99	8969.39
Class	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub	Sub
	Bituminous Sub					
Group	Bituminous B	Bituminous C	Bituminous C	Bituminous B	Bituminous C	

Parameter yang berpengaruh pada nilai kalori adalah secara berturut-turut dari sangat kuat hingga kuat adalah karbon tertambat, kadar karbon, kadar nitrogen, kandungan air bawaan, kandungan zat terbang, dan kandungan hidrogen. Akan tetapi pada kandungan air bawaan dan kadar hidrogen berpengaruh secara terbalik yaitu semakin tinggi nilai kalori yang ada pada batu bara maka semakin rendah nilai kandungan air bawaan dan kadar hidrogen yang ada. Dari kedua variabel bebas di atas (total sulfur dan nilai kalori) dapat disimpulkan bahwa kadar abu tidak mempunyai korelasi sama sekali di antara keduanya.

Dalam pengklasifikasian batu bara, nilai kalori dinyatakan dalam satuan Btu/lb, di mana 1 cal/g sama dengan 1,7988 cal/g. Oleh karena itu, perlu dilakukan konversi dari satuan cal/g ke satuan Btu/lb. Batubara dengan kandungan zat terbang $\leq 31\%$, pengklasifikasiannya hanya didasarkan pada kandungan karbon tertambat semata, tanpa memperhatikan nilai kalori. Sedangkan batu bara dengan kandungan volatile matter $> 31\%$, klasifikasi hanya didasarkan pada nilai kalori semata tanpa memperhatikan kadar karbon tertambat.

Kelima sampel yang diuji memiliki kandungan zat terbang lebih dari 31% maka dari itu pengklasifikasiannya dilakukan pada nilai kalori.

Pada kelima sampel yang diuji menunjukkan bahwa semakin tinggi peringkat batu bara, semakin tinggi kandungan karbon, kadar nitrogen dan total sulfur dan pada saat yang sama kandungan air, kadar abu, kandungan zat terbang dan kadar hidrogen semakin rendah. Kelima sampel tersebut keseluruhannya masuk ke dalam klasifikasi sub bituminus di mana klasifikasi tersebut terletak pada peringkat ketiga dari kualitas batu bara. Hal ini mengakibatkan hasil yang didapatkan tidak dapat dijadikan acuan tinggi rendahnya suatu

parameter terhadap kualitas batu bara kecuali nilai kalori itu sendiri.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa korelasi antara total sulfur dengan data proksimat menunjukkan bahwa total sulfur berkorelasi negatif sangat kuat dengan kandungan air bawaan, berkorelasi positif sangat kuat dengan kandungan zat terbang dan karbon tertambat, tetapi tidak ada korelasi dengan kadar abu.

Korelasi antara total sulfur dengan data ultimat menunjukkan bahwa total sulfur berkorelasi positif sangat kuat dengan kadar karbon dan positif cukup kuat dengan kadar nitrogen, tetapi berkorelasi negatif sangat kuat dengan kadar hidrogen.

Korelasi antara nilai kalori dengan data proksimat menunjukkan bahwa nilai kalori berkorelasi negatif sangat kuat dengan kandungan air bawaan, berkorelasi positif sangat kuat dengan karbon tertambat, berkorelasi positif kuat dengan kandungan zat terbang, tetapi tidak menunjukkan korelasi dengan kadar abu.

Korelasi antara nilai kalori dengan data ultimat menunjukkan bahwa nilai kalori berkorelasi positif sangat kuat dengan kadar karbon dan kadar nitrogen dan berkorelasi negatif kuat dengan kadar hidrogen.

Korelasi antara total sulfur dengan nilai kalori menunjukkan korelasi positif sangat kuat. Sementara itu, klasifikasi batu bara dari kelima sampel masuk ke dalam kelas sub bituminous dengan rentang nilai kalori $< 10.500 \text{ Btu/lb} - \geq 8.300 \text{ Btu/lb}$.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada berbagai pihak, diantaranya: PT. Geoservices yang telah mengakomodasi penelitian, Bapak Dr. Supriyanto, M.T dan Ibu Rahmiati, S.Si, M.Si serta seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zahar, W. (2021). Parameter Correlation of Proximate Analysis and Ultimate Analysis of the Calorific Value of Coal. *Jurnal Pertambangan Dan Lingkungan*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.31764/jpl.v2i1.4715>
- [2] American Society for Testing and Material. Annual Book Of ASTM D5865. "Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke." Philadelphia. 1995.
- [3] Agung, N. M., Nugroho, W., & Hasan, H. (2019). Hubungan Kandungan Total Sulphur Terhadap Gross Calorific Value Pada Batu bara PT. Carsurin Samarinda. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 7(1), 1–8.
- [4] Susilawati, 1992. Proses Pembentukan Batu bara, Analisa Penelitian dan Pengembangan Geologi. Institut Teknologi Bandung
- [5] Arif, Irwandy. (2014). Batu bara Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [6] Kurniawan, I., Aryansyah, & Huda, A. (2020). Analisis Kualitas Batu bara sebagai Penentu Faktor Swabakar. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–10.
- [7] Pasyimi, P. (2008). *Batu bara (jilid 1)* (Nomor October). BUNG HATTA UNIVERSITY PRESS.
- [8] Sekaran, Uma dan Bougie, R., 2010, Research Methods for Business: A Skill Building Approach, John Wiley and sons, inc. : London.
- [9] Gaspersz, Vincent. (1995.). Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan. Bandung : Tarsito
- [10] Hilmi, A., Ulfa, A. M., & Sulaimansyah. (2021). Analisis Proksimat , Kandungan Sulfur dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas

Batu bara. *Indonesian Journal of Engineering*, 1(2), 85–94.