

# HUBUNGAN KANDUNGAN *TOTAL SULPHUR* TERHADAP *GROSS CALORIFIC VALUE* PADA BATUBARA PT. CARSURIN SAMARINDA

*(Relation of Total Sulphur Content to Gross Calorific Value on Coal at PT. Carsurin Samarinda)*

Nur Muhammad Agung N, Windhu Nugroho, Harjuni Hasan  
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
E-mail: [nurmuhammadagung@gmail.com](mailto:nurmuhammadagung@gmail.com)

## Abstrak

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Umumnya untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisis kimia pada batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis *total Sulphur* menggunakan standar acuan ASTM D4239-14e2 dengan menggunakan alat IRS Leco S-144DR. Selanjutnya untuk menganalisis nilai kalori menggunakan standar acuan ASTM D5865-13 dengan menggunakan alat PARR 6200. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa koefisien bernilai positif, besarnya kandungan sulfur pada batubara sangat mempengaruhi nilai kalori batubara. Semakin tinggi nilai total sulfur maka semakin menaikkan GCV final atau nilai kalori pada batubara. Setelah dilakukan koreksi terhadap nilai total sulfur dan keasaman didapatkan nilai kalori kotor atau GCV final batubara mengalami penurunan, antara 8 hingga 54 kalori.

**Kata kunci:** Batubara, Nilai total sulfur, GCV final dan Nilai Keasaman

## Abstract

*Coal quality is the physical and chemical properties of coal which affect its potential usefulness. Generally, to determine the quality of coal a chemical analysis was carried out on the coal which included proximate analysis and ultimate analysis. Total analysis of sulphur used the ASTM D4239-14e2 reference standard using the IRS Leco S-144DR tool. Furthermore, to analyze the calorific value used ASTM D5865-13 reference standard using the PARR 6200 tool. The result of study indicate that the coefficient is positive, the amount of sulphur content in coal greatly affect the calorific value of coal. The higher the total sulphur value, the upper the final GCV or the calorific value in coal. After correction of the total value of sulphur and acidity obtained the gross calorific value or final GCV of coal decreased, between 8 to 54 calories.*

**Keyword:** Coal, Total sulphur Value, Final GCV and Acidity Value

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kalimantan Timur memiliki banyak sumber daya alam seperti batubara. Dengan adanya potensi sumber energi ini, sehingga wilayah Kalimantan Timur yang memiliki potensi batubara dalam jumlah yang cukup besar terdapat industri pertambangan batubara. Semakin besarnya sumber energi yang dibutuhkan saat ini maka aktifitas pertambangan batubara semakin meningkat. Dengan demikian lahan yang dieksplorasi sebagai lokasi pertambangan batubara juga semakin besar.

Batubara merupakan hal yang tidak akan berhenti diperbincangkan selama masih menjadi salah satu sumber energi sejak dahulu kala sampai saat ini karena harganya yang relatif murah dibandingkan minyak dan gas bumi. Selain itu, permintaan batubara Indonesia di pasar dunia sangat tinggi, yang ditunjukkan dengan peningkatan produksi batubara yang sangat tajam.

Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya. Umumnya untuk menentukan kualitas batubara dilakukan analisis kimia pada

batubara yang diantaranya berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan jumlah air (*moisture*), zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*), kadar abu (*ash*), Total sulfur, sedangkan analisis ultimat dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara seperti karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, unsur tambahan, dan unsur jarang.

Kandungan total sulfur merupakan salah satu parameter penting dalam penggunaan batubara sebagai bahan bakar. Sulfur yang terkandung dalam batubara yaitu sulfur organik, mineral sulfida, mineral sulfat.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Batubara

Batubara adalah salah satu sumber energi di dunia. Batubara adalah campuran yang sangat kompleks dari zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen, dan hidrogen dalam sebuah rantai karbon. Dalam pengertian lain, batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, serta berwarna cokelat sampai hitam, yang sejak pengendapannya terkena



dianalisis yang umumnya disebut sebagai *analytical sample* atau sampel analitik. Sampel analitik ini terdiri atas batubara yang sudah dilumatkan atau digerus halus sampai *top size* (yakni ukuran partikel yang 95% lolos ayakan) tidak lebih dari 0,2 mm atau -0,2 mm (-200  $\mu\text{m}$ ). Berat sampel analitik akan bergantung pada parameter apa yang akan ditentukan dalam sampel tersebut (Muchjidin, 2005).

### Kualitas Batubara

Batubara yang diperoleh dari hasil penambangan pasti mengandung bahan pengotor (*impurities*). Pada saat terbentuknya, batubara selalu bercampur dengan mineral penyusun batuan yang selalu terdapat bersamaan selama proses sedimentasi, baik sebagai mineral anorganik ataupun sebagai bahan organik. Di samping itu, selama berlangsung proses *coalification* terbentuk unsur S yang tidak dapat dihindarkan. Keberadaan pengotor dalam batubara hasil penambangan diperparah lagi, dengan adanya kenyataan bahwa tidak mungkin membersihkan/memilih/mengambil batubara yang bebas dari mineral. Ada dua jenis *impurities* yaitu :

1. *Inherent impurities* merupakan pengotor bawaan yang terdapat dalam batubara. Batubara yang sudah dicuci (*washing*) dan dikecilkan ukuran butirnya/diremuk (*crushing*) sehingga dihasilkan ukuran tertentu, ketika dibakar habis masih memberikan sisa abu. Pengotor bawaan ini terjadi bersama-sama pada waktu proses pembentukan batubara (ketika masih berupa *gelly*), pengotor tersebut dapat berupa gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ), pirit ( $\text{FeS}_2$ ), Silika ( $\text{SiO}_2$ ), dapat juga berbentuk tulang-tulang binatang (diketahui adanya senyawa fosfor dari hasil analisis abu) selain mineral lainnya. Pengotor bawaan ini tidak mungkin dihilangkan sama sekali, tetapi dapat dikurangi dengan melakukan pembersihan. Proses ini dikenal sebagai teknologi batubara bersih.
2. *External impurities* merupakan pengotor yang berasal dari luar, timbul pada saat proses penambangan antara lain terbawanya tanah yang berasal dari lapisan penutup (*overburden*). Kejadian ini sangat umum dan tidak dapat dihindari, khususnya pada penambangan batubara dengan metode tambang terbuka (*open pit*).

### Analisis Kualitas Batubara

Pada umumnya sistem dan analisis batubara dikembangkan dan digunakan secara luas untuk kepentingan perdagangan. Beberapa diantaranya bersifat mendasar dan hanya dilakukan untuk mengetahui hal-hal pokok unsur pembentukan batubara, misalnya untuk mengetahui kadar sulfur,

karbon, dan hidrogen yang ada dalam batubara. Analisis lain yang bersifat lebih subyektif dan empirik, dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada saat batubara dipanaskan dengan kondisi yang berbeda-beda (Arief Sudarsono, 2003).

### Basis Pelaporan Hasil Analisis

Cara melaporkan hasil analisis kadang-kadang bisa menimbulkan kebingungan dan kesalahan fatal, karena data hasil analisis yang sama bisa dihitung dan dilaporkan dengan tetap memperhitungkan adanya kadar lengas, mineral atau kadar abu, ataupun dengan tanpa memperhitungkan adanya kadar lengas, mineral atau kadar abu.

Basis (dasar) pelaporan yang umumnya dipakai adalah sebagai berikut :

1. *As Received* (AR) adalah batubara hasil dari proses penambangan, sehingga masih diperhitungkan *total moisture* dan abu yang ada pada batubara. Pada keadaan ini  $\text{total moisture} + \text{volatile matter} + \text{fixed carbon} + \text{ash content} = 100\%$ .
2. *Air Dried Base* (ADB) adalah batubara yang telah mengalami proses pemanasan lanjutan, sehingga kandungan air bebasnya hilang pada kondisi temperatur dan kelembaban standar sehingga tidak diperhitungkan lagi. Pada kondisi ini batubara dikatakan dalam dasar udara kering yang masih mengandung abu dan *inherent moisture*. Pada keadaan ini  $\text{inherent moisture} + \text{volatile matter} + \text{fixed carbon} + \text{ash content} = 100\%$ .
3. *Dried Basic* (DB) adalah keadaan batubara kondisi dasar udara kering yang dipanaskan pada suhu standar, sehingga batubara dalam kondisi dasar kering dan bebas dari kandungan air total tapi masih mengandung abu. Pada keadaan ini  $\text{volatile matter} + \text{fixed carbon} + \text{ash content} = 100\%$ .
4. *Dried Ash Free* (DAF) adalah batubara bersih dan bebas dari abu maupun *total moisture*.
5. *Dried Mineral Matter Free* (DMMF) adalah batubara bersih kering yang telah bebas dari mineral-mineral pengotor yang berasal dari zat bukan organik pada batubara saat proses pembentukannya.

### Total Sulfur

Kandungan sulfur dalam batubara sangat bervariasi dan pada umumnya bersifat heterogen sekalipun dalam satu seam batubara yang sama. Baik heterogen secara vertikal maupun secara lateral. Namun demikian ditemukan juga beberapa seam yang sama memiliki kandungan sulfur yang relatif homogen.

Sulfur dalam batubara thermal maupun metalurgi tidak diingankan, karena sulfur dapat mempengaruhi sifat-sifat pembakaran yang dapat

mempengaruhi *slagging* maupun mempengaruhi kualitas produk dari besi baja. Selain itu dapat mempengaruhi lingkungan karena emisi sulfur dapat menyebabkan hujan asam.

Batubara tidak akan terhindar dari kandungan sulfur, baik sulfur anorganik (yang berasal dari senyawa anorganik dalam bentuk mineral pirit dan markasit), maupun sulfur organik (yang terbentuk sebagai hasil kegiatan bakteri). Apabila batubara masih ada di daerah penambangan, keberadaan sulfur akan mengakibatkan terjadinya air asam tambang.

Unsur sulfur umumnya dapat dijumpai di dalam batubara dan jumlahnya dapat bervariasi mulai sangat kecil sampai 4%, kadang lebih tinggi. Sulfur di dalam batubara terdapat tiga bentuk utama, yaitu :

1. Sulfur piritik ( $\text{FeS}_2$ ), jumlahnya sekitar 20-30% dari sulfur total dan terisolasi dalam abu, terjadi baik sebagai makrodeposit (*lensa veins, joints, balls, dsb*) dan mikrodeposit (partikel-partikel halus yang terdiseminasi). Sulfur piritik umumnya dapat dihilangkan dengan operasi pencucian, sementara sulfur organik dan sulfur sulfat sulit dihilangkan.
2. Sulfur organik, jumlahnya sekitar 30-80% dari sulfur total dan secara kimia terikat di dalam batubara, biasanya berasosiasi dengan sulfat selama proses pembatubaraan.
3. Sulfur sulfat, kebanyakan sebagai kalsium sulfat, natrium sulfat, dan besi sulfat, jumlahnya sangat kecil kecuali pada batubara yang telah terekspos dan telah teroksidasi (Arief Sudarsono, 2003).

Pirit dapat dihilangkan selama proses pencucian karena pirit yang melekat secara fisik pada batubara sering kali dapat dilepaskan dengan cara penggrusan dan kemudian dipisahkan. Batubara dengan kadar sulfur tinggi mempunyai nilai jual yang rendah. Jika batubara dipakai sebagai bahan bakar, selain karena dapat menimbulkan terjadinya gas  $\text{SO}_2$  atau  $\text{SO}_3$  yang akhirnya dapat menimbulkan hujan asam, juga dapat merusak pemanasan langsung dalam *boiler* pada pembangkit listrik. Apabila dipakai sebagai kokas metalurgi (sebagai reduktor) pada pembuatan baja maka batubara dengan sulfur tinggi akan menimbulkan masalah dengan kadar sulfur di dalam baja.

#### Nilai Kalori (*Calorific Value*)

*Calorific value* atau *CV* merupakan indikasi kandungan nilai energi yang terdapat pada batubara dan merepresentasikan kombinasi pembakaran dari karbon, hidrogen, nitrogen, serta sulfur. Ada dua jenis *calorific value*, yaitu *gross calorific value* (GCV) dan *net calorific value* (NCV). Nilai kalori batubara dapat ditentukan dengan cara membakar contoh batubara pada alat bomb calorimeter yang diisi dengan gas oksigen betekanan 30 bar.

Perubahan suhu sebelum dan setelah proses pembakaran diamati serta diukur dengan metode adiabatik.

Nilai kalori menunjukkan jumlah panas (*heat*) yang dihasilkan apabila sejumlah tertentu batubara dibakar. Nilai kalori ditentukan dari kenaikan suhu pada saat sejumlah tertentu batubara biasanya dalam kondisi (adb), dibakar di dalam alat yang disebut calorimeter dengan udara berlebih. Nilai yang diperoleh adalah *gross calorific value* (GCV), pada volume konstan. Hasil perhitungan ini dinyatakan dalam megajoule per kilogram (MJ/kg) atau kilokalori per kilogram (kkal/kg). Data nilai kalori sangat diperlukan terutama bila batubara dipakai sebagai bahan bakar misalnya pada boiler pembangkit tenaga listrik tenaga uap (PLTU).

Nilai GCV (pada volume tetap) menyatakan panas total yang diperoleh dari suatu batubara melalui pengukuran standar dan semua produk pembakaran dikembalikan ke suhu ruangan. Nilai NCV (pada tekanan tetap) menyatakan panas yang dapat dimanfaatkan dari suatu batubara, nilai NCV ini dapat dihitung dari panas yang hilang misalnya panas sensible dan panas laten produk pembakaran. Penurunan nilai GCV menjadi NCV biasanya hanya didasarkan pada panas yang hilang karena adanya langsung pada produk pembakaran, yang terdapat sebagai uap dan panas laten langsung.

Apabila batubara akan digunakan sebagai bahan bakar, maka nilai kalori merupakan parameter utama yang paling penting. Harga suatu batubara, umumnya ditentukan dari harga per unit bahang yang dihasilkan, kemudian dihitung harga per ton batubara. Sementara parameter-parameter lain seperti kadar langsung, kadar abu, nilai HGI, dan sebagainya dihitung untuk dikenakan penalti atau bonus (Arief Sudarsono, 2003).

Rumus menghitung *Gross Calorific Value* adalah:

$$\text{GCV} = [(tE_c) - e_1 - e_2 - e_3 - e_4]/m$$

Di mana :

$$\text{GCV} = \text{gross calorific value}$$

t = koreksi kenaikan temperature sampai 10,7°

$E_c$  = kapasitas panas calorimeter, j/°C (kal/g)

$e_1$  = koreksi asam

$e_2$  = koreksi fuse

$e_3$  = koreksi penentuan sulfur

$e_4$  = koreksi pembakaran

m = massa sampel (g)

Alat yang digunakan untuk menghitung *gross calorific value* (GCV) adalah calorimeter set.

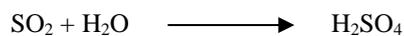


Gambar 1. Kalorimeter

### Keasaman

Keasaman merupakan senyawa kimia yang terdapat pada batubara, dimana proses pembentukannya terjadi bersamaan dengan terjadinya pembentukan sulfur pada batubara melalui proses *coalification*, dimana selama proses pembentukan gambut yang merupakan tahap awal dalam proses pembentukan batubara atau (*coalification*), dihasilkan oleh reaksi bahan-bahan sisa pembentukan batubara baik yang organik maupun yang anorganik yang mengandung pirit dengan air dan oksigen, semua mengalami perubahan baik secara fisik maupun kimia, yang mana sisa tumbuhan yang mati di dalam tanah mengalami proses degradasi biokimia, dimana proses pembusukan (*decay*) akan terjadi sebagai akibat kinerja dari mikrobiologi dalam bakteri *anaerobic*.

Awal pembentukan keasaman, bersamaan dengan pembentukan kadar sulfur pada batubara, melalui proses pematubaraan. Dimana nilai asam terjadi karena adanya pemanasan di dalam tanah pada saat proses pematubaraan tersebut. Sulfur dalam bentuk senyawa atau gas bersama dengan air atau gas tersebut mengalami kontak dengan air menjadi asam sulfat seperti reaksi di bawah ini :



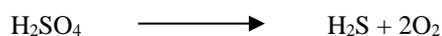
Keterangan :

SO<sub>2</sub> merupakan senyawa belerang oksida

H<sub>2</sub>O merupakan air

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> merupakan senyawa asam sulfat

Yang mana dari senyawa di atas mengalami proses pemanasan atau terjadi peningkatan suhu temperature di dalam tanah. Senyawa asam sulfat yang mengalami proses pemanasan dalam tanah akan terurai menjadi H<sub>2</sub>S (asam sulfida) yang merupakan kandungan keasaman batubara. Seperti reaksi dibawah ini :



### Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linear digunakan untuk menaksir atau meramalkan nilai variabel dependen

bila nilai variabel independen dinaikkan atau diturunkan. Analisis didasarkan pada hubungan satu variabel dependen dengan satu atau lebih variabel independen. Jika hanya menggunakan satu variabel independen maka disebut analisis regresi linier sederhana.

Adapun persamaan regresi linier dengan satu variabel independen yang dapat digunakan ialah :

$$Y' = b_0 + b_1X$$

Dengan :

Y' = variabel dependen yang diramalkan

b<sub>0</sub> = konstanta

b<sub>1</sub> = koefisien regresi

X = variabel independen (Priyatno, 2013).

Variabel merupakan konsep yang nilainya bervariasi atau berubah-ubah. Ada beberapa macam variabel yang digunakan pada regresi linier sederhana sebagai berikut :

1. Variabel dependen (variabel terikat) adalah variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel independen.
2. Variabel independen (variabel bebas) adalah variabel yang mempengaruhi variabel dependen (Priyatno, 2013).

Hubungan dua variabel ada yang positif dan negatif. Hubungan X dan Y dikatakan positif apabila kenaikan (penurunan) X pada umumnya diikuti oleh kenaikan (penurunan) Y. Sebaliknya dikatakan negatif bila kenaikan (penurunan) X pada umumnya diikuti oleh penurunan (kenaikan) Y.

## METODOLOGI

Dalam pengujian batubara di PT. Carsurin Cabang Samarinda menggunakan metode yang telah dipatenkan secara Internasional dan digunakan diseluruh dunia. Metode tersebut antara lain *International Standard Organization (ISO)* dan *American Society for Testing and Material (ASTM)*. Hal ini dimungkinkan berdasarkan permintaan klien yang menggunakan jasa PT. Carsurin Cabang Samarinda. Dari kegiatan yang telah dilaksanakan, penulis hanya menggunakan metode *American Society for Testing and Material (ASTM)*.

### Metode Pengumpulan Data

Pada umumnya, terdapat beberapa metode atau cara pengumpulan data dalam kegiatan penelitian. Terdapat dua acara pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu pengumpulan data melalui studi kepustakaan dan melalui studi lapangan.

Studi kepustakaan dilakukan dengan cara mempelajari dan menelaah berbagai bahan bacaan dan sumber tertulis lain seperti buku, jurnal maupun artikel yang berkaitan dengan teori dasar hidrogeologi.

Studi lapangan yang dilakukan adalah pengamatan terhadap preparasi dan analisa kualitas batubara yang berada di laboratorium PT. Carsurin Samarinda.

**Metode Pengolahan Data**

Pengolahan data yang dilakukan yaitu menganalisis kualitas batubara dari sampel tersebut menggunakan parameter *total sulfur* dan *calorific value*. Setelah diketahui kualitas batubaranya, selanjutnya dilakukan analisa regresi pada sampel dengan menggunakan *software Microsoft Excel* dan *SPSS 23*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Uji**

**Tabel 1.** Hasil Analisis *Total Sulphur & Gross Calorific Value*

No	Sampl e ID	GCV Pre-elimin ar y(kal/g)	TS (%)	Aci d	Temp . Rise(° C)	Massa (g)	GCV Final (kal/g)
1	P 05 18 1649	5.768,82	1,51	23	2,440 4	1,000 2	5.720,0 8
2	P 05 18 1723	5.375,64	0,08	12	2,286 1	1,000 9	5.362,3 8
3	P 05 18 1724	5.563,42	0,08	12	2,362 7	1,000 1	5.548,5 7
4	P 05 18 1725	5.636,68	0,07	12	2,396 6	1,000 9	5.624,5 8
5	P 05 18 1726	5.691,23	0,54	16	2,413 5	1,000 1	5.664,7 4
6	P 05 18 1727	5.702,41	0,47	15	2,420 2	1,000 8	5.677,7 5
7	P 05 18 1728	5.702,35	0,55	16	2,418 3	1,000 1	5.676,1 3
8	P 05 18 1629	5.436,84	0,37	14	2,308 7	1,000 2	5.417,5 0
9	P 05 18 1734	5.204,65	0,60	16	2,209 6	1,000 8	5.176,8 7
10	P 05 18 1735	5.203,35	0,54	16	2,209 7	1,000 2	5.180,2 7
11	P 05 18 1739	5.957,11	0,17	13	2,528 5	1,000 2	5.940,6 1
12	P 05 18 1740	5.882,31	0,25	14	2,498 5	1,000 8	5.864,7 8
13	P 05 18 1741	5.561,52	1,58	23	2,352 9	1,000 2	5.512,2 5
14	P 05 18 1742	5.782,37	1,00	19	2,450 9	1,000 1	5.750,1 0
15	P 05 18 1743	5.816,37	0,97	19	2,468 2	1,000 9	5.786,5 8
16	P 05 18 1744	5.498,18	0,72	17	2,333 8	1,000 9	5.469,9 3
17	P 05 18 1745	5.469,38	0,46	15	2,322 5	1,000 1	5.449,7 3
18	P 05 18 1746	5.503,45	0,55	16	2,337 8	1,000 7	5.481,6 9
19	P 05 18 1747	5.302,10	0,06	12	2,257 1	1,000 8	5.294,1 2
20	P 05 18 1748	5.414,32	0,07	12	2,302 9	1,000 2	5.406,0 4
21	P 05 18 1819	5.078,59	0,28	14	2,159 5	1,000 8	5.060,3 0
22	P 05 18 1825	4.832,96	0,34	14	2,055 1	1,000 4	4.814,4 2

23	P 05 18 1826	5.595,96	0,27	14	2,376 5	1,000 1	5.579,1 5
24	P 05 18 1827	5.711,08	0,15	13	2,427 7	1,000 8	5.697,8 7
25	P 05 18 1828	5.519,87	0,31	14	2,344 1	1,000 4	5.500,5 3
26	P 05 18 1829	5.641,79	0,25	14	2,397 1	1,000 8	5.624,1 5
27	P 05 18 1831	5.270,08	0,60	16	2,237 1	1,000 1	5.245,7 9
28	P 05 18 1833	4.980,21	0,61	16	2,115 9	1,000 3	4.956,9 8
29	P 05 18 1834	5.697,54	0,94	18	2,422 9	1,000 8	5.680,6 9
30	P 05 18 1835	5.944,40	1,54	23	2,513 4	1,000 2	5.893,3 9
31	P 05 18 1836	5.678,09	1,64	24	2,401 7	1,000 5	5.625,3 8
32	P 05 18 1837	5.724,59	1,80	25	2,421 1	1,000 4	5.670,8 3
33	P 05 18 1838	5.732,53	0,47	15	2,434 3	1,000 6	5.712,3 5
<b>M e a n</b>	<b>5.541,8 2</b>	<b>0,60</b>	<b>16</b>	<b>2,3 523</b>	<b>1,000 5</b>	<b>5.517, 17</b>	

Dari tabel di atas didapatkan bahwa nilai *Total Sulphur* tertinggi pada Sample ID P 05 18 1837 adalah sebesar 1,80%, sedangkan nilai *Total Sulphur* terendah pada Sample ID P 05 18 1747 adalah sebesar 0,06% .

Selanjutnya *Gross Calorific Value Final* tertinggi pada Sample ID P 05 18 1739 adalah sebesar 5.940,61 kal/g. Sedangkan *Gross Calorific Value Final* terendah pada Sample ID P 05 18 1825 adalah sebesar 4.814,42 kal/g.

Dari tabel 1 dapat dihitung nilai *Gross Calorific Value Final* dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$GCV = [(tE_e) - e_1 - e_2 - e_3 - e_4]/m$$

Kolom No. 1

$$GCV_{Final} = [(2.374,9120(kal/g) \times 2,4404(°C)) - 23 - 50(kal) - 1,51(\%) - 0]/ 1,0002(g) = 5.720,08 kal/g$$

**Tabel 2.** Penurunan Nilai Kalori

No	Sample ID	GCV Pre-eliminary (kal/g)	GCV Final (kal/g)	Penurunan Nilai Kalori (kal/g)
1	P 05 18 1649	5.768,82	5.720,08	49
2	P 05 18 1723	5.375,64	5.362,38	13
3	P 05 18 1724	5.563,42	5.548,57	15
4	P 05 18 1725	5.636,68	5.624,58	12
5	P 05 18 1726	5.691,23	5.664,74	26
6	P 05 18 1727	5.702,41	5.677,75	25
7	P 05 18 1728	5.702,35	5.676,13	26
8	P 05 18 1629	5.436,84	5.417,50	19
9	P 05 18 1734	5.204,65	5.176,87	28
10	P 05 18 1735	5.203,35	5.180,27	23
11	P 05 18 1739	5.957,11	5.940,61	16
12	P 05 18 1740	5.882,31	5.864,78	18
13	P 05 18 1741	5.561,52	5.512,25	49
14	P 05 18 1742	5.782,37	5.750,10	32
15	P 05 18 1743	5.816,37	5.786,58	30
16	P 05 18 1744	5.498,18	5.469,93	28
17	P 05 18 1745	5.469,38	5.449,73	20
18	P 05 18 1746	5.503,45	5.481,69	22
19	P 05 18 1747	5.302,10	5.294,12	8
20	P 05 18 1748	5.414,32	5.406,04	8
21	P 05 18 1819	5.078,59	5.060,30	18
22	P 05 18 1825	4.832,96	4.814,42	19
23	P 05 18 1826	5.595,96	5.579,15	17
24	P 05 18 1827	5.711,08	5.697,87	13
25	P 05 18 1828	5.519,87	5.500,53	19
26	P 05 18 1829	5.641,79	5.624,15	18
27	P 05 18 1831	5.270,08	5.245,79	24
28	P 05 18 1833	4.980,21	4.956,98	23
29	P 05 18 1834	5.697,54	5.680,69	17
30	P 05 18 1835	5.944,40	5.893,39	51
31	P 05 18 1836	5.678,09	5.625,38	53
32	P 05 18 1837	5.724,59	5.670,83	54
33	P 05 18 1838	5.732,53	5.712,35	20
<b>MEAN</b>		<b>5.541,82</b>	<b>5.517,17</b>	<b>25</b>

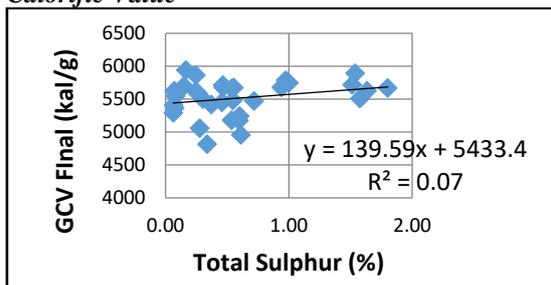
Dari data diatas dengan jumlah 33 sampel didapat bahwa terjadi penurunan nilai kalori dari 8 hingga 54 kalori dan rata-rata penurunan nilai kalori adalah sebesar 25 kalori.

Penurunan Nilai Kalori = GCV Pre-eliminary – GCV Final

Kolom 1

Penurunan nilai kalori = 5.768,82 kal/g – 5.720,08 kal/g  
= 49 kalori

**Pengaruh Nilai Total Sulphur Terhadap Gross Calorific Value**



**Gambar 2.** Grafik Regresi Antara Total Sulphur Dan Calorific Value Batubara.

Dilihat dari model regresi (penyebaran titik plot) dapat diterangkan bahwa menunjukkan korelasi yang rendah dan positif yaitu R= 0.2645 Koefisien bernilai positif yang berarti semakin naik nilai total sulphur batubara, maka semakin menaikkan nilai gross calorific value batubara.

Model dugaan analisis persamaan regresi berdasarkan Gambar 2 menggunakan rumus hubungan regresi linear (y = a +bx), dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Calorific Value (y)} = 5433,39 + 139,59x$$

Contoh perhitungan :

Total Sulphur(x) pada Gross Calorific Value(y) batubara yaitu 1 %

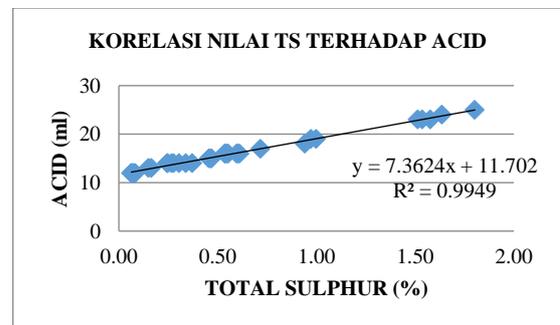
$$\begin{aligned} \text{Calorific Value (y)} &= 5433,39 + 139,59 (x) \\ &= 5433,39 + 139,59 (1) \\ &= 5572,98 \text{ kal/g} \end{aligned}$$

Total Sulphur(x) pada Gross Calorific Value(y) batubara yaitu 0,5 %

$$\begin{aligned} \text{Calorific Value (y)} &= 5433,39 + 139,59 (x) \\ &= 5433,39 + 139,59 (0,5) \\ &= 5503,19 \text{ kal/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } 1\% - 0,5\% &= 5572,98 \text{ kal/g} - 5503,19 \text{ kal/g} \\ 0,5\% &= 69,79 \text{ kal/g} \end{aligned}$$

Dari persamaan garis regresi linear antara nilai Gross Calorific Value dan Total Sulphur dapat diartikan bahwa jika kandungan Total Sulphur mengalami kenaikan atau penurunan sebesar 0,5 % maka kandungan Gross Calorific Value batubara akan mengalami kenaikan atau penurunan sebesar 69,79 kal/g.



**Gambar 3.** Grafik Regresi Antara Total Sulphur dan Acid

Dilihat dari model regresi (penyebaran titik plot) Gambar 3 dapat diterangkan bahwa menunjukkan korelasi yang sangat kuat dan positif yaitu R= 0,9975 Koefisien bernilai positif yang

berarti semakin naik nilai *total sulphur* batubara, maka semakin menaikkan nilai keasaman batubara.

**Tabel 2.** Hasil Uji Normalitas Menggunakan Metode *Kolmogorov-Smirnov*

<b>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</b>		
		<b>Unstandardized Residual</b>
		33
<b>Normal Parameters<sup>a,b</sup></b>	<b>Std. Deviation</b>	256.67305965
<b>Most Extreme Differences</b>	<b>Absolute</b>	0.133
	<b>Positive</b>	0.109
	<b>Negative</b>	-0.133
<b>Test Statistic</b>		0.133
<b>Asymp. Sig. (2-tailed)</b>		0.148 <sup>c</sup>

Jika dilihat dari Tabel 2, nilai distribusinya dapat dilihat pada kolom sig (*significance*) yaitu sebesar 0,148. Karena nilai distribusinya lebih dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa distribusi datanya adalah normal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan di PT. Carsurin Samarinda didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *total sulphur* tertinggi pada Sample ID P 05-18-1837 adalah sebesar 1.80% , sedangkan nilai *total sulphur* terendah pada Sample ID P 05-18-1747 adalah sebesar 0.063%.

Nilai *gross calorific value final* tertinggi pada Sample ID P 05-18-1739 adalah sebesar 5940,61 kal/g, sedangkan nilai *gross calorific value final* terendah pada Sample ID P 05-18-1825 adalah sebesar 4814,42 kal/g.

2. Setelah dikoreksi nilai *acid* dan *total sulphur* didapatkan bahwa batubara mengalami penurunan kalori antara, 8 hingga 54 kalori.
3. Besarnya kandungan *total sulphur* sangat mempegaruhi nilai kalori pada batubara, semakin tinggi kandungan *total sulphur* dengan kenaikan 0,5% maka akan menaikkan nilai *gross calorific value* sebesar 69,79 kal/g.

### Saran

1. Sebaiknya pada saat pemasangan benang pembakar harus teliti agar pada saat sampel dibakar tidak terjadi *miss fire*
2. Hasil perhitungan berupa persamaan dan lainnya hanya berlaku pada sampel yang diteliti.

## DAFTAR PUSTAKA

Arif, Irwandy. 2014. *Batubara Indonesia*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

ASTM 2002. D4239 *Standard Test Method For Sulphur In The Analysis Sample of Coal and Coke Using High-Temperature Tube Furnace Combustion Methods*.

ASTM. 2002. D 5865 *Standard Test Method For Gross Calorific Value of Coal and Coke*.

Muchjidin. 2006. *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Priyatno, Duwi. 2013. *Analisis Korelasi, Regresi, dan Multivariate dengan SPSS*. Yogyakarta: Gava Media.

Riduwan. 2003. *Dasar-Dasar Statistika*. Bandung: PT. Alfabeta.

Sudarsono, Arief. 2003. *Pengantar Preparasi dan Pemanfaatannya*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Sukandarrumidi. 2004. *Batubara dan Gambut*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sukandarrumidi. 2009. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Supardi. 2013. *Aplikasi Statistika Dalam Penelitian*. Jakarta: PT. Prima Ufuk Semesta.

Thomas, Larry. 2002. *Coal Geology*. England: Jhon Wiley.