

Korelasi Parameter Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat terhadap Nilai Kalori Batubara

Ayu Aulia¹, Faizar Farid², Wahyudi Zahar^{1,*}

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Jambi, Indonesia

² Program Studi Kimia, Universitas Jambi, Indonesia

* Corresponding author: wahyudizahar@unja.ac.id

Received: May 21, 2021; Accepted: Jun 16, 2021.

DOI: 10.31764/jpl.v2i1.4715

Abstrak. Provinsi Jambi merupakan suatu daerah yang memiliki potensi batubara melimpah, hal ini dikarenakan lokasinya yang berada di Sub-cekungan Jambi bagian dari Cekungan Sumatera Selatan. Sebagai salah satu perusahaan penambangan batubara yang ada di Provinsi Jambi, PT Kamalindo Sompurna melakukan penambangan dengan tujuan untuk dipasarkan dan langsung dijual kepada konsumen yang telah ditetapkan. Apabila batubara dilakukan pengujian terhadap sifat kimia berupa analisis proksimat dan ultimat secara berkelanjutan serta dikorelasikan dengan nilai kalorinya maka perusahaan dapat memasarkan maupun memanfaatkan batubara secara langsung atau tidak langsung. Sampel batubara diambil dengan metode channel sampling dalam satu seam yang sama, jumlah sampel yang didapat adalah 48 sampel tiap interval 5 cm. Sampel tersebut kemudian dikurangi jumlahnya menjadi 5 sampel dengan metode komposit berdasarkan interval tertentu. Nilai kalori batubara di daerah penelitian berkisar antara 4300 – 5300 cal/gr, nilai kalori tersebut dikorelasikan dengan hasil analisis proksimat dan ultimat menggunakan statistika regresi linear sederhana. Hasil yang didapat antara 9 parameter analisis berdasarkan korelasi tersebut menunjukkan bahwa kadar zat terbang, abu, kadar karbon dan kadar oksigen memiliki korelasi yang kuat ditunjukkan dengan nilai korelasi secara berurutan adalah 0,98; -0,93; 0,88; -0,89. Setelah dilakukan kajian berdasarkan parameter dan nilai korelasi tersebut, peneliti dapat memberikan referensi terkait penggunaan batubara dalam pengolahan dan pemanfaatannya sebagai bahan bakar, baik pada industri pembangkit listrik maupun pengolahan bahan baku semen dan lain sebagainya.

Kata Kunci: *analisis proksimat, analisis ultimat, nilai kalori, pemanfaatan.*

Abstract. Jambi province is an area that has abundant coal reserves, this is due to location in the Jambi sub-basin part of South Sumatra Basin. As one of the coal mining companies in Jambi province, PT Kamalindo Sompurna is mining with the aim to be marketed and sold directly to consumers who have been assigned. When coal carried out tests on chemical properties form the proximate and ultimate analysis on an ongoing basis and correlated with the calorific value of the company to market and utilize coal directly or indirectly. Coal samples were taken by channel sampling method in the same seam, the number of samples obtained was 48 samples of each interval is 5 cm. Then, the samples was reduced to 5 samples by the composite method based on certain intervals. Calorific value coal in research area ranges between 4300-5300 cal/gr, the calorific value correlated with the results of the proximate and ultimate analysis using simple linear regression statistics. The results obtained between 9 parameters based on correlation analysis shows that the levels of volatile matter, ash, carbon content and oxygen content have shown a strong correlation with the correlation values are respectively 0.98; -0.93; 0.88; -0.893. After the assessment is based on the parameters and the correlation value can provide references related to use of coal in the processing and utilization directly its utilization as fuel, both in the power generation industry and the processing of cement raw materials and others.

Keywords: *proximate analysis, ultimate analysis, calorific value, coal utilization.*

1. Pendahuluan

Provinsi Jambi merupakan suatu daerah yang memiliki potensi batubara melimpah, hal ini dikarenakan lokasinya yang berada di Sub-cekungan Jambi bagian dari Cekungan Sumatera Selatan dan termasuk pada Formasi Muara Enim. Diketahui dari peneliti sebelumnya, bahwa batubara pada Formasi Muara Enim termasuk kedalam *lignite - high volatile bituminous* (Amijaya dan Littke,

2006). Formasi Muara Enim memiliki litologi berupa batupasir dengan perselingan batupasir tufan dan batu lempung dengan sisipan batubara (Peta Geologi Lembar Sarolangun, Sumatera, 1992).

Salah satu perusahaan penambangan batubara yang ada di Provinsi Jambi, lebih tepatnya di Kabupaten Sarolangun yaitu PT Kamalindo Sompurna melakukan penambangan dengan tujuan untuk dipasarkan dan langsung dijual kepada konsumen yang telah ditetapkan. Apabila batubara dianalisis secara berkelanjutan untuk mengetahui kualitasnya melalui pengujian parameter-parameter batubara, maka perusahaan tidak hanya dapat memasarkan maupun memanfaatkan batubara ke industri pembangkit listrik seperti yang dilakukan oleh perusahaan saat ini. Selain itu, nilai kalori sebagai acuan dalam pemasaran batubara perlu dijadikan suatu parameter tetap untuk dikorelasikan dengan parameter-parameter hasil analisis batubara tersebut.

Untuk mendapatkan korelasi nilai kalori dengan parameter hasil analisis, perlu dilakukan pengujian terhadap batubara melalui analisis proksimat dan ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), kadar abu (*ash*), serta karbon padat (*fixed carbon*) dan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, sulfur (Irwandy Arif, 2014). Umumnya batubara digunakan berdasarkan nilai kalorinya, abu dan zat terbang sehingga harga batubara dipasarkan sangat ditentukan oleh nilai kalori tersebut. Diharapkan berdasarkan pengujian batubara, dapat diketahui keterkaitan nilai kalori dengan parameter-parameter tersebut.

1.1. Geologi Regional

Cekungan Jambi terletak di Provinsi Jambi, bagian Timur dari pulau Sumatra. Cekungan Jambi merupakan Sub Cekungan dari Cekungan Sumatra Selatan, pada bagian Selatan berbatasan dengan Cekungan Palembang Utara, di Barat Daya berbatasan dengan Cekungan Palembang Tengah, bagian Utara berbatasan dengan Cekungan Sumatra Tengah dan pada bagian Timur berbatasan dengan Selat Kalimantan. Secara Geografis Sub-Cekungan Jambi dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh di sebelah Utara, Pegunungan Duabelas dan Tinggian Tamiang di bagian Selatan, Paparan Sunda di sebelah Timur, dan Bukit Barisan di sebelah Barat. Sub-Cekungan ini berbentuk hampir segi empat memanjang (*sub-rectangular*) yang berarah Barat-laut-Tenggara.

Fase pengendapan yang menyebabkan terdapatnya endapan batubara pada Sub-Cekungan Jambi yaitu fase regresi. Berikut ini beberapa formasi yang dihasilkan dari fase regresi:

1. Formasi Air Benakat

Satuan batuan berupa serpih gamping yang kaya akan foraminifera di bagian bawahnya, makin ke atas dijumpai batupasir yang mengalami glaukonitisasi. Pada puncak satuan ini kandungan pasirnya meningkat, kadang-kadang dijumpai sisipan tipis batubara atau sisa-sisa tumbuhan. Formasi ini diendapkan pada lingkungan neritik dan berangsur-angsur menjadi laut dangkal dan prodelta. Diendapkan selaras di atas Formasi Gumai pada Miosen Tengah – Miosen Akhir, dengan ketebalan kurang lebih 600 meter.

2. Formasi Muara Enim

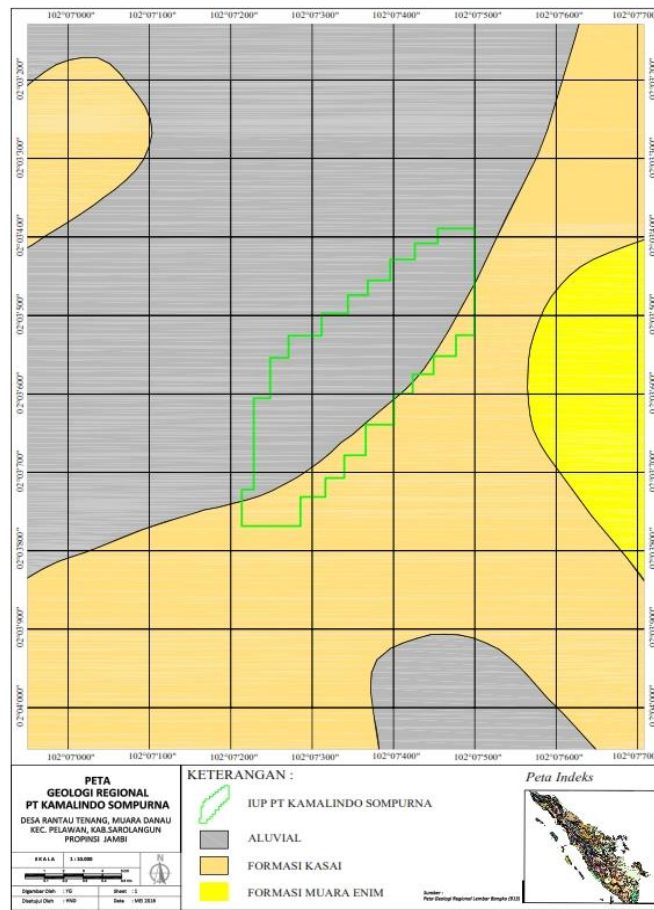
Terletak selaras di atas Formasi Air Benakat, litologinya terdiri dari batupasir, batulanau, batulempung, dan batubara. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah paparan *delta – lagoon*. Ketebalannya bervariasi antara 200 – 800 meter, berumur Miosen Akhir – Pliosen. Formasi Muara Enim mewakili tahap akhir dari fase regresi tersier. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Air Benakat pada lingkungan laut dangkal, dataran *delta* dan *non marin*. Batupasir pada formasi ini dapat mengandung glaukonit dan debris vulkanik. Pada formasi ini terdapat oksida besi berupa konkresi-konkresi dan *silicified wood*. Sedangkan batubara yang terdapat pada formasi ini umumnya berupa lignit.

3. Formasi Kasai

Litologi formasi ini terdiri dari *interbedded* tuffa, batupasir tuffaan, batulanau tuffaan, batulempung tuffaan, banyak dijumpai sisa tumbuhan dan lapisan tipis lignit serta kayu yang terkonservasi. Fasies pengendapannya adalah *fluvial* dan *alluvial fan* diendapkan pada lingkungan Fluvial, selaras di atas Formasi Muara Enim. Ketebalan Formasi ini antara 500 – 1000 meter dan berumur Miosen Atas – Pliosen.

1.2. Geologi Lokal Perusahaan

PT Kamalindo Sompurna sebagai salah satu perusahaan dalam negeri yang melakukan usaha dibidang pertambangan batubara seluas 617 hektar di Kecamatan Pelawan, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Terletak pada Cekungan Sumatera Selatan yang memiliki fisiografi dataran-perbukitan dengan kelerengan 8-25 % dan ketinggian berkisar antara 75-125 meter di atas permukaan laut. Menurut Ginger dan Fielding (2005) morfologi berelief datar-sedang (15-20%) dengan luas hampir 65% dari seluruh wilayah menempati urutan pertama dengan bahan utamanya disusun oleh batu lempung, batu pasir, batu pasir tufaan dengan sisipan batubara yang sebagian besar merupakan batuan Formasi Muara Enim. Gambar 1 merupakan peta IUP perusahaan yang di Overlay dengan peta geologi regional.



Gambar 1. Peta Geologi Regional di sekitar lokasi penelitian

2. Metode Penelitian

Jenis dari penelitian ini yaitu penelitian gabungan kualitatif dan kuantitatif, data yang diperoleh baik primer maupun sekunder akan diolah dalam bentuk statistik regresi linear dan dikorelasikan antara satu dan yang lainnya. Dalam memilih *seam* yang tepat untuk pengambilan sampel didasarkan pada rekomendasi dari pihak perusahaan dan beberapa pertimbangan, *seam* B dipilih sebagai tempat pengambilan sampel karena merupakan *seam* batubara yang sedang di produksi. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel berupa metode *channel sampling* dimana sebelum dilakukan pengambilan sampel, diukur terlebih dahulu kedalaman dan ketebalan lapisan batubara pada *seam* B menggunakan meteran seperti pada gambar 2.

Sampel diambil pada *seam* yang dianggap representatif sebagai bahan yang digunakan dalam analisis batubara. Ketebalan *seam* akan didata terlebih dahulu sehingga sampel diambil dengan interval jarak tertentu sesuai dengan ketebalan *seam*. Posisi sampel diambil dari *roof* berjarak 20 cm dan *floor* berjarak 20 cm dengan ketebalan *seam* B adalah 280 m sehingga total ketebalan sampel

adalah 240 cm. Setelah sampel diambil secara langsung di lapangan, sampel tersebut dikirim untuk dilakukan analisis berupa analisis proksimat dan ultimat yang dilaksanakan di Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) dengan menggunakan basis data berupa Air Dried Basis (ADB).

2.1. Analisis Kualitas Batubara

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Kualitas batubara ditentukan oleh maseral dan *mineral matter* penyusunnya, serta oleh derajat *coalification* (*rank*). Kualitas batubara diperlukan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang (selain dilihat dari besarnya cadangan batubara di daerah penelitian).

Analisa Proksimat

Berdasarkan *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D7582-15 *Standard test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*, parameter analisis proksimat yang dilakukan meliputi:

- a. Analisis Kadar Air Lembab (*Moisture*), penentuan kadar ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terdapat dalam batubara.
- b. Analisis Kadar Abu (*Ash*), abu merupakan kandungan residu *noncombustible* yang umumnya terdiri dari senyawa-senyawa silika oksida (SiO_2), kalsium oksida (CaO), karbonat, dan mineral-mineral lainnya.
- c. Analisis Kadar Zat Terbang (*Volatile Matter*), merupakan kandungan batubara yang terbebaskan pada temperatur tinggi tanpa keberadaan oksigen (misalnya C_xH_y , H_2 , dan SO_x).
- d. Analisis proksimat lain seperti analisis karbon padat didapatkan berdasarkan perhitungan.

Hasil analisis proksimat terdiri dari beberapa parameter antara lain kadar air, kadar zat terbang, kadar abu dan karbon tertambat. Standar yang digunakan untuk analisis ini yaitu ASTM D7582-15 *Standard test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*. Metode ini berbeda dengan metode yang dilakukan secara manual, karena metode ini menggunakan alat TGA 601. Standar ini menggunakan alat dan bahan berupa batubara yang akan dianalisis dengan ukuran 212 μm , neraca analitik, alat TGA 601, gas oksigen, gas nitrogen, dan udara tekan. Prinsip dari analisis proksimat secara gravimetri yaitu pengukuran berdasarkan perbedaan berat setelah dilakukan pemanasan. Pemanasan untuk analisis kadar air dilakukan pada temperatur 105°C – 110°C , sedangkan untuk zat terbang pada temperatur 950°C dan untuk kadar abu adalah 750°C .

Analisa Ultimat

Berdasarkan *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D5373-16 *Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke*, parameter analisis ultimat yang dilakukan meliputi:

- a. Nilai karbon, karbon yang terdapat dalam batubara bertambah sesuai dengan peningkatan derajat batubaranya. Karbon bertambah sesuai dengan naiknya derajat batubara kira-kira 60-100%.
- b. Nilai hidrogen, hidrogen yang terdapat dalam batubara berupa kombinasi alifatik dan aromatik dan berangsur habis akibat evolusi metana.
- c. Nilai oksigen, oksigen yang terdapat dalam batubara berupa ikatan atau kelompok hidroksil, metoksil dan karbonit, merupakan oksigen yang tidak reaktif.
- d. Nilai nitrogen, nitrogen yang terdapat dalam batubara berupa senyawa organik. Nitrogen terbentuk hampir seluruhnya dari protein bahan tanaman asalnya. Jumlahnya sekitar 0,5% sampai 3,0%. Batubara berbitumin biasanya mengandung lebih banyak nitrogen daripada lignit dan antrasit.
- e. Nilai sulfur, sulfur dalam batubara umumnya terdapat hanya dalam jumlah kecil dan kemungkinan berasal dari protein tanaman pembentuk dan diperkaya oleh bakteri sulfur.

Hasil analisis ultimat terdiri dari beberapa parameter antara lain kadar karbon kadar hidrogen, kadar nitrogen, kadar oksigen dan total sulfur. Standar yang digunakan untuk analisis ini yaitu ASTM D5373-16 *Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis*

Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke. Untuk penentuan karbon dan hidrogen dalam batubara yang mempunyai rank rendah digunakan cara *Liebig*, karena batubara yang banyak mengandung zat terbang tinggi dapat meledak bila dipanaskan sampai suhu tinggi. Namun, penetapan kadar karbon dan hidrogen sesuai metode ASTM D5373-16 adalah dengan menggunakan Teknik Infra Red (IR).



Gambar 2. Pengukuran kedalaman sampel pada *seam* batubara

Standar yang digunakan untuk analisis nilai kalori yaitu ASTM D5865-13 *Standard Test Method For Gross Calorific Value Of Coal And Coke*. *Gross calorific value* adalah nilai kalori total, dan nilai ini adalah nilai yang diperoleh dari hasil analisis sedangkan *net calorific value* adalah nilai panas yang dikonversikan secara matematis dari *gross calorific value* dengan menerapkan faktor-faktor koreksi yang didasarkan pada kandungan hidrogen, oksigen dan kadar air. Alat bom kalorimeter digunakan untuk menentukan nilai kalor dari reaksi-reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran yang terjadi dalam bom akan menghasilkan kalor dan diserap oleh air dan bom, oleh karena itu tidak ada kalor yang akan terbangun ke lingkungan. Pemilihan metode tersebut karena lebih cepat, tepat, dan efisien dalam menentukan nilai kalori batu bara sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama.

Setelah semua data yang diperlukan telah terkumpul, maka selanjutnya data diolah menggunakan *personal computer* (PC) terkhusus pada software *Microsoft Excel* untuk mendapatkan hasil korelasi dari parameter – parameter yang didapatkan. Statistik regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi (r) antar variabel, dalam analisis ini digunakan standar nilai r adalah 0,5 (Sudjana, 1992). Besarnya nilai r menentukan apakah suatu variabel berhubungan atau tidak. Secara umum jika nilai $r > 0,5$ maka kedua variabel tersebut mempunyai suatu hubungan, sedangkan nilai $r < 0,5$ dikatakan bahwa kedua variabel itu tidak memiliki hubungan atau lemah. Hubungan positif (+) atau negatif (-) pada nilai r perlu diperhatikan, jika nilai r memiliki hubungan positif (+) merupakan hubungan berbanding lurus, sedangkan jika nilai r negatif (-) maka hubungannya berbanding terbalik.

Tabel 1. Sampel Komposit

No	Interval Sampel (cm)	Kode Sampel Komposit
1.	0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35; 35-40; 40-45	CC1
2.	45-50; 50-55; 55-60; 60-65; 65-70; 70-75; 75-80; 80-85; 85-90	CC2
3.	90-95; 95-100; 100-105; 105-110; 110-115; 115-120; 120-125; 125-130; 130-135; 135-140	CC3
4.	140-145; 145-150; 150-155; 155-160; 160-165; 165-170; 170-175; 175-180; 180-185; 185-190	CC4
5.	190-195; 195-200; 200-205; 205-210; 210-215; 215-220; 220-225; 225-230; 230-235; 235-240	CC5

3. Hasil dan Pembahasan

Diketahui bahwa kemiringan sudut lapisan batubara pada *seam* B yaitu 62^0 dengan ketebalan 2,8 m, apabila sampel diambil dengan cara *channel sampling* berinterval tiap 5 cm maka total banyaknya sampel batubara yang diambil adalah 48 sampel. Sebelum dikirim ke Laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) Bandung, sampel tersebut dikomposisikan sesuai dengan urutan interval sehingga didapatkan 5 sampel komposit.

Sampel yang dikomposisikan tersebut kemudian dilakukan preparasi manual agar sampel tercampur merata tanpa membedakan urutan interval ketebalan sehingga apabila dianalisis, hasil yang didapat adalah hasil yang relevan dengan keseluruhan sampel. Sampel dipreparasi sampai seukuran dengan butir pasir kasar (*coarse sand*) 0,5 – 1 mm / 18 – 35 mesh walaupun tidak begitu halus, sampel akan dipreparasi kembali di laboratorium PSDMBP Bandung, hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Hasil pada tabel diatas disajikan dalam satuan % volume seluruhnya terkecuali pada nilai kalori dengan satuan *calori*/gram. Untuk basis data, pada analisis proksimat menggunakan basis ADB (*Air Dried Basis*) dimana secara teknis, analisis dilakukan menggunakan sampel yang telah dikeringkan pada udara terbuka, yaitu sampel ditebar tipis pada suhu ruangan sehingga terjadi kestimbangan dengan lingkungan ruangan laboratorium sebelum akhirnya di uji dan di analisis. Sedangkan untuk analisis ultimat menggunakan basis DAF (*Dried Ash Free*) merupakan kondisi uji batubara sama sekali tidak mengandung air dan abu.

3.1. Korelasi Nilai Kalori terhadap Parameter Hasil Analisis Batubara

Hasil analisis nilai kalori untuk 5 sampel dari 1 *seam* yang sama didapatkan nilai kalori yang bervariasi dari 4300 cal/gr - 5300 cal/gr. Hasil ini menyatakan bahwa adanya parameter yang mempengaruhi variasi nilai kalori tersebut terkait kualitas batubara. Untuk mengetahui parameter apa saja yang mempengaruhi variasi nilai kalori maka dilakukan pengujian sifat kimia batubara berupa analisis proksimat, ultimat dan total sulfur.

Dari gambar 3 (a) didapatkan korelasi nilai kalori terhadap kadar air adalah $r = -0,499$ dan merupakan korelasi yang mendekati 0,5 tergolong korelasi yang rendah walaupun keberadaan kadar air sangat mempengaruhi nilai kalori, hal ini dibuktikan dengan *scatter plot* yang memiliki arah berbanding terbalik dengan seiring bertambahnya nilai kalori. Kadar air menandakan peringkat batubara, semakin tinggi peringkat batubara maka porositasnya semakin kecil dan batubara akan semakin padat. Dalam proses pembatubaraan, semakin batubara tersebut terendapkan maka akan semakin dipengaruhi oleh suhu dan tekanan yang tinggi sehingga hal tersebut dapat menyebabkan semakin tinggi tingkat batubara maka kandungan air yang terdapat didalam batubara akan berkurang dan nilai kalori akan semakin tinggi.

Korelasi nilai kalori terhadap zat terbang yaitu $r = 0,987$ dengan hubungan berbanding lurus ditunjukkan pada gambar 3 (b). Seharusnya kadar zat terbang memiliki hubungan negatif terhadap nilai kalori karena zat terbang cukup berpengaruh terhadap peringkat batubara. Dalam hal ini dapat dinyatakan bahwa terdapat faktor - faktor yang mempengaruhi hasil zat terbang yaitu suhu, waktu, kecepatan pemanasan, penyebaran butir dan ukuran partikelnya. Dari beberapa faktor tersebut, diketahui bahwa hubungan nilai kalori terhadap zat terbang pada penelitian ini memiliki hasil yang berbeda dari penelitian sebelumnya (Zahar, dkk, 2018) zat terbang memiliki kandungan zat - zat yang mudah terbakar yaitu CO, hidrogen dan metana. Oleh sebab itu, semakin tinggi zat terbang maka kemungkinan batubara terbakar sendiri pun juga tinggi dan kualitas batubara tergolong tidak baik.

Nilai kalori dan kadar abu memiliki korelasi yang baik, hal ini ditunjukkan dengan nilai $r = -0,93$ seperti pada gambar 3 (c). Hubungan nilai kalori dan kadar abu adalah berbanding terbalik, jika nilai kalori tinggi maka kadar abu rendah dan begitupula sebaliknya. Kadar abu dapat diartikan juga sebagai kandungan mineral yang tidak dapat terbakar contohnya seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dll, kadar abu menjadi salah satu faktor penting karena banyaknya kadar abu dalam batubara tidak baik dalam pemanfaatan batubara salah satunya sebagai bahan bakar dimana abu akan menjadi residu sisa pembakaran yang akan menimbulkan dampak negatif sehingga dapat disimpulkan bahwa batubara dengan kualitas yang baik memiliki kadar abu yang rendah.

Tabel 2. Hasil Analisis Pengujian Sifat Kimia Batubara

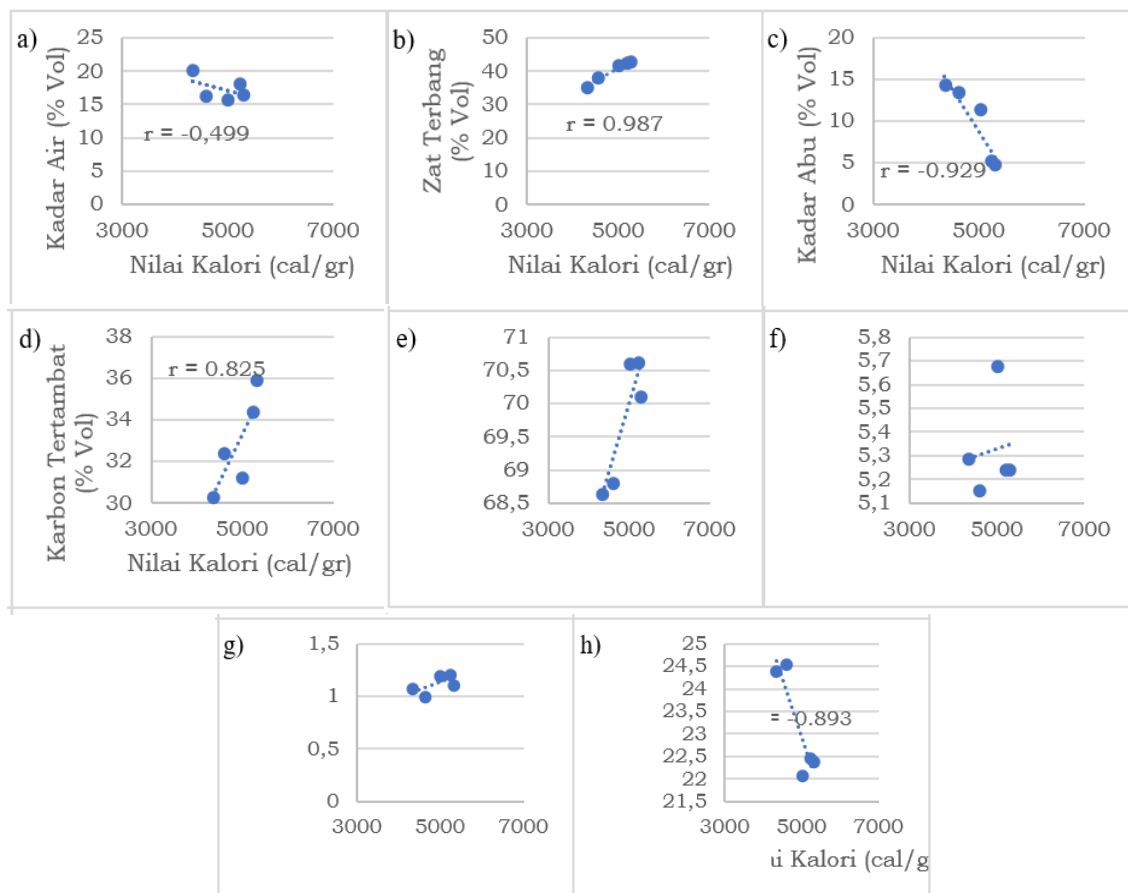
	Analisis	Satuan	Basis	Kode Sampel				
				CC1	CC2	CC3	CC4	CC5
Proksimat	Kadar Air	% vol	adb	16.46	20.07	16.21	18.05	15.79
	Kadar Zat Terbang	% vol	adb	42.88	35.42	38.01	42.19	41.62
	Kadar Abu	% vol	adb	4.78	14.21	13.42	5.33	11.39
	Karbon Tertambat	% vol	adb	35.88	30.30	32.36	34.43	31.20
Ultimat	Karbon	% vol	daf	70.10	68.66	68.82	70.62	70.61
	Hidrogen	% vol	daf	5.24	5.29	5.16	5.24	5.68
	Nitrogen	% vol	daf	1.12	1.08	1.00	1.22	1.20
	Oksigen	% vol	daf	22.41	24.42	24.55	22.48	22.09
Total Sulfur				0.89	0.36	0.32	0.34	0.30
Nilai Kalori				5301	4342	4593	5228	5002

Pada gambar 3 (d) menunjukkan korelasi nilai kalori terhadap karbon tertambat yaitu $r = 0,825$ dengan hubungan berbanding lurus. Sesuai dengan teori yang ada bahwa semakin banyak kadar karbon tertambat (karbon tersisa) pada batubara maka semakin tinggi nilai kalori. Karbon tertambat ialah karbon yang tertinggal setelah zat terbang dan kandungan airnya hilang. Dengan adanya pengeluaran zat terbang dan kandungan air maka persentase karbon tertambatnya secara otomatis akan naik sehingga semakin tinggi kandungan karbonnya maka peringkat batubaranya akan naik. Kandungan karbon tertambat merupakan hasil pengurangan 100% dikurangi kadar zat terbang (%). Kadar abu (%), dan kadar air lembab (%). Nilai karbon tertambat dapat dijadikan acuan untuk mendapatkan nilai *fuel ratio* atau rasio pembakaran batubara. Karbon tertambat ini menjadi komponen utama batubara yang mampu menghasilkan panas pada proses pembakaran. Semakin tinggi kandungan karbon tertambat maka nilai kalor batubara akan semakin meningkat. Makin tinggi kadar karbon padat makin tinggi peringkat batubara.

Nilai korelasi yang dihasilkan antara nilai kalori dan kadar karbon cukup baik yaitu $r = 0,888$ ditunjukkan ada gambar 3 (e) dengan hubungan yang berbanding lurus. Karbon yang terdapat dalam batubara bertambah sesuai dengan kenaikan peringkat batubara dari kira - kira 40% sampai 100%. Persentase ini akan menurun pada lignit yaitu berkisar 48% - 54%. Kandungan karbon dalam batubara akan mempengaruhi nilai kalor dalam batubara, semakin tinggi kandungan karbon dalam batubara maka semakin tinggi nilai kalornya. Alasannya adalah karena pada pembakaran batubara zat yang paling banyak terbakar adalah unsur karbon.

Pada gambar 3 (f) menunjukkan korelasi nilai kalori terhadap kadar hidrogen yaitu $r = 0,13$ dimana pada hasil analisis ini dianggap tidak memiliki hubungan antara nilai kalori dan hidrogen. Kandungan hidrogen dalam batubara misalnya jenis lignit yang mengandung 5% - 6%, kadar hidrogen yang tinggi dalam batubara akan mempengaruhi nilai kalori batubara karena kadar air bertambah sehingga mutu batubara menurun. Kadar air pada batubara dipengaruhi oleh kecenderungan hidrogen untuk

diikat oleh oksigen sehingga menjadi H_2O . Batubara yang mengandung kadar air pada saat pembakaran, air tersebut akan menguap sehingga mengurangi nilai kalori pada batubara.

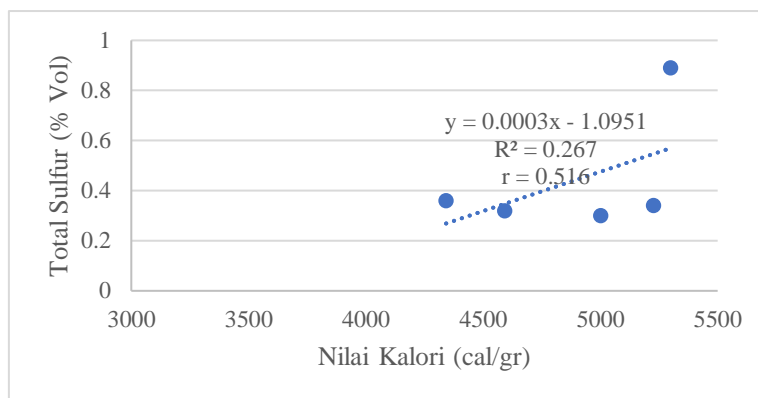


Gambar 3. Scatter plot korelasi nilai kalori terhadap parameter hasil analisis proksimat dan ultimat

Nilai korelasi yang dihasilkan antara nilai kalori dan kadar nitrogen cukup baik yaitu $r = 0,674$ dengan hubungan yang berbanding lurus ditunjukkan pada gambar 3 (g). Nitrogen yang terdapat dalam batubara berupa senyawa organik, nitrogen terbentuk hampir dari seluruh protein bahan tanaman asalnya. Jumlah nitrogen dalam batubara sekitar 0,5% - 3%. Kadar nitrogen yang tinggi dalam batubara akan menambah suhu nyala batubara sehingga akan meningkatkan nilai kalori batubara. Nitrogen dalam batubara hanya terdapat sebagai senyawa organik. Tidak dikenal adanya mineral pembawa nitrogen dalam batubara, hanya ada beberapa senyawa nitrogen dalam air kapiler, terutama dalam batubara muda. Pada pembakaran batubara, nitrogen akan berubah menjadi nitrogen oksida yang bersama gas buangan akan bercampur dengan udara. Senyawa ini merupakan pencemar udara sehingga batubara dengan kadar nitrogen rendah lebih disukai. Prinsip penentuan nitrogen dalam batubara semuanya dengan cara mengubah nitrogen menjadi amonium sulfat melalui destruksi terhadap zat organik pembawa nitrogen dalam batubara.

Nilai korelasi yang dihasilkan antara nilai kalori dan kadar oksigen cukup baik yaitu $r = -0,893$ dengan hubungan yang berbanding terbalik ditunjukkan pada gambar 3 (h). Oksigen merupakan komponen pada beberapa senyawa organik dalam batubara. Oksigen ini didapatkan pula dalam *moisture*, lempung, karbonat, dan sebagainya. Oksigen juga memiliki peranan penting sebagai penunjuk sifat - sifat kimia dengan derajat pembentukan batubara. Unsur oksigen dapat ditemukan hampir pada semua senyawa organik dalam batubara. Dalam batubara kering unsur oksigen akan ditemukan pada besi oksida, hidroksida dan beberapa mineral sulfat. Oksigen juga sebagai indikator dalam menentukan peringkat batubara. Oksigen dalam batubara sangat berkaitan dengan kandungan *moisture* dikarenakan kecenderungan oksigen mengikat hydrogen sehingga molekul air meningkat. Hal ini menyebabkan nilai kalor menurun. Batubara yang mengandung *moisture* pada saat pembakaran, air akan menguap sehingga mengurangi nilai kalori pada batubara.

Pada gambar 4 menunjukan korelasi nilai kalori terhadap total sulfur yaitu $r = 0,516$. Adanya sulfur dalam batubara sangat tidak diharapkan karena banyak menimbulkan dampak negatif. Sulfur didalam batubara kebanyakan berupa mineral sulfat yang menjadi abu setelah proses pembakaran. Kandungan abu akan semakin tinggi seiring dengan jumlah mineral yang dalam hal ini sulfur didalam batubara maka dapat mempengaruhi efisiensi nilai kalor, karena kalor akan terlebih dahulu membakar mineral - mineral yang ada dibandingkan karbon. Pada kenyataannya Sulfur didalam batubara merupakan pengotor, sehingga sulfur ini akan mempengaruhi kualitas pada batubara namun tidak berhubungan dengan nilai kalori.



Gambar 4. Scatter plot hasil analisis nilai kalori terhadap total sulfur

Sulfur di dalam batubara sama seperti halnya material yang lain terdiri dari dua jenis yaitu sulfur organik dan sulfur anorganik. Sulfur organik biasanya ada dalam batubara seiring dengan pembentukan batubara dan berasal dari tumbuhan pembentuk batubara tersebut. Dan tidak menutup kemungkinan juga berasal dari luar tumbuhan yang dikarenakan suatu reaksi kimia yang terjadi pada saat *peatification* dan *coalification* pada saat perubahan diagenetik dan perubahan kimia. Sedangkan anorganik sulfur berasal dari lingkungan dimana batubara tersebut terbentuk atau bisa juga dari mineral yang berada disekeliling batubara atau bahkan yang berada dalam seam batubara yang membentuk *parting*, *splitting*, *band* dan lain-lain. Sulfur anorganik ini biasanya dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu *Pyritic* sulfur dan sulfat sulfur. Dalam analisis di laboratorium sulfur-sulfur ini ditentukan dengan parameter yang disebut *form of sulfur*.

4. Kesimpulan

Rata – rata hasil dari 5 sampel yang dianalisis yaitu: kadar air 17,31%; kadar zat terbang 40,02%; kadar abu 9,82%; kadar karbon tertambat 32,83%; kadar karbon 69,76%; kadar hidrogen 5,32%; kadar nitrogen 1,12%; kadar oksigen 23,19%; total sulfur 0,44%; dan nilai kalori 4893 cal/gr. Nilai korelasi antara nilai kalori dengan hasil analisis didapatkan dari statistika regresi linear berikut ini data – data tersebut: kadar air $r = -0,499$; kadar zat terbang $r = 0,987$; kadar abu $r = -0,93$; kadar karbon tertambat $r = 0,825$; kadar karbon $r = 0,888$; kadar hidrogen $r = 0,13$; kadar nitrogen $r = 0,674$; kadar oksigen $r = -0,893$; total sulfur $r = 0,516$.

Berdasarkan nilai korelasi, parameter hasil analisis baik proksimat dan ultimat memiliki korelasi yang baik terhadap nilai kalori kecuali kadar air dan kadar hidrogen yang tidak memiliki korelasi terhadap batubara pada perusahaan ini. Untuk korelasi yang paling berpengaruh terhadap nilai kalori dan pemanfaatan batubara terkhusus pada proses pembakaran batubara adalah kadar zat terbang, kadar abu dan kadar oksigen.

Referensi

Amijaya, H. and Littke, R. (2006). *Properties of thermally metamorphosed coal from Tanjung Enim Area, South Sumatra Basin, Indonesia with special reference to the coalification path of macerals*, International Journal of Coal Geology, 66(4), pp. 271–295. doi: 10.1016/j.coal.2005.07.008.

-
- Arif, Irwandy. (2014). *Batubara Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- ASTM Standard D5373-16 *Standard Test Methods for Determination of Carbon, Hydrogen and Nitrogen in Analysis Samples of Coal and Carbon in Analysis Samples of Coal and Coke*
- ASTM Standard D5865-13 *Standard Test Method For Gross Calorific Value Of Coal And Coke*
- ASTM Standard D7582-15 *Standard test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*
- Ginger, D., dan Fielding, K. (2005). *The Petroleum System and Future Potential of The South Sumatra Basin, Proceedings Indonesian Petroleum Association, Thirtieth Annual Convention & Exhibition, August 2005, 67-89*
- Zahar, W., Fitri, M., Anggayana, K., Widayat, A.H. (2017). Pengaruh Komposisi Mikroskopi dan Kimiawi Batubara Terhadap Hasil Analisis *Free Swelling Index* Sebagai Salah Satu Parameter Penentu *Cokeability* Batubara Daerah Murung Raya, *Prosiding TPT Perhapi 2017*, Balikpapan.
-