

Kajian Pengaruh Perubahan Kadar Air Total Batubara terhadap Perubahan Nilai Kalor dan Harga Batubara

Study of the Effects of Changes in Total Moisture Content of Coal on Changes in Coal Calorific Value and Prices

Bayu Cipta laksana¹, Edy Jamal Tuheteru^{2*}, Suliestyah³, Pantjanita Novi Hartami⁴, Chairul Nas⁵, dan Hermanto Saliman⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jalan Kyai Tapa No.1, Tomang, Grogol Petamburan, Jakarta Barat 11440

*E-mail untuk korespondensi (*corresponding author*): ejtuheteru@trisakti.ac.id

ABSTRAK – Harga batubara bergantung pada kualitas yang dimiliki oleh batubara tersebut, semakin baik kualitas batubara yang dimiliki maka harga batubara juga akan tinggi. Kualitas batubara yang baik jika memiliki nilai kalor yang tinggi, dan kadar pengotor lainnya rendah seperti kadar abu, kadar zat terbang dan kadar pengotor lainnya. Melihat hubungan antara nilai kualitas tersebut, maka perlu adanya penelitian yang terkait dengan hubungan kadar air dengan nilai kalori batubara serta hubungannya terhadap harga batubara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar air total terhadap nilai kalor batubara dan bagaimana pengaruh perubahan kadar air total terhadap harga batubara. Penelitian dilakukan di salah satu perusahaan tambang batubara yang berada di wilayah Jambi yang memiliki nilai kadar air total hingga 46%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa dengan dilakukan *upgrading* batubara pada variasi suhu berpengaruh terhadap kandungan air batubara, sehingga juga berpengaruh terhadap nilai kalori batubara. Pada variasi setelah suhu awal (100°C) yakni 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C, nilai kandungan Total air berkurang: 38,17%; 30,52%; 15,87% dan 7,47%, sehingga terjadi peningkatan nilai kalori batubara sebesar 4.676 Kcal/kg, 5.126 Kcal/kg, 5.660 Kcal/kg dan 6.204 Kcal/Kg. Berat sampel batubara mengalami penurunan pada suhu 200°C, 250°C dan 300°C sebesar 554,3 gr, 456 gr dan 372,3 gr. Perubahan terhadap kualitas batubara setelah *upgrading* juga berpengaruh terhadap nilai Harga Patokan Batubara pada variasi suhu 100°C, 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C, HPB menjadi 272,28 Rp/Kg; 425,94 Rp/Kg; 532,48 Rp/Kg; 744,42 Rp/Kg dan 911,74 Rp/Kg, dengan adanya perubahan HPB, berakibat terhadap perubahan harga total batubara yang juga mengalami penurunan berat, adapun harga total batubara untuk setiap kilogram beratnya adalah Rp 190,60; Rp 259,82; Rp 292,86; Rp 342,43 dan Rp 337,34.

Kata kunci: harga, kualitas, *upgrading* batubara, suhu

ABSTRACT – *The price of coal depends on the quality of the coal, the better the quality of the coal, the higher the price of coal will be. Coal quality is good if it has a high heating value, and other low impurities such as Ash content, fly substances and other impurities. Seeing the relationship between these quality values, it is necessary to have research related to the relationship of water content with the calorific value of coal and its relationship to coal prices. This study aims to determine changes in total water content to the calorific value of coal and how the effect of changes in total water content on coal prices. The study was conducted at a coal mining company located in the Jambi region which has a total moisture content of up to 46%. Based on research that has been done, it shows that upgrading coal at temperature variations affects the coal water content, so it also affects the calorific value of coal. In the variations after initial temperature (100°C) namely 150°C, 200°C, 250°C and 300°C, the total water content value is reduced: 38.17%; 30.52%; 15.87% and 7.47%, resulting in an increase in the calorific value of coal by 4,676 Cal / gr, 5,126 Cal / gr, 5,660 Cal / gr and 6,204 Cal / gr. Coal sample weight decreased at temperatures of 200°C, 250°C and 300°C by 554.3 gr, 456 gr and 372.3 gr. Changes to the quality of coal after upgrading also affect the value of the Benchmark Coal Prices at variations in temperature of 100°C, 150°C, 200°C, 250°C and 300°C, HPB to 272.28 Rp / kg; 425.94 Rp / kg; 532.48 Rp / kg; 744.42 Rp / kg and 911.74 Rp / kg, with a change in HPB, resulting in changes in the total price of coal which also experienced a weight reduction, while the total price of coal for each kilogram of weight was Rp 190.60; Rp.259.82; Rp.292.86; Rp. 342.43 and Rp. 337.34.*

Keywords: price, coal upgrading, heat, quality.

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia menggunakan batubara sebagai sumber energi pengganti Bahan Bakar Minyak (BBM) terutama untuk menghindari ketergantungan kepada BBM. Pengalaman akan krisis energi diperoleh Pemerintah Indonesia di tahun 1973 dimana pada saat itu terjadi embargo minyak oleh negara-negara Arab terhadap Amerika Serikat dan negara-negara industri lainnya dan disusul keputusan OPEC (organisasi negara-negara pengekspor minyak) untuk menaikkan harga BBM lima kali lipat. Dalam rangka memenuhi peningkatan kebutuhan akan tenaga listrik khususnya di pulau Jawa sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah serta untuk meningkatkan pemanfaatan sumber energi primer dan diversifikasi sumber energi primer untuk pembangkit tenaga listrik, maka dibangun PLTU dengan menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama yang merupakan sumber energi primer kelima disamping energi air, minyak bumi dan panas bumi. Indonesia tercatat sebagai salah satu produsen batubara terbesar, eksportir batubara terbesar kedua, dan eksportir batubara thermal terbesar di dunia.

Kementerian ESDM memperkirakan, produksi batubara pada 2012 sebesar 332 juta ton dan Badan Usaha Pertambangan Batubara diwajibkan untuk memenuhi presentase minimal penjualan batubara untuk kepentingan dalam negeri sebesar 24,72 persen (82,07 juta ton) dari perkiraan total batubara. Menteri ESDM dalam Kepmen ESDM nomor 1991 K/30/MEM/2011 menjelaskan, saat ini terdapat 63 perusahaan pertambangan yang wajib memenuhi *Domestic Market Obligation* (DMO). Terdiri dari 40 perusahaan perjanjian karya perusahaan pertambangan batubara, 22 perusahaan izin usaha pertambangan batubara dan satu perusahaan BUMN. Kebutuhan dalam negeri sebesar 82,07 juta ton tersebut, paling besar dialokasikan untuk pembangkit listrik PLN sebesar 57,20 persen atau sebesar 69,70 persen dari alokasi DMO. Sedangkan pembangkit swasta diperkirakan akan menggunakan batubara sebesar 10,76 juta ton atau 13,11 persen dari alokasi DMO (Lihat Tabel 1).

Tabel 1. Konsumsi Batubara dalam Negeri (ESDM, 2011)

No.	PERUSAHAAN	KONSUMSI (JUTA TON)			GCV (Kkal/Kg) dalam GAR
		2010	2011	2012	
PLTU					
A	1. PT PLN (Persero)	45,1	55,82	57,20	4.000 – 5.200
	2. IPP	9,1	8,97	13,11	4.000 – 5.200
	3. PT FREEPORT INDONESIA	0,78	0,83	0,83	5.650 – 6.150
	4. PT NEWMONT NUSA TENGGARA	0,52	0,47	0,54	5.900
	5. PT PUSAKA JAYA PALU POWER	-	0,19	0,19	5.000
METALURGI					
B	1. PT INCO	0,16	0,14	0,16	5.900
	2. PT ANTAM Tbk	0,15	0,20	0,19	≥ 6.000
SEMEN, PUPUK DAN TEKSTIL					
C	1. SEMEN	7,6	8,86	8,40	4,100 – 6.300
	2. PUPUK	0,35	0,92	1,58	4,000 – 5.000
	3. TEKSTIL DAN PRODUK TEKSTIL	1,2	0,60	1,93	5,000 – 6.500
	4. PULP	-	1,97	0,60	
TOTAL		64,96	78,97	82,07	

Pemerintah telah menetapkan Harga Patokan Batubara (HPB), hal ini dilakukan untuk menata dan menjadi patokan dalam jual beli batubara di Indonesia selain itu untuk mendukung dan mendorong perusahaan batubara untuk mendukung program pemerintah terkait dengan DMO.

Harga batubara sangat bergantung pada kualitas yang dimiliki, Nilai kalori (Calorific Value) dan kadar air total (Total Moisture) merupakan faktor utama yang menentukan harga batubara disamping kadar abu (Ash Content), kadar zat terbang (Volatile Matter), kadar air lembab (Inherent Moisture), Kadar Sulfur (Total Sulfur), dan karbon terikat (Fixed Carbon). Semakin tinggi nilai kalori maka semakin rendah kadar air maka harga batubara semakin naik. Jika pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Saputro (2011), Proboseno (2013), dan Wellyanto (2014) menyimpulkan bahwa kadar air total dapat diturunkan dengan menggunakan polimer, dengan demikian nilai kalori meningkat. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah *upgrading* dengan cara pemanasan sampel batubara. Dalam hal ini, pemanasan sampel batubara dicampur dengan campuran air dan membandingkan hubungan antara pemanasan batubara dengan peningkatan nilai kalori.

METODE

Metodologi penelitian yang direncanakan untuk penelitian ini meliputi beberapa tahapan (Gambar 2), yakni studi pustaka, pengambilan data di lapangan, eksperimentasi dan pengujian laboratorium, analisis data dan pembahasan serta penarikan kesimpulan.

Studi Pustaka

Melakukan studi pustaka yang mendukung penelitian. Studi pustaka ini dilakukan sebelum dan selama penelitian berlangsung.

Pengumpulan Data Sekunder

Data yang diperoleh dari PT Citra Tobindo Sukses Perkasa (PT CTSP) yaitu berupa data lokasi penambangan batubara, kondisi geologi dan geografis, dan data kualitas endapan batubara di PT CTSP. Lokasi PT CTSP terletak di Kecamatan Mandiangin, Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Dari hasil pemboran diketahui bahwa terdapat empat lapisan batubara, lapisan ini mempunyai ketebalan bervariasi dari satu bor ke bor yang lain yaitu Seam A (Lapisan Atas) mempunyai ketebalan antara 1-3 meter; Seam B (Lapisan Tengah) mempunyai ketebalan antara 8-10 meter, dan Seam C (Lapisan Bawah) mempunyai ketebalan 3-5 meter.

Pengambilan Sampel Batubara

Proses pengambilan sampel ini dilakukan di PT CTSP dengan menggunakan teknik *channel sampling* atau menggunakan bantuan alat penggarukan oleh alat *excavator*. Sampel yang diambil terdiri dari 3 (tiga) lapisan, yaitu Seam A (Lapisan Atas/*Upper Seam*) sebanyak 20 Kg, Seam B (Lapisan tengah/*Middle Seam*) sebanyak 21 Kg, dan Seam C (Lapisan Bawah/*Lower Seam*) sebanyak 28 kg. Berdasarkan hasil analisa di PT Surveyor Indonesia, kualitas batubara di PT CTSP adalah sebagai berikut: *Total Moisture* 46,2% ar; *Inherent Moisture* 11,34% adb; *Ash Content* 5,84% adb; *Volatile Matter* 43,54% adb; *Fixed Carbon* 39,38% adb; Total Sulphur: 0,37 % adb; Gross Calorific Value: 5.479 kcal/kg dan HGI 59.

Eksperimentasi/Pengujian Laboratorium

Data primer pada penelitian ini didapatkan dengan melakukan analisis di laboratorium, tahapan eksperimen dan perhitungan hasil analisa diuraikan sebagai berikut:

a. Uji kualitas batubara

Melakukan analisa kualitas batubara meliputi: Kandungan Total Air, analisis proksimat, uji kadar sulfur dan nilai kalori batubara terhadap sampel batubara yang diperoleh dari lapangan. Sampel dengan nilai *Total Moisture* yang tinggi dijadikan sebagai sampel untuk tahapan selanjutnya.

b. Upgrading Batubara

Proses *upgrading* batubara dilakukan dengan skala laboratorium, dengan menggunakan alat *autoclave*, prosedur proses *upgrading* adalah sebagai berikut:

- **Preparasi Sampel**

Preparasi sampel dilakukan secara manual dengan menggunakan alat palu dengan cara batubara yang dari bongkahan ukuran besar dipukul sehingga diperoleh ukuran yang kecil, kemudian dilakukan pengayakan untuk mendapatkan sampel yang lolos ayakan 2,48 cm.

- **Pembagian Sampel**

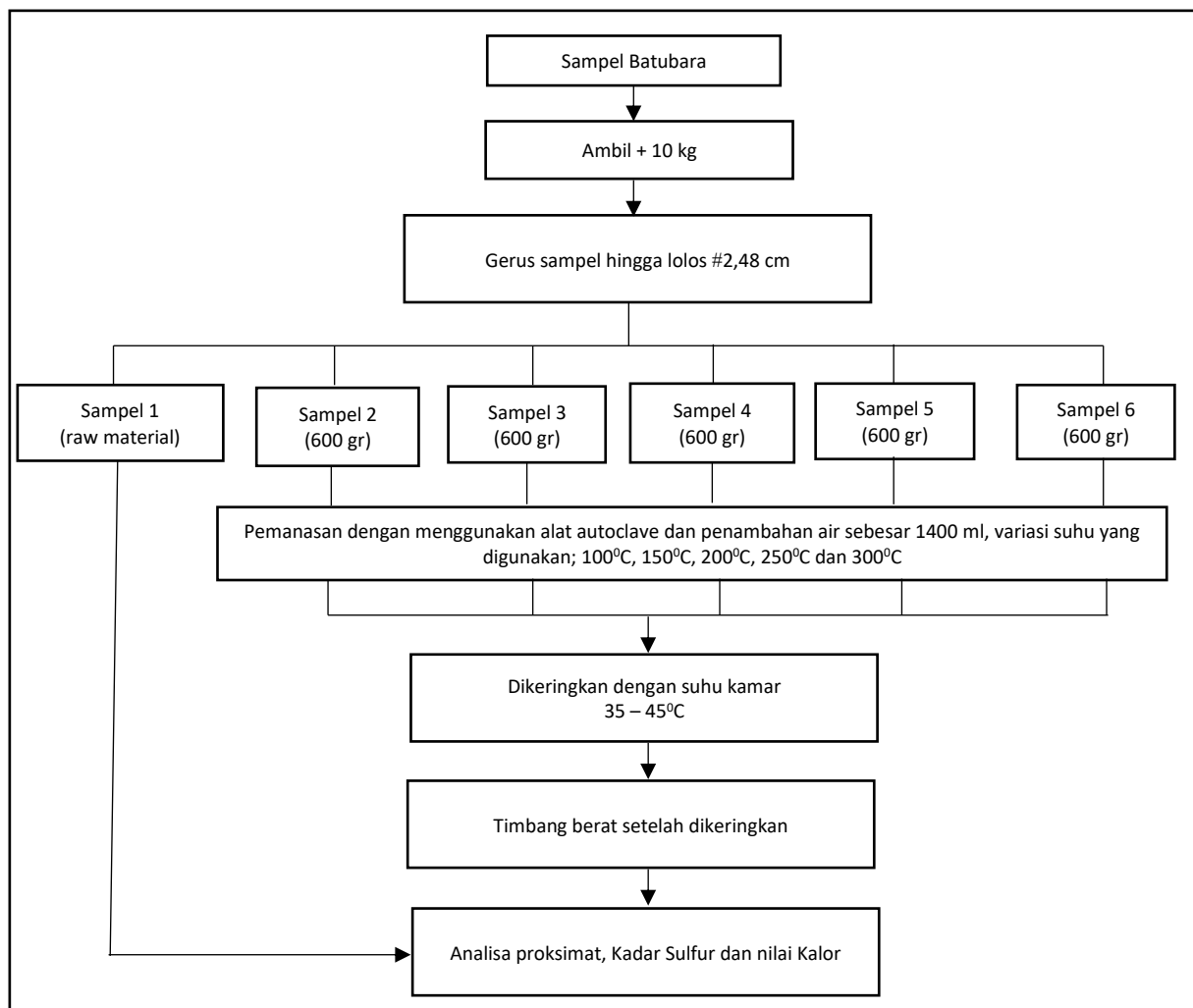
Setelah dikecilkan hingga lolos ayakan 2,48 cm, dilakukan pembagian sampel menjadi 6 bagian sampel yang akan digunakan untuk analisa lanjutan, ke enam sampel tersebut terdiri atas: sampel raw material (batubara asli tanpa pemanasan *autoclave*), sampel untuk pemanasan dengan variasi suhu yakni untuk suhu 100°C, 150°C, 200°C, 250°C, dan 300°C. Khusus sampel batubara yang akan dilakukan pemanasan *autoclave*, masing-masing sampel ditimbang beratnya yakni sebesar 600 gr.

- **Pemanasan dengan *Autoclave***

Setelah pembagian sampel, maka 5 sampel yang telah ditimbang beratnya akan dilakukan pemanasan dengan menggunakan *autoclave* dengan suhu masing - masing 100°C, 150°C, 200°C, 250°C, dan 300°C serta dengan waktu yang sama, yaitu 100 menit.

- **Pengeluaran Sampel dari *Autoclave***

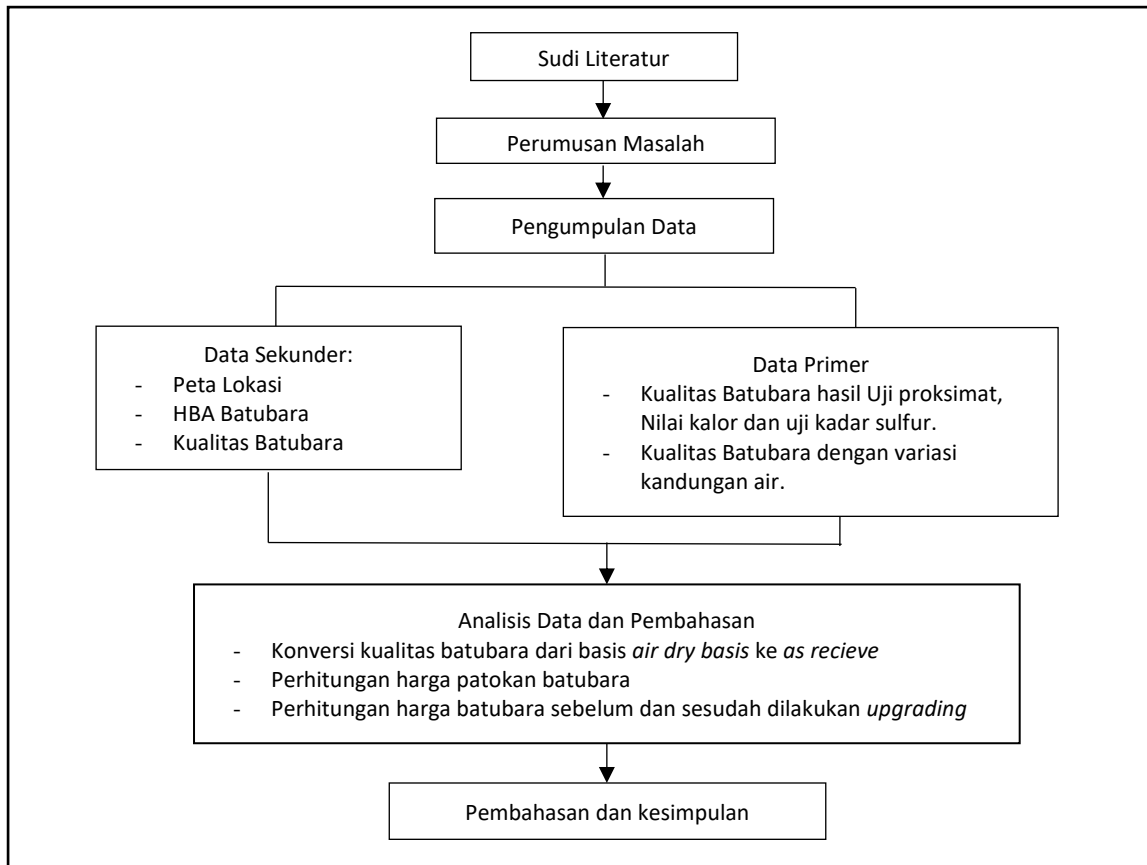
Setelah dilakukan proses pemanasan, sampel dikeluarkan untuk dilakukan tahapan selanjutnya adalah menimbang dan Analisa kualitas batubara. Adapun proses pengeluaran sampel. Proses *upgrading batubara* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses *upgrading batubara*

c. Uji kualitas batubara setelah *upgrading*

Melakukan analisa kualitas batubara meliputi total air dengan menggunakan ASTM D3302, (ASTM, 2014), Analisa air lembab menggunakan standar ASTM D3173, (ASTM, 2013), analisis kadar abu menggunakan standar ASTM D3174 (ASTM, 2002), analisa zat terbang menggunakan standar ISO 562 (ISO, 2010), perhitungan kadar karbon padat menggunakan standar ASTM D3172 (ASTM, 2013), analisa nilai kalori batubara menggunakan standar ASTM D5865 (ASTM, 2003) dan analisa total sulfur menggunakan standar ASTM 4239 (ASTM, 2008), analisa kaulitas batubara ini dilakukan di Laboratorium Pengujian *tekMira*, Bandung.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

d. Konversi dasar pelaporan kualitas batubara

Basis hasil analisa batubara keluaran dari laboratorium biasanya hanya satu atau dua basis pelaporan, oleh karena itu dibutuhkan faktor pengali yang digunakan untuk mengkonversi hasil analisis pada suatu basis (dasar pelaporan) tertentu ke basis yang lain (Tabel 2). M adalah *moisture* (% berat) dan A adalah *ash* (% berat).

Tabel 2. Faktor pengali untuk konversi dasar pelaporan (Speight, 2005)

Given	Air dried basis (adb)	As received basis (ar)	Dry basis (db)	Dry ash free basis (daf)
Air dried basis (adb)	-	$\frac{100 - M_{as}}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - M_{ad}}$	$\frac{100}{100 - (M_{ad} + A_{ad})}$
As received basis (ar)	$\frac{100 - M_{ad}}{100 - M_{as}}$	-	$\frac{100}{100 - M_{as}}$	$\frac{100}{100 - (M_{as} + A_{as})}$

Given	Air dried basis (adb)	As received basis (ar)	Dry basis (db)	Dry ash free basis (daf)
Dry basis (db)	$\frac{100 - Mad}{100}$	$\frac{100 - Mas}{100}$	-	$\frac{100}{100 - Ad}$
Dry ash free basis (daf)	$\frac{100 - (Mad + Aad)}{100}$	$\frac{100 - (Mas + Aas)}{100}$	$\frac{100 - Ad}{100}$	-

e. Penentuan nilai Harga Patokan Batubara (HPB)

Cara menghitung HPB dengan menggunakan persamaan 1:

$$HPB (j) = \frac{(HBA \text{ Price Marker } (i) + ((B (i) + U (i)) - (B (j) + U (j))) * ((100 - \text{Kandungan Air } (j)) / (100 - \text{Kandungan Air } (i))) * (K(j) / K(i)))}{[USD/ton]} \quad (1)$$

Dimana:

- HPB = HPB batubara selain batubara Price Marker [USD/ton]
- K (i) = Nilai Kalor Batubara (i) / 6322 [fraksi]
- B (i) = (Kandungan Belerang Batubara (i) - 0,8) * 4 [USD/ton]
- U (i) = (Kandungan Abu Batubara (i) - 15) * 0,4 [USD/ton]
- (i) = price marker 1 - 8
- (j) = batubara lain 1 - n

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Batubara setelah *Upgrading*

Sampel yang telah ditentukan kemudian dilakukan uji kualitas batubara dengan melakukan pengujian proksimat dan nilai kalor batubara, sesuai dengan jumlah perlakuan yang telah ditentukan, untuk sampel ini dilakukan perlakuan sebanyak 5 kali sesuai dengan perbedaan temperatur dan satu lagi sebagai raw material, sehingga diperoleh total pengujian sebanyak 6 sampel. Temperature yang digunakan pada perlakuan ini adalah sebesar 100°C, 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C, perbedaan temperature ini dilakukan di alat autoclave dengan mengalirkan gas nitrogen, tanpa adanya kehadiran oksigen dan telah dicampur dengan 1400 ml air, pemanasan dilakukan selama 100 menit atau 1 jam 40 menit. Hasil uji kualitas batubara untuk semua sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kualitas *Upgrading Coal*

No.	Perlakuan	TM (% Ar)	IM (% adb)	ASH (% adb)	VM (% adb)	FC (% adb)	TS (% adb)	CV Kcal/Kg
1	Raw	42,10	26,08	2,56	37,12	34,24	0,22	4.418
2	100°C	43,38	27,38	2,43	37,40	33,35	0,20	4.410
3	150°C	38,17	23,23	2,54	37,40	36,83	0,21	4.676
4	200°C	30,52	17,54	2,28	39,31	40,87	0,22	5.126
5	250°C	15,97	11,75	3,33	40,48	44,44	0,23	5.660
6	300°C	7,47	7,28	4,17	37,01	51,54	0,23	6.204

Hasil uji kualitas batubara yang terlihat pada Tabel 3 merupakan hasil uji pada basis *air dry basis* (adb), sementara untuk menghitung harga batubara, digunakan basis *as recived* (ar), sehingga hasil yang telah diperoleh pada Tabel 3 perlu dilakukan konversi, konversi dilakukan dengan perhitungan sesuai dengan persamaan pada Tabel 2. Diperoleh hasil konversi kualitas batubara, seperti yang terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Konversi kualitas *upgrading coal*

No.	Perlakuan	ASH (%, ar)	VM (%, ar)	FC (%, ar)	TS (%, ar)	CV (Kcal/Kg, ar)
1	Raw	2,04	29,47	27,18	0,17	3.508
2	100°C	1,90	28,73	26,00	0,16	3.438
3	150°C	2,05	30,12	29,66	0,17	3.766
4	200°C	1,92	33,12	34,43	0,19	4.319
5	250°C	3,17	38,54	42,32	0,22	5.389
6	300°C	4,16	36,93	51,54	0,23	6.192

Berat Batubara setelah *Upgrading*

Berat batubara diukur sebelum dilakukan pemanasan dan setelah pemanasan, pengukuran berat batubara ini, dilakukan untuk melihat pengaruh pemanasan terhadap berat batubara yang dijadikan sebagai sampel pengujian. Perubahan berat batubara ini akan berpengaruh terhadap jumlah pendapatan yang diperoleh hasil penjualan batubara. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh berat batubara seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Berat batubara setelah *upgrading*

No.	Perlakuan	Berat batubara sebelum pemanasan (gr)	Berat batubara setelah pemanasan (gr)
1	Raw	600,0	600,0
2	100°C	600,9	700,4
3	150°C	600,7	611,1
4	200°C	600,4	554,3
5	250°C	600,9	456,6
6	300°C	600,7	372,3

Harga Batubara setelah *Upgrading*

Berdasarkan Perdirjen No. 515.K tahun 2011, faktor yang berpengaruh terhadap harga batubara adalah nilai kalori, kadar air total, kadar sulfur, kadar abu dan harga batubara acuan yang berubah setiap bulannya. Pada perhitungan harga batubara ini menggunakan harga batubara acuan (HBA) yang diterbitkan pada bulan April 2015 yakni sebesar \$64,48. Persamaan yang digunakan untuk menghitung harga batubara adalah persamaan 1, sehingga diperoleh hasil HPB setelah dilakukan *upgrading* seperti terlihat pada Tabel 6. Berdasarkan data harga tersebut diperoleh total harga batubara sesuai dengan berat dari setiap sampel, hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6. Nilai Harga Patokan Batubara (HPB)

No	Batubara	HPB (USD/Ton)	HPB <i>upgrading</i> (Rp/kg)
1	Raw	21,56	280,85
2	100°C	20,97	272,28
3	150°C	32,76	425,94
4	200°C	40,96	532,48
5	250°C	57,26	744,42
6	300°C	70,13	911,74

Tabel 7. HPB Batubara setelah *upgrading*

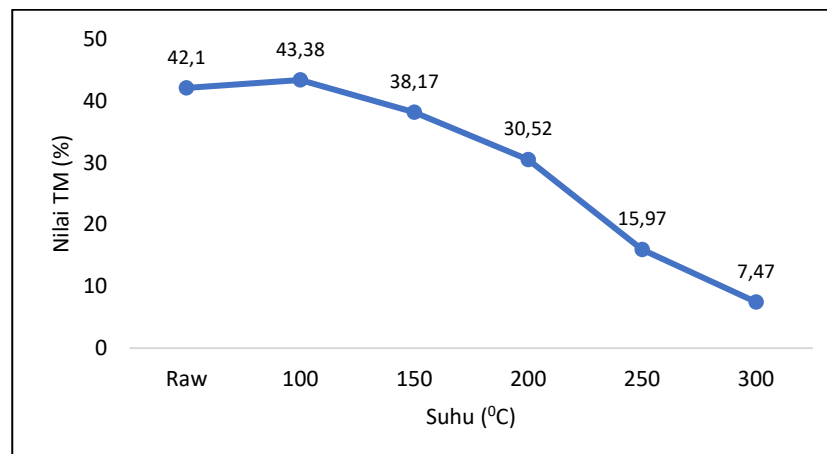
No	Batubara	Berat sebelum pemanasan (Kg)	Harga Total sebelum Pemanasan (Rp/Kg)	Berat setelah pemanasan (kg)	HPB Setelah Pemanasan (Rp/kg)	Harga Total Setelah Pemanasan (Rp/kg)
1	Raw	0,6000	168,15		280,85	168,51
2	100°C	0,6000	168,15	0,70	272,28	190,6
3	150°C	0,6000	168,15	0,61	425,94	259,82
4	200°C	0,6000	168,15	0,55	532,48	292,86
5	250°C	0,6000	168,15	0,46	744,42	342,43
6	300°C	0,6000	168,15	0,37	911,74	337,34

Pengaruh *upgrading* terhadap kualitas Batubara

Upgrading terhadap batubara akan berpengaruh terhadap kualitas batubara, dimana akan ada kenaikan pada beberapa parameter dan juga terjadi penurunan terhadap beberapa parameter lainnya, seperti terjadi pada parameter hasil uji proksimat, yang menunjukkan berat beberapa parameter dan jika dijumlahkan akan diperoleh 100%, dengan demikian jika ada parameter yang turun akan mengakibatkan parameter lainnya menjadi naik.

Pengaruh *Upgrading* terhadap Nilai Total Moisture (TM)

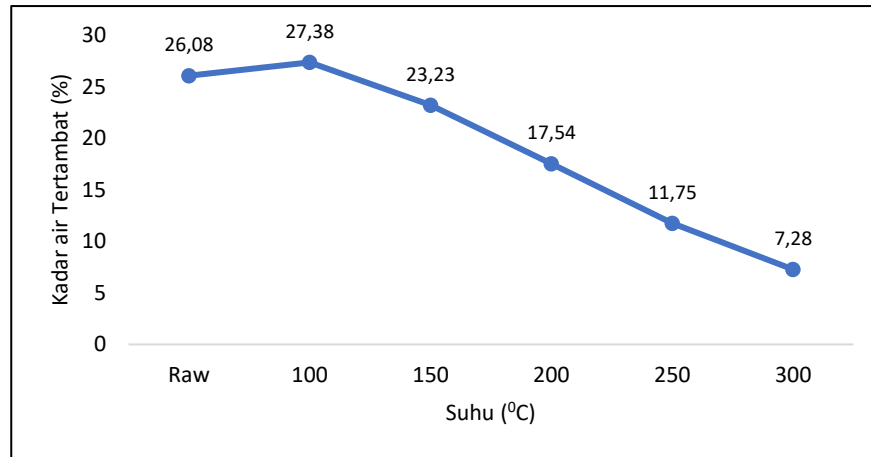
Nilai TM batubara raw material adalah sebesar 42,10% dan mengalami kenaikan pada suhu 100°C yakni sebesar 43,38% hal ini terjadi akibat adanya penambahan sejumlah air pada saat suhu awal, semakin adanya kenaikan suhu 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C, terlihat juga adanya tren penurunan nilai TM dengan nilai masing-masing pada suhu tersebut adalah 38,17%, 30,52%, 15,87% dan 7,47%. Terlihat bahwa semakin tinggi suhu, maka nilai TM juga mengalami penurunan, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan nilai total kandungan air

Pengaruh *Upgrading* terhadap Nilai *Inherent Moisture*

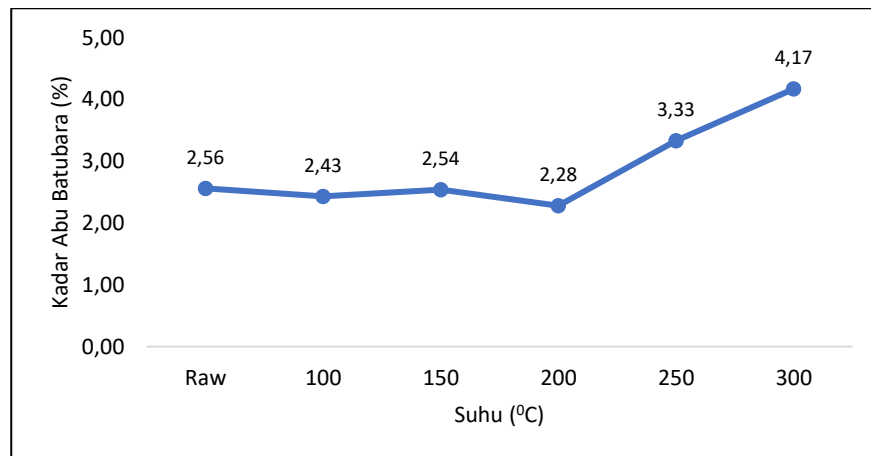
Diperoleh nilai IM pada raw material sebelum dilakukan pemanasan adalah sebesar 26,08 %, pada proses pemanasan diperoleh nilai IM pada saat 100°C adalah 27,38%, mengalami peningkatan, karena pada suhu tersebut ditambahkan air, setelah kenaikan suhu mulai 150°C hingga 350°C. Nilai IM menunjukkan adanya penurunan, hal ini terjadi seiring dengan adanya kenaikan suhu, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kadar Air Tertambat

Pengaruh *upgrading* terhadap kadar abu

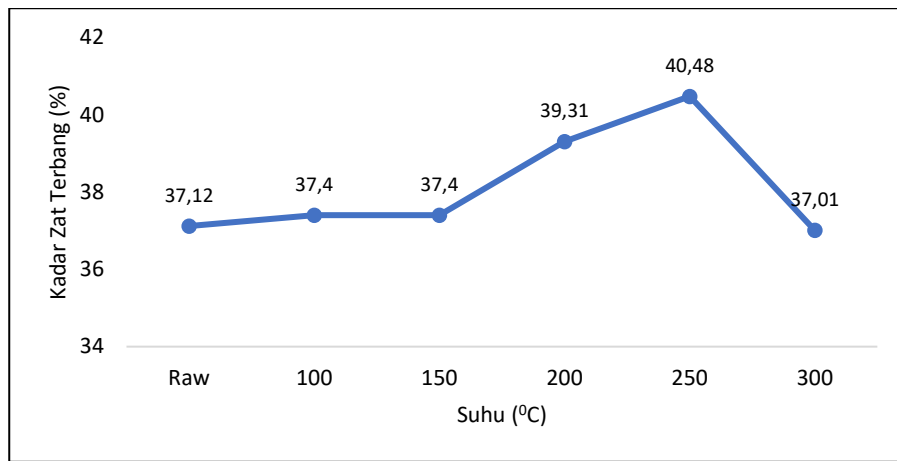
Kadar Abu juga mengalami perubahan, pada saat suhu 100°C, nilai kadar abu mengalami penurunan, kemudian naik pada suhu 150°C, selanjutnya turun pada suhu 200°C dan kemudian ada tren naik setelahnya. Perubahan kadar abu batubara dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perubahan Kadar Abu Batubara

Pengaruh *upgrading* terhadap nilai *Volatile Matter* (VM)

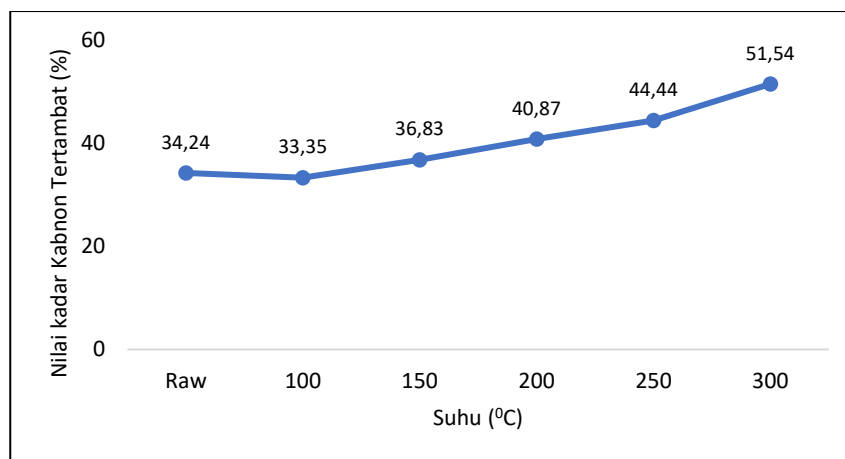
Perubahan nilai VM tidak menunjukkan adanya tren naik atau turun, hanya terjadi perubahan pada suhu tertentu terhadap kadar awalnya sebesar 37,12%, terjadi penurunan pada saat suhu 100°C dengan nilai 36,84%, kemudian ada kenaikan pada suhu 150°C, 200°C dan 300°C dengan masing-masing nilai sebesar 37,40%, 39,31% dan 37,01%, sementara kadar VM tertinggi terjadi pada suhu 250°C yakni sebesar 40,48%. Perubahan nilai kadar zat terbang batubara ini, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perubahan Kadar Zat Terbang

Pengaruh *upgrading* terhadap Kadar Karbon Terikat

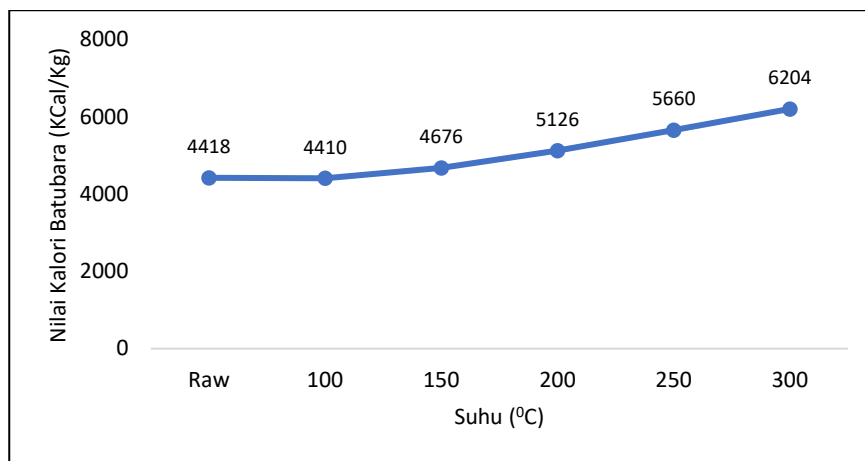
Kadar karbon terikat menunjukkan adanya tren kenaikan setelah mengalami penurunan pada suhu 100°C yakni sebesar 33,35% dibandingkan dengan Kadar awalnya sebesar 34,24%, kemudain pada saat suhu 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C menunjukkan adanya tren kenaikan dengan masing-masing kadar sebesar: 36,83%, 40,87%, 44,44% dan 51,54%. Perubahan kadar karbon tertambat ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perubahan Nilai Karbon Tertambat

Pengaruh *upgrading* terhadap nilai Kalor Batubara

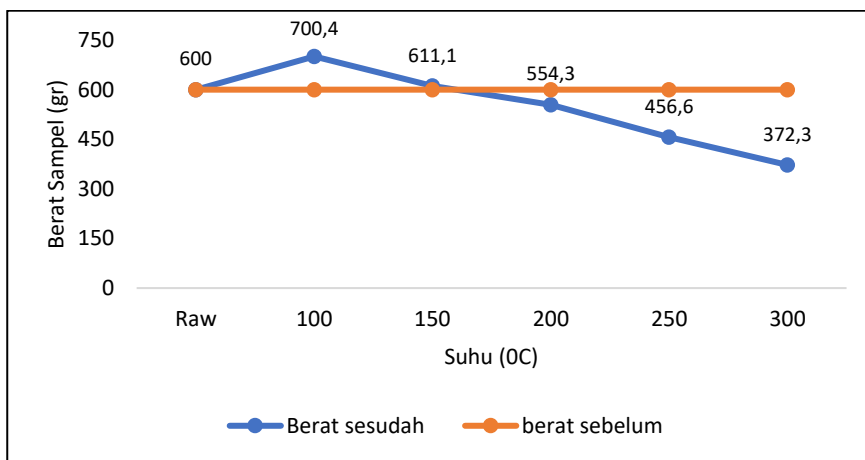
Nilai kalor batubara juga menjukkan adanya perubahan seiring dengan perubahan parameter lainnya, nilai kalor batubara awal adalah sebesar 4.418 Kkal/Kg, mengalami penuruanan pada suhu 100°C yakni sebesar 4.410 Kkal/Kg, hal ini terjadi disebabkan adanya penambahan air pada awal 100°C. Seiring dengan adanya penambahan temperatur, nilai kalor menunjukkan kecenderungan tren kenaikan. Kenaikan temperature tersebut adalah 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C dengan nilai kalori batubara adalah 4.676 KCal/Kg, 5.126 KCal/Kg, 5.660 KCal/Kg dan 6.204 KCal/Kg. Perubahan nilai Kalori Batubara dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perubahan nilai kalori batubara

Pengaruh *upgrading* terhadap Berat Batubara

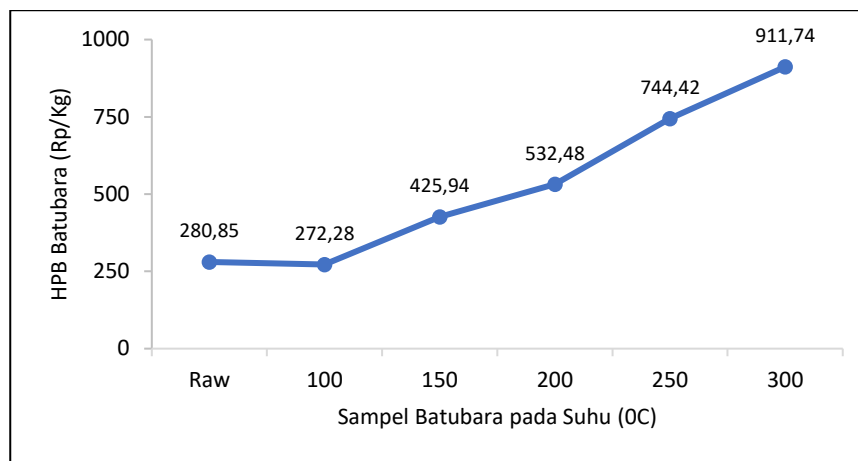
Seiring dengan perubahan pada kualitas batubara terutama untuk parameter Kadar Air Total, kadar air tertambat, kadar abu dan kadar zat terbang, dimana untuk nilai parameter tersebut menunjukkan adanya kecenderungan penurunan, hal ini juga berakibat langsung terhadap adanya perubahan berat batubara yang dapat dilihat pada Gambar 9. Pada awal terjadinya pemanasan awal (100°C dan 150°C) terlihat adanya penambahan berat, hal ini terjadi akibat adanya penambahan air, seiring dengan adanya kenaikan suhu, berat batubara juga menunjukkan kecenderungan penurunan berat yakni pada suhu 200°C, 250°C dan 300°C sebesar 554,3 gr, 456 gr dan 372,3 gr.



Gambar 9. Perubahan berat sampel batubara

Pengaruh *Upgrading* terhadap HPB

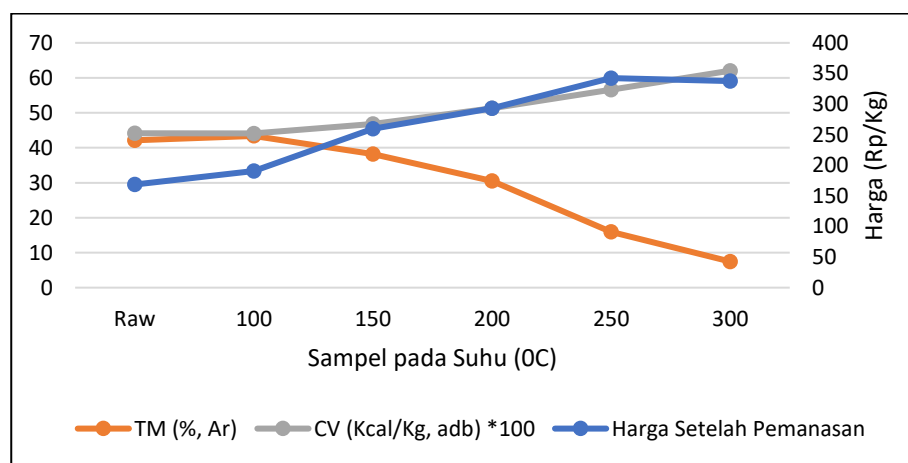
Upgrading batubara dengan suhu pemanasan 100°C tidak terlalu berpengaruh karena suhu 100°C adalah suhu normal dan suhu minimal untuk *upgrading* adalah 120°C. Pada saat pemanasan 100°C harga batubara turun, namun pada saat *upgrading* suhu pemanasan 150°C, 200°C, 250°C, dan 300°C, harga batubara semakin naik, dikarenakan semakin tinggi nilai kalori, semakin rendah kadar air dalam batubara sehingga harga batubara semakin naik per kilogram berat, dengan nilai Rp 272,28; Rp 425,94; Rp 532,48; Rp 744,42 dan Rp 911,74. Gambar 10 menunjukkan grafik pengaruh *upgrading* terhadap harga patokan batubara (HPB).



Gambar 10. Perubahan Harga Patokan Batubara (HPB)

Pengaruh *Upgrading* terhadap Harga Total

Harga batubara total adalah harga batubara dalam satuan rupiah (Rp) dihitung dengan cara mengkalikan berat batubara (kg) dengan HPB dalam Rp/kg, sehingga diperoleh harga total batubara adalah Rp 190,60; Rp 259,82; Rp 292,86; Rp 342,43 dan Rp 337,34. Pada kondisi raw ke *upgrading* suhu 100°C dan suhu 150°C, 200°C dan 250°C harga batubara total naik dan pada suhu 300°C, harga batubara total turun. Pada Gambar 11 terlihat adanya hubungan antara nilai air total batubara terhadap perubahan nilai kalori dan harga batubara, dimana dengan turunnya nilai total air akan menaikkan kalori batubara dan juga berdampak langsung terhadap kenaikan harga batubara. Turunnya harga batubara total dari suhu 250°C dan 300°C dikarenakan berat yang hilang sangat banyak.



Gambar 11. Harga total batubara

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Upgrading* batubara dengan melakukan variasi suhu berpengaruh terhadap kandungan air yang dikandung batubara, sehingga juga berpengaruh terhadap nilai kalori batubara. Pada variasi suhu setelah suhu awal (100°C) yakni 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C, nilai kandungan Total air berkurang: 38,17%; 30,52%; 15,87% dan 7,47%, sehingga terjadi peningkatan nilai kalori batubara sebesar 4.676 Cal/gr, 5.126 Cal/gr, 5.660 Cal/gr dan 6.204 Cal/gr.
2. Berat sampel batubara mengalami penurunan pada suhu 200°C, 250°C dan 300°C sebesar 554,3 gr, 456 gr dan 372,3 gr.

3. Perubahan terhadap kualitas batubara setelah *upgrading* juga berpengaruh terhadap nilai Harga Patokan Batubara pada variasi suhu 100°C, 150°C, 200°C, 250°C dan 300°C, HPB menjadi 272,28 Rp/Kg; 425,94 Rp/Kg; 532,48 Rp/Kg; 744,42 Rp/Kg dan 911,74 Rp/Kg, dengan adanya perubahan HPB, berakibat terhadap perubahan harga total batubara yang juga mengalami penurunan berat, adapun harga total batubara untuk setiap kilogram beratnya adalah Rp 190,60; Rp 259,82; Rp 292,86; Rp 342,43 dan Rp 337,34.
4. Terdapat adanya hubungan antara nilai total air batubara terhadap nilai kalor dan harga batubara, dimana semakin rendah nilai total air batubara akan meningkatkan nilai kalor batubara dan juga harga batubara, begitu juga sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (2002) 'ASTM: Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal 1', *ASTM International*, 05(Reapproved 2018), pp. 1–6. doi: 10.1520/D3174-12R18.2.
- ASTM (2003) 'Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke 1', 14, pp. 1–11. doi: 10.1520/D5865-10A.2.
- ASTM (2008) 'Standard test methods for sulfur in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion methods. ASTM D 4239', *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, i(January 2003), p. 6.
- ASTM (2013) 'Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke 1', *Annual Book of ASTM Standards*, 89(Reapproved), pp. 3174–3175. doi: 10.1520/D3172-13.2.
- ASTM (2014) 'Standard Test Method for Total Moisture in Coal 1', *Astm D-3302*, 05(June), pp. 1–8. doi: 10.1520/D3302.
- ISO (2010) 'International Standard International Standard', *ISO 562-2010(E)*, p. 13.
- Speight, J. G. (2005) *Handbook of Coal Analysis*. New Jersey: Jhon Wiley and Sons Inc.
- Greb, Stephen F; Eble, Cortland F; Peters, Douglas C dan Rapp, Alexander R (2006) 'Coal dand The Environment'. American Geological Institute. Alexandria, VA.
- Miller, Bruce G (2011) 'Clean Coal Engineering Technology'. USA: Elsevier.
- Proboseno, Nayung Galih (2013) 'Analisa Pengaruh Penambahan Polimer Terhadap Kualitas Batubara'. Tugas Akhir, Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Trisakti.
- Speight, James G (1994) 'The Chemistry and Technology of Coal'. 2nd edition rev and expanded. Marcel Dekker INC. New York.
- Ward, Collin R (1983) '*Coal Geology and Coal Technology*'. Blackwell Scientific Publications. Sydney.
- Wellyanto, Panji (2014) 'Analisis Pengaruh Ukuran Butir Batubara dan Waktu Kontak Pelapisan Polimer Terhadap Kualitas Batubara'. Tugas Akhir, Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Trisakti.