

Kajian Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat, Total Sulfur dan Nilai Kalor Untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT Semen Padang Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang Provinsi Sumatera Barat

Coal Quality Study Based on Proximate Analysis, Total Sulfur and Calorific Value for Cement Raw Material Burning at PT Semen Padang Batu Gadang Village, Lubuk Kilangan District, Padang City West Sumatra Province

¹Faisal Huseini, ²Solihin, ³Pramusanto

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116

email : ¹faisal.huseini2@gmail.com ²Solihintambangunisba@gmail.com

³pramusanto50@yahoo.com

Abstract. P.T. Semen Padang is a cement producer whose raw materials are mined. In carrying out activities of combustion in the processing of cement raw materials, using fuel which one of them is coal. The research was conducted on coal supplied from vendor 1 and vendor 2. The test was conducted with the aim that the coal supplied by the vendors is feasible to be used in the tool, so the kiln is not easily damaged and also in order to obtain optimal results. Further, the test are proximate analysis (ash, volatile matter, inherent moisture, fixed carbon), total sulfur and calorific value. From the test results and statistical calculation, the average value of inherent moisture is 13,899 % for vendor 1 and 14,136 % for vendor 2, the average value of ash is 5,344 % for vendor 1 and 5,594% for vendor 2, average volatile matter value of 44,432 % for vendor 1 and 43,874 % for vendor 2, average fixed carbon value is 36,427 % for vendor 1 and 36,396 % for vendor 2, the average value of sulfur for vendor 1 is 0,184% and vendor 2 is 0.202%, and the average gross calorific value is 5.441,2 cal / gr and the average net calorific value is 4972,4 cal/gr for vendor 1 and the average gross calorific value is 5.484,2 cal / gr and the average net calorific value is 5009,7 cal/gr for vendor 2. From all data, the average obtained in accordance with the standard coal used for burning cement raw materials.

Keywords : Inherent Moisture, Volatile Matter, Ash, Fixed Carbon, Calor Value and Sulphur

Abstrak. P.T. Semen Padang adalah produsen semen yang bahan bakunya ditambang atau diambil sendiri. Dalam melakukan kegiatan pembakaran pada proses pengolahan bahan baku semen, menggunakan bahan bakar yang salah satunya adalah batubara.. Penelitian dilakukan pada batubara yang disuplai dari vendor 1 dan vendor 2. Pengujian dilakukan dengan tujuan agar batubara yang disuplai oleh para vendor layak digunakan pada alat kiln, sehingga kiln tidak mudah rusak dan juga agar mendapatkan hasil pembakaran yang optimal. Diketahui pengujian yang dilakukan adalah Analisis Proksimat (*ash, Volatile Matter, Inherent Moisture, fixed carbon*), total sulfur dan nilai kalor. Dari hasil pengujian dan dilakukan perhitungan statistik didapat nilai rata-rata *inherent moisture* adalah sebesar 13,899 % untuk vendor 1 dan 14,136 % untuk vendor 2, nilai rata-rata *ash* sebesar 5,344 % untuk vendor 1 dan 5,594 % untuk vendor 2, nilai rata-rata *volatile matter* sebesar 44,432 % untuk vendor 1 dan 43,874 % untuk vendor 2, nilai rata-rata *fixed carbon* sebesar 36,427 % untuk vendor 1 dan 36,396 % untuk vendor 2, nilai rata-rata, nilai rata-rata sulfur vendor 1 sebesar 0,184% dan vendor 2 sebesar 0.202 %, nilai *gross calorific value* rata-rata sebesar 5.441,2 kal/gr dan nilai *net calorific value* rata-rata sebesar 4972,4 kal/gr untuk vendor 1, sedangkan nilai *gross calorific value* rata-rata sebesar 5.484,2 kal/gr dan nilai *net calorific value* rata –rata sebesar 5009,7 cal/gr untuk vendor 2. Dari data tersebut semua nilai rata-rata yang didapat sesuai dengan standar batubara yang digunakan untuk pembakaran bahan baku semen, sehingga dengan demikian diharapkan diperoleh kinerja pembakaran yang optimal

Kata Kunci : Inherent Moisture, Volatile Matter, Ash, Fixed Carbon, Nilai Kalor, dan Sulfur

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Batubara adalah bahan bakar hidrokarbon padat yang terbentuk dari tumbuhan dalam lingkungan bebas oksigen yang dipengaruhi oleh panas dan tekanan yang

berlangsung di alam dengan komposisi yang kompleks. Pada saat ini, penggunaan batubara digunakan sebagai bahan bakar di industri – industri, khususnya industri semen. Dalam industri pembuatan semen, batubara digunakan untuk membakar bahan baku semen dalam kiln sehingga membentuk klinker yang merupakan bahan dasar semen.

Kualitas batubara perlu diketahui terlebih dahulu agar sesuai dengan standar batubara yang digunakan di pabrik semen. Analisis kualitas yang dilakukan antara lain adalah analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalor batubara. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Kajian Kualitas Batubara Berdasarkan Analisis Proksimat, Total Sulfur dan Nilai Kalor untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT Semen Padang, Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat”.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalor pada batubara dan perhitungan statistiknya.
2. Mengetahui hubungan antara *fuel ratio* terhadap nilai kalor batubara
3. Mengetahui hubungan antara analisis proksimat dan total sulfur terhadap nilai kalor batubara.

B. Landasan Teori

Genesa Batubara

Proses pembentukan batubara memakan waktu hingga puluhan juta tahun, dimulai dari pembentukan gambut (*peat*) kemudian menjadi *lignite*, *sub-bituminous*, *bituminous* hingga antrasit. Proses pembentukan batubara/pembatubaraan (koalifikasi) dapat diartikan sebagai proses pengeluaran berangsur-angsur dari zat pembakar (O_2) dalam bentuk karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) hingga akhirnya menyebabkan konsentrasi karbon tetap (*fixed carbon*) dalam bahan asal batubara bertambah.

Analisa Proksimat

1. Air (Moisture)

Air yang terdapat pada batubara terdiri dari *inherent moisture* dan *free moisture*. Kandungan air pada batubara memberikan pengaruh negatif pada proses pemanfaatannya karena kadar air yang terlalu tinggi akan menimbulkan masalah dalam proses pembakaran. Adanya kandungan air yang cukup tinggi akan mengurangi kalori batubara pada saat pembakaran. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai *inherent moisture* :

$$IM = \frac{\text{Berat air yang hilang (g)}}{\text{Berat Sample (g)}} \times 100\%$$

2. Abu (*Ash*)

Abu terdiri dari senyawa- senyawa *silicon*, aluminium, besi, dan kalsium serta sejumlah kecil Na, Ti, K, Mg, Mn, dalam bentuk silikat, oksida, sulfat, dan posfat. Abu merupakan residu yang berasal dari *mineral matter* yang tersisa setelah batubara terbakar sempurna. Oleh karena itu semakin tinggi kandungan abu dalam batubara akan semakin berkurang nilai kalor batubara tersebut. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai abu :

$$Ash = \frac{\text{Berat Residu (gr)}}{\text{Berat sampel (gr)}} \times 100 \%$$

3. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Zat terbang terdiri dari gas yang mudah terbakar seperti H_2 , CO , metan dan uap

– uap yang mengembun seperti tar, juga gas CO₂ dan H₂O. Zat terbang sangat mempunyai hubungan dengan *rank* batubara, makin kecil zat terbang, makin tinggi *rank* batubara (Muchjidin, Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara, 2006).

Kandungan *volatile matter* (%) memengaruhi kesempurnaan pembakaran dan intensitas api yang dihasilkan oleh batubara. Hal ini didasarkan pada perbandingan antara kandungan karbon tertambat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*), yang disebut *fuel ratio*. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, semakin banyak juga jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar. Jika nilai perbandingan itu lebih dari 1,2, pengapian akan tidak optimal sehingga kecepatan pembakarannya akan menurun. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai *volatile matter* :

$$\% \text{ VM} = \left(\frac{\text{Berat akhir yang hilang (g)}}{\text{Berat Sample (g)}} \times 100\% \right) - \% \text{ Inherent Moisture}$$

4. Kandungan Karbon Tertambat (*Fixed Carbon*).

Karbon tertambat merupakan karbon yang terdapat pada batubara berupa zat padat. 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 *rank* batubara. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai *fixed carbon* :

$$\text{FC} = 100\% - \% \text{ IM} - \% \text{ Ash} - \% \text{ VM}$$

Kandungan Belerang (*Sulfur*)

Kandungan sulfur dalam batubara terbagi menjadi tiga bentuk sulfur pirit, sulfur organik dan senyawa sulfat. Dalam proses pembakaran, sulfur organik dan sebagian dari sulfur pirit akan teroksidasi menjadi SO₂ dan sebagian lagi menjadi SO₃. SO₂ bila beraksi dengan uap air dalam pembakaran dapat membentuk H₂SO₄.

Pemakaian batubara untuk industri-industri tertentu diperlukan persyaratan kandungan sulfur yang relatif rendah sekali, dimana standar maksimal kadar sulfur yang terkandung dalam batubara adalah di bawah 1%. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai sulfur :

$$\% \text{ Total Sulfur} = \frac{\text{Berat Residu (g)}}{\text{Berat Sample (g)}} \times 13.738$$

Kandungan Nilai Kalor (*Calorific Value*).

Nilai kalor batubara merupakan sejumlah panas yang dihasilkan dari pembakaran batubara bahan- bahan yang mudah terbakar seperti karbon, hidrogen dan sulfur dengan koreksi panas penguraian dan panas karena reaksi eksotermis dan endotermis dari pembakaran unsur- unsur pengotor batubara. Dalam pemilihan batubara, nilai kalor menjadi syarat utama pemilihan batubara sebagai bahan bakar.

1. Gross Calorific value

GCV (*gross calorific value*) menggambarkan panas total yang tersedia ketika diukur dengan metode standar apabila semua produk pembakaran dikembalikan ke suhu *ambient*. Berikut adalah rumus untuk

$$\text{Sulfur correction (\%)} = \text{Total sulfur in coal (\%)} \times 0,0942$$

$$\text{Gross calorific value (cal /gr)} = \text{Heat coal} - \text{sulfur correction}$$

2. Net Calorific Value

NCV (*net calorific value*) adalah panas berguna yang tersedia dari suatu batubara dan dihitung dari GCV dengan pengurangan kehilangan panas tertentu seperti panas-panas sensibel dan laten dari produk pembakaran.

$$\text{NCV} = \text{GCV} - F - (24,415 \times \text{IM})$$

Spesifikasi Batubara untuk Industri Semen

Tabel 1. Spesifikasi Batubara untuk Industri Semen

Parameter	Yang Diinginkan
<i>Inherent Moisture</i> (% -adb)	4-15
<i>Ash</i> (% -adb)	< 8
<i>Volatile Matter</i> (% - adb)	35-45
<i>Fixed carbon</i> (% -adb)	30-45
<i>Gross Calorific Value</i> (cal/gr – adb)	5100-6000
<i>Net Calorific Value</i> (cal/gr – adb)	4500-5500
Total Sulfur (% - adb)	< 1 %

C. Hasil Penelitian

Inherent Moisture, Ash, Volatile Matter, Fixed Carbon dan Total Sulfur

Tabel 2. Hasil Analisis Proksimat dan Total Sulfur dari Batubara Vendor 1

Kode Sampel	Analisa Proksimat(%)				Total Sulfur (%)
	IM(adb)	VM(adb)	ASH(adb)	FC(adb)	
BB 01	14.16	44.56	6.2	35.08	0.18
BB 02	14.62	43.9	6.1	35.38	0.19
BB 03	14.59	44.71	6.23	34.48	0.19
BB 04	13.61	44.7	5.63	36.06	0.20
BB 05	13.43	44.3	5.52	37.74	0.21
BB 06	13.28	44.05	4.71	37.97	0.17
BB 07	15.06	44.96	5.15	34.84	0.18
BB 08	13.72	43.65	5.76	36.87	0.19
BB 09	13.3	45.06	4.18	37.46	0.17
BB 10	13.22	44.43	3.96	38.39	0.16

Tabel 3. Hasil Analisis Proksimat dan Total Sulfur dari Batubara Vendor 2

Kode Sampel	Analisa Proksimat %				Total Sulfur (%)
	IM(adb)	VM(adb)	ASH(adb)	FC(adb)	
BB 11	15.17	43.61	7.23	33.99	0.21
BB 12	13.92	43.96	7.33	34.79	0.27
BB 13	13.76	43.91	7.34	34.99	0.26
BB 14	15.04	44.87	4.08	36.01	0.19
BB 15	14.14	43.54	4.50	37.82	0.17
BB 16	14.2	44.26	4.52	37.02	0.18
BB 17	13.87	43.64	4.34	38.14	0.18
BB 18	13.08	44.02	5.56	37.34	0.2
BB 19	13.7	43.22	5.96	37.12	0.17
BB 20	14.48	43.71	5.08	36.74	0.19

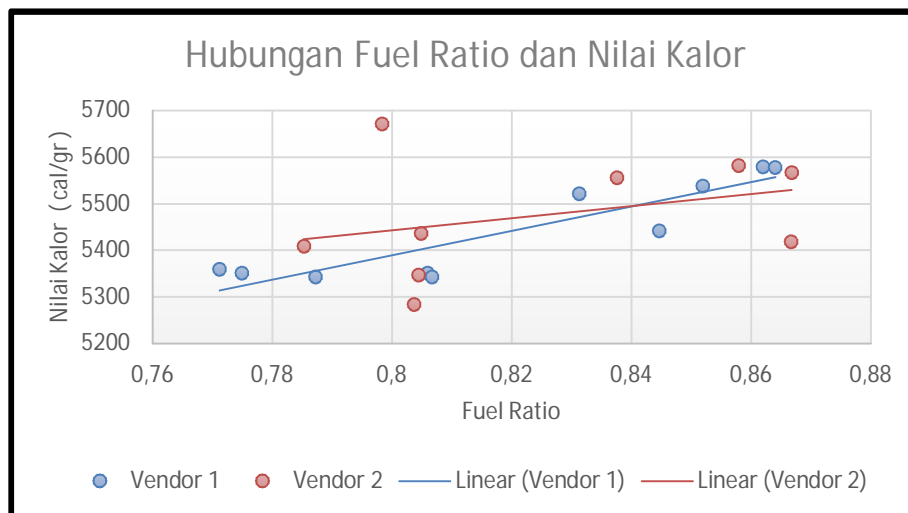
Gross Calorific Value dan Net Calorific Value

Tabel 4. Hasil Nilai *Gross Calorific Value* dari Batubara Vendor 1

Kode Sampel	Gross Calorific Value (cal/gr)	Net Calorific Value (cal/gr)
BB 01	5344	4869
BB 02	5451	4865
BB 03	5360	4874
BB 04	5344	4882
BB 05	5538	5080
BB 06	5580	5127
BB 07	5352	4854
BB 08	5442	4977
BB 09	5522	5067
BB 10	5579	5129

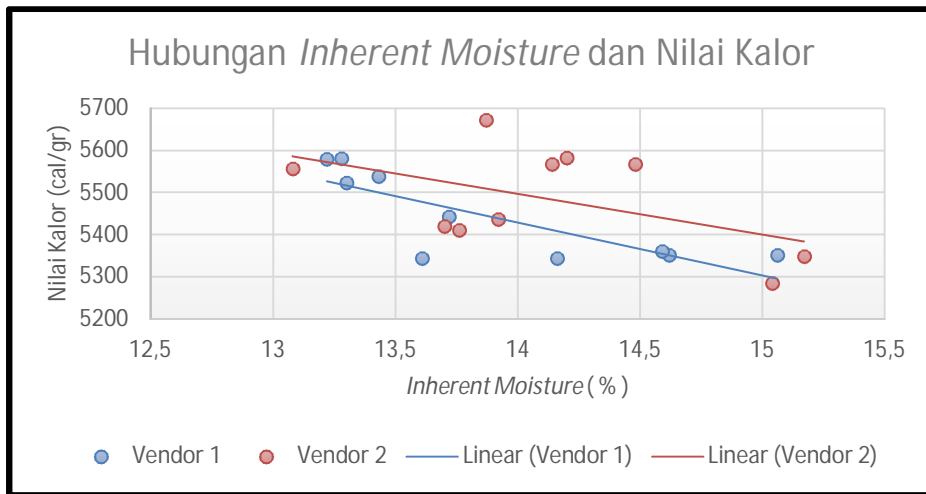
Tabel 5. Hasil Nilai *Gross Calorific Value* dari Batubara Vendor 2

Kode Sampel	Gross Calorific Value (cal/gr)	Net Calorific Value (cal/gr)
BB 11	5348	4848
BB 12	5437	4967
BB 13	5410	4944
BB 14	5285	4789
BB 15	5567	5093
BB 16	5582	5107
BB 17	5672	5203
BB 18	5556	5108
BB 19	5419	4954
BB 20	5566	5084



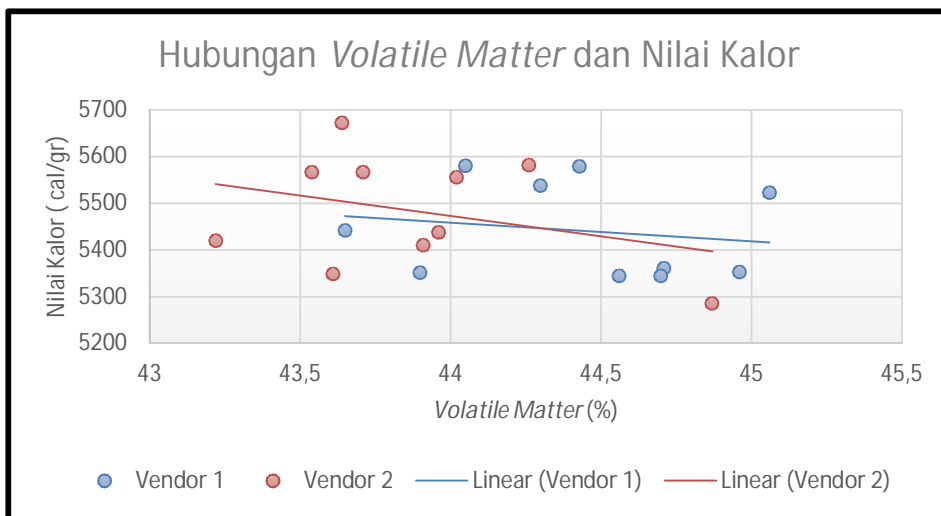
Gambar 1. Hubungan antara *Fuel Ratio* dan Nilai Kalor

Nilai *fuel ratio* adalah perbandingan nilai antara kadar karbon tertambat (*fixed carbon*) dan zat terbang (*volatile matter*). Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, semakin banyak juga jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar. Jika nilai perbandingan itu lebih dari 1,2, pengapian akan tidak optimal sehingga kecepatan pembakaran akan menurun. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, maka semakin tinggi nilai kalor.



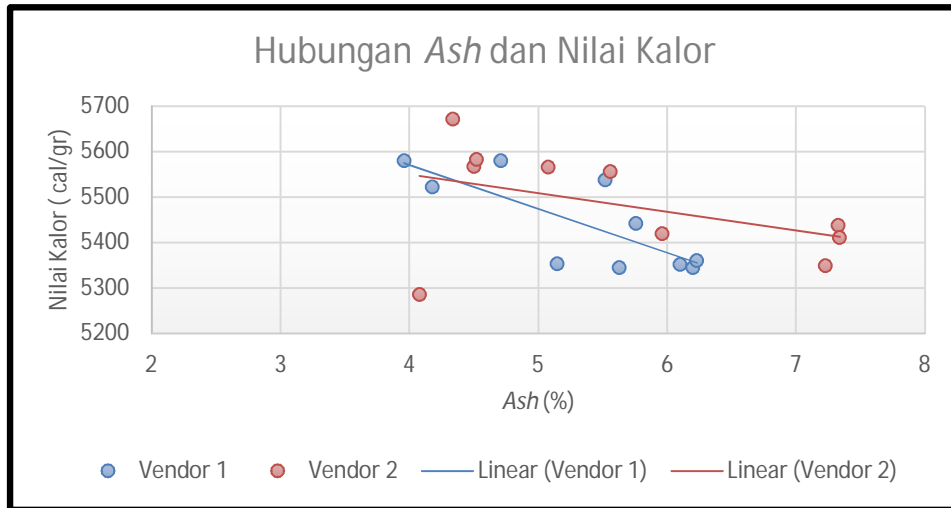
Gambar 2. Hubungan *Inherent Moisture* dan Nilai Kalor

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin tinggi nilai *inherent moisture* maka kualitas kalor batubara semakin menurun. Dalam proses pembakaran, adanya air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan berkurangnya kalori pada batubara. Hal ini disebabkan terserapnya sebagian panas untuk menguapkan.



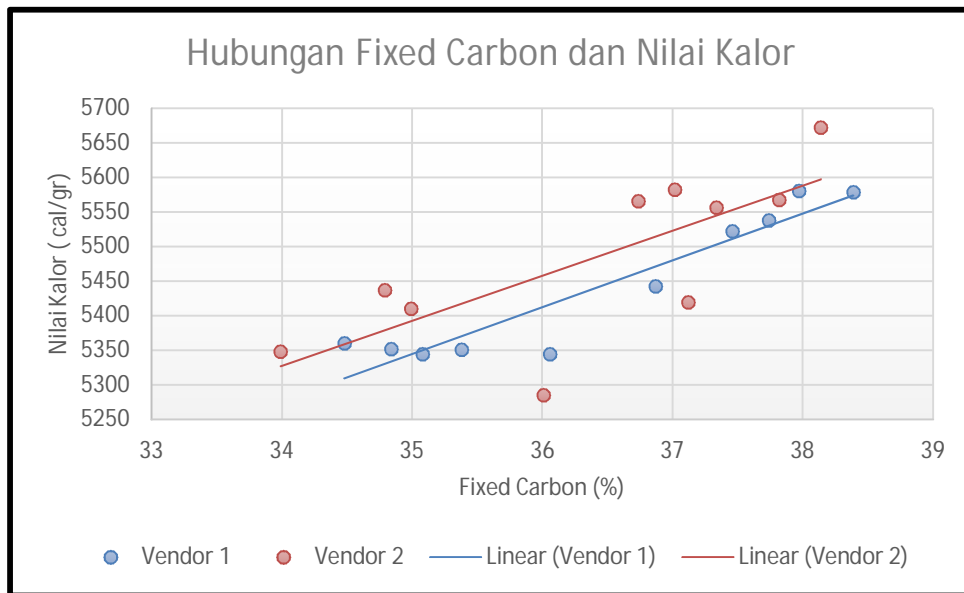
Gambar 3. Hubungan *Volatile Matter* dan Nilai Kalor

Berdasarkan grafik, terlihat bahwa semakin tinggi nilai *volatile matter* maka kualitas kalor batubara semakin menurun. *Volatile matter* akan mengganggu proses pembakaran. Hal ini dikarenakan *volatile matter* memiliki kadar gas yang mudah terbakar seperti karbon monoksida dan metan. Kadar zat terbang yang tinggi akan membuat batubara semakin cepat terbakar. Maka semakin tinggi kadar *volatile matter* maka makin rendah rank batubara.



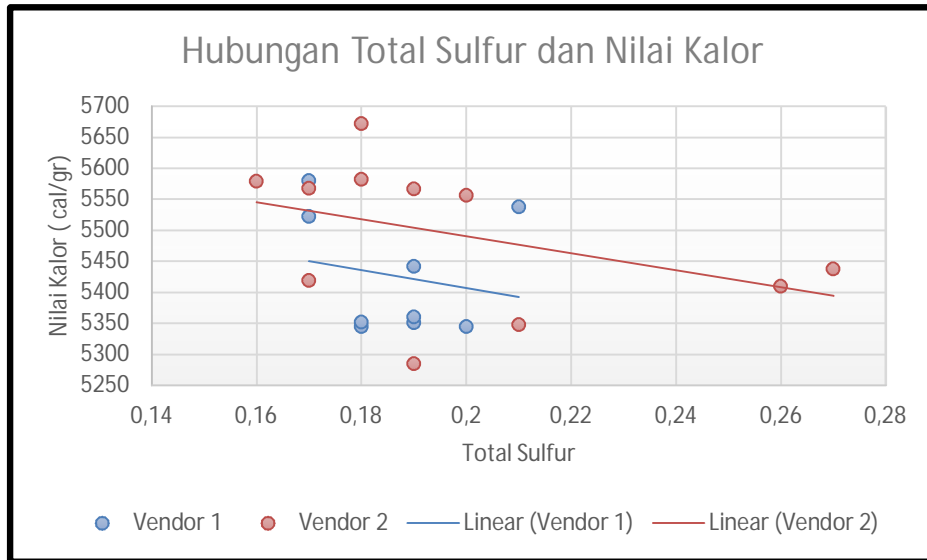
Gambar 4. Hubungan *Ash* dan Nilai Kalor

Berdasarkan grafik, maka semakin tinggi nilai abu maka semakin rendah nilai kalor batubara. Abu terdiri dari senyawa seperti besi, sulfat dan fosfat. Hal ini menyebabkan semakin banyak kadar abu maka semakin rendah nilai kalor batubara.



Gambar 5. Hubungan *Fixed Carbon* dan Nilai Kalor

Berdasarkan grafik, maka semakin tinggi nilai *fixed carbon* maka semakin tinggi nilai kalor yang dikandung oleh batubara. Karbon tertambat merupakan komponen utama yang terdapat pada batubara. Makin tinggi kadar karbon padat maka makin tinggi *rank* batubara.



Gambar 6. Hubungan Total Sulfur dan Nilai Kalor

Berdasarkan grafik, maka semakin tinggi nilai total sulfur maka semakin rendah nilai kalor batubara. Sulfur merupakan salah satu komponen utama dalam penggunaan bahan bakar. Banyaknya kadar sulfur maka akan mempengaruhi lingkungan.

D. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalor diperoleh :

Parameter	Parameter Statistik	Catatan	Keterangan
<i>Inherent Moisture</i> (4-15 %)	Nilai rata-rata : 13,899 Simpangan rata-rata : 1,16 Koefisien varian : 3,82 %	Perlu dilihat pada sampel BB 07, nilai <i>inherent moisture</i> melebihi ambang batas. Semakin tinggi nilai <i>inherent moisture</i> maka nilai kalor semakin turun.	Range pada <i>inherent moisture</i> adalah 13 - 15 %, maka memenuhi syarat
<i>Volatile Matter</i> (35-45 %)	Nilai rata-rata : 44,432 Simpangan rata-rata : 0,366 Koefisien varian : 1,033 %	Perlu dilihat pada sampel BB 07 nilai <i>volatile matter</i> mendekati nilai ambang batas atas. Semakin tinggi nilai <i>volatile matter</i> maka nilai kalor semakin turun.	Range pada <i>volatile matter</i> adalah 43 - 45 % maka memenuhi syarat
Ash (< 8 %)	Nilai rata-rata : 5,344 Simpangan rata-rata : 0,6752 Koefisien varian : 15,38 %	Semakin tinggi nilai ash maka nilai kalor semakin turun	Range pada ash adalah 3 - 6 % maka memenuhi syarat
<i>Fixed Carbon</i> (30 - 45 %)	Nilai rata-rata : 36,427 Simpangan rata-rata : 1,259 Koefisien varian : 3,94 %	Semakin tinggi nilai <i>fixed carbon</i> maka nilai kalor batubara semakin meningkat	Range pada <i>fixed carbon</i> adalah 34 - 38 % maka memenuhi syarat
Total Sulfur (< 1 %)	Nilai rata-rata : 0,184 Simpangan rata-rata : 0,012 Koefisien varian : 8,18 %	Semakin tinggi nilai total sulfur maka nilai kalor batubara semakin menurun	Range pada total sulfur adalah 0,16-0,21 maka memenuhi syarat
<i>Gross Calorific Value</i> (5.100 -6.000 cal/gr)	Nilai rata-rata : 5441,2 Simpangan rata-rata : 91 Koefisien varian : 1,89 %		Range pada <i>gross calorific value</i> adalah 5.300 - 5.500 cal/gr maka memenuhi syarat
<i>Net Calorific Value</i> (4.500-5.500 cal/gr)	Nilai rata-rata : 4972,4 Simpangan rata-rata : 97,3 Koefisien varian : 2,22 %		Range pada <i>net calorific value</i> adalah 4.800-5.100 cal/gr maka memenuhi syarat

Gambar 1. Vendor 1

Parameter	Parameter Statistik	Catatan	Keterangan
<i>Inherent Moisture</i> (4-15 %)	Nilai rata-rata : 14,136 Simpangan rata-rata : 0,47 Koefisien varian : 4,4 %	Perlu dilihat pada sampel BB 11 dan BB 14, nilai <i>inherent moisture</i> melebihi ambang batas.	Range pada <i>inherent moisture</i> adalah 13 - 15 %, maka memenuhi syarat
<i>Volatile Matter</i> (35-45 %)	Nilai rata-rata : 43,784 Simpangan rata-rata : 0,33 Koefisien varian : 1,036 %	Semakin tinggi nilai <i>volatile matter</i> maka nilai kalor semakin turun.	Range pada <i>volatile matter</i> adalah 43 - 44% maka memenuhi syarat
<i>Ash</i> (< 8 %)	Nilai rata-rata : 5,594 Simpangan rata-rata : 1,09 Koefisien varian : 23,34 %	Perlu dilihat pada sampel BB 11, BB 12, BB 13 mendekati nilai ambang batas. Maka semakin tinggi nilai abu maka semakin rendah nilai kalor batubara.	Range pada <i>ash</i> adalah 4 -7% maka memenuhi syarat
<i>Fixed Carbon</i> (30 - 45 %)	Nilai rata-rata : 36,396 Simpangan rata-rata : 1,16 Koefisien varian : 3,82 %	Semakin tinggi nilai <i>fixed carbon</i> maka nilai kalor batubara semakin meningkat	Range pada <i>fixed carbon</i> adalah 35 - 38 % maka memenuhi syarat
Total Sulfur (< 1 %)	Nilai rata-rata : 0,202 Simpangan rata-rata : 0,0232 Koefisien varian : 16,63 %	Semakin tinggi nilai total sulfur maka nilai kalor batubara semakin menurun	Range pada total sulfur adalah 0,17 - 0,27 maka memenuhi syarat
<i>Gross Calorific Value</i> (5.100 -6.000 cal/gr)	Nilai rata-rata : 5484,2 Simpangan rata-rata : 104 Koefisien varian : 2,22 %		Range pada <i>gross calorific value</i> adalah 5.400 - 5.600 cal/gr maka memenuhi syarat
<i>Net Calorific Value</i> (4.500-5.500 kal/gr)	Nilai rata-rata : 5009,7 Simpangan rata-rata : 106,85 Koefisien varian : 2,48 %		Range pada <i>net calorific value</i> adalah 4.700- 5.200 kal/gr maka memenuhi syarat

Gambar 2. Vendor 2

- Berdasarkan perhitungan *fuel ratio* yang diperoleh, didapatkan bahwa nilai dari kedua vendor berada di bawah 1,2. Hal itu mengindikasikan bahwa pengapian akan optimal sehingga kecepatan pembakaran akan meningkat. Semakin tinggi nilai *fuel ratio*, semakin banyak juga jumlah karbon di dalam batubara yang tidak terbakar. Maka semakin tinggi nilai *fuel ratio*, nilai kalor semakin tinggi juga.
- Semakin tinggi nilai *inherent moisture* maka semakin rendah nilai kalor. Adanya air yang terlalu berlebihan menyebabkan berkurangnya nilai kalor. Semakin tinggi nilai *volatile matter* maka semakin rendah nilai kalor. *Volatile matter* mengandung kandungan gas yang mudah terbakar, maka akan mempengaruhi nilai kalor. Semakin tinggi nilai abu maka semakin rendah nilai kalor yang terdapat batubara. Hal ini disebabkan komponen abu yang dapat mengganggu pembakaran. 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. Semakin tinggi nilai total sulfur, maka semakin rendah nilai kalor.

Saran

- Dalam proses pengambilan data , diperlukan proses pengambilan data yang baik dan sesuai dengan standar operasional yang berlaku. Sehingga dapat diperoleh data yang sesuai dengan yang ada.
- Proses pengujian sebaiknya dilakukan secara manual dan dengan alat. Sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil. Hasil yang diperoleh pun akan lebih beragam sehingga dapat dilakukan analisa yang lebih lanjut dan menyeluruh.

Daftar Pustaka

Amaliyah, Novriany. "Analisis Komposisi Abu Batubara Mutu Rendah Terhadap Pembentukan Slagging dan Fouling Index Pada Boiler". Universitas Islam

Bandung.

- Bilkial, Bilki. "Studi Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Analisa Proksimat dan Nilai Ketergerusan Batubara Pada Sampel Batubara Sumatera Selatan dan Kalimantan Selatan Dengan Standar ASTM". Universitas Islam Bandung.
- Ega, Satria. "Analisis Komposisi Abu Batubara Terhadap Pembentukan Slagging dan Fouling Index Pada PLTU". Universitas Islam Bandung.
- Irwandy, Arif. "Batubara Indonesia". Kompas Gramedia, Jakarta
- Muchjidin. 2006, Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara, ITB, Bandung
- Pringadi, Rudi. Ir, 1995, "Teknologi Pembuatan Semen" PT. Semen Tonasa Biringere Pangkep Sulawesi Selatan.
- R.Ward, Colin, 1984, "Coal Geology and Coal Technology", Blackwell Scientific Publicaton.
- Permadi, Rendy. 2015. "Analisis Batubara dalam Penentuan Kualitas Batubara untuk Pembakaran Bahan Baku Semen di PT Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. Palimanan-Cirebon". Universitas Islam Bandung
- Sukandarrumidi, "Pemanfaatan Batubara", Universitas Gajah Mada
- Speight, G. James, 2005, "Handbook of Coal Analysis", Volume 166, Wiley-Interscience.
- Tirtosoekotjo, Soedjoko, 2002, Batubara Indonesia. PUSLITBANG tekMIRA
- , 2006, "Annual Book of ASTM Standards", ASTM Publisher, Baltimore.