

## PENGARUH SUHU PADA PROSES HYDROTHERMAL TERHADAP KARAKTERISTIK BATUBARA

Y.B. Ningsih<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya, Palembang  
Corresponding author: y.bayuningsih@gmail.com

**ABSTRAK:** *Hydrothermal* merupakan salah satu proses *upgrading* batubara yang dilakukan di dalam media air panas. Melalui proses *hydrothermal*, kandungan air di dalam batubara akan berkurang sehingga nilai kalori batubara tersebut akan bertambah. Proses *hydrothermal* dikontrol oleh suhu, tekanan dan waktu reaksi. Setiap batubara memiliki kondisi optimum proses *hydrothermal* yang berbeda-beda. Proses *hydrothermal* tidak hanya mengurangi kandungan air didalam batubara saja, tetapi juga mengubah sifat fisik dan kimia atau karakteristik batubara. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh suhu pada proses *hydrothermal* terhadap karakteristik batubara hasil proses *hydrothermal* dan mengetahui kondisi suhu ideal yang digunakan pada penelitian ini. Proses *hydrothermal* dilakukan dengan menggunakan alat autoclave pada kondisi vakum udara. Suhu yang digunakan adalah 280 – 340<sup>0</sup>C pada tekanan *non evaporation* dan waktu reaksi selama 30 menit. Batubara hasil proses *hydrothermal* selanjutnya dianalisis melalui analisa *proximate*, *ultimate*, nilai kalori dan petrografi. Hasil analisis menunjukkan bahwa melalui proses *hydrothermal* terjadi perubahan karakteristik batubara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan semakin meningkatnya suhu, nilai kalori batubara, kandungan karbon tertambat dan kandungan unsur karbon serta nilai reflektan cenderung semakin meningkat. Sebaliknya, kandungan air lembab, zat terbang, kandungan unsur oksigen dan hidrogen cenderung semakin menurun. Kondisi suhu ideal pada penelitian ini adalah 340<sup>0</sup>C, dimana pada suhu tersebut nilai kalori meningkat sebesar 17,4%, kandungan air lembab turun sebesar 65,43%, zat terbang turun sebesar 3,52%, karbon tertambat meningkat sebesar 26,27%, kandungan karbon meningkat sebesar 26,22%, kandungan hidrogen turun sebesar 9,35% dan kandungan oksigen turun sebesar 51,39% . Selain itu, *fuel rasio* yang mengindikasikan *kereaktifan* pembakaran batubara meningkat sebesar 30,86% . Nilai reflektan yang merupakan salah satu indikasi derajat pembatubaraan juga meningkat sebesar 92,10%.

**Kata Kunci:** *Upgrading, Hydrothermal, Batubara, Suhu*

**ABSTRACT:** *Hydrothermal* is a coal upgrading process that uses hot water as the media. Through a hydrothermal process, the moisture in coal will be reduced, thus increasing the coal calorific value. Hydrothermal process is controlled by temperature, pressure and reaction time. Each coal has varied hydrothermal process optimum conditions. Not only does a hydrothermal process reduce the coal's moisture, it also alters the physical and chemical properties or characteristics of the coal. This study aims to learn the influence of temperature in hydrothermal process on the characteristics of the coal resulted from a hydrothermal process and to determine the ideal temperature condition used in the study. The hydrothermal process is performed using an autoclave under vacuum condition. The temperature used is 280 - 340C in a non evaporation pressure, with 30 minutes of reaction time. The coal resulted from the hydrothermal process is then analyzed by proximate, ultimate, calorific value, and petrographic analyses. The results of the analyses show that the characteristics of the coal change through hydrothermal process. This study suggests that as the temperature increases, the coal's calorific value, carbon and fixed carbon content, as well as reflectance value also tend to increase. On the other hand, the coal's total moisture, volatile matter, and oxygen and hydrogen content decrease. The ideal temperature in this study is 340C, at which the calorific value increases by 17.4%, the total moisture decreases by 65.43%, the volatile matter decreases by 3.52%, the fixed carbon increases by 26.27%, the carbon content increases by 26.22%, the hydrogen content decreases by 9.35%, and the oxygen content decreases by 51.39%. In addition, the fuel ratio, which indicates the coal reactivity, increases by 30.86%, and the reflectance value, which is one of the indications of the coaling degree, increases by 92.10%

**Key Words:** *Upgrading, Hydrothermal, Coal, Temperature*

## PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari direktorat ESDM, cadangan batubara Indonesia tahun 2012 sebagian besar terdiri dari batubara berkalori rendah (35,7% ) sampai sedang (57,6%). Batubara berkalori tinggi hanya 5,9% dan batubara berkalori sangat tinggi hanya 0,8%. Tinggi rendahnya nilai kalori batubara itu sendiri antara lain dipengaruhi oleh kandungan air di dalam batubara. Air yang terkandung di dalam batubara akan menimbulkan masalah dalam proses pemanfaatannya, terutama jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar langsung. Air bawaan pada batubara akan mengurangi nilai kalor batubara sehingga jumlah batubara yang diperlukan pada proses pembakaran akan lebih besar (Umar, d.f, 2010). Untuk itu perlu dilakukan proses *upgrading* terhadap batubara berkalori rendah sebelum batubara tersebut dimanfaatkan. Peningkatan nilai kalori ini dilakukan dengan cara menghilangkan atau mengurangi kandungan air bawaan di dalam batubara. Semakin rendah kandungan air di dalam batubara maka nilai kalori batubara akan semakin tinggi.

Ada beberapa macam proses *upgrading* batubara, salah satunya adalah proses *hydrothermal*. Proses *hydrothermal* ini dikontrol oleh suhu, tekanan dan waktu reaksi. Setiap batubara memiliki kondisi optimum proses *hydrothermal* yang berbeda-beda.

Di sisi lain, secara sederhana, batubara tersusun atas air lembab, *mineral matter* dan *pure coal*. ( Thomas, L.,2002). Batubara bersifat heterogen dimana setiap batubara akan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Berdasarkan teori dekomposisi *thermal* batubara, dengan semakin meningkatnya kenaikan suhu, maka tidak hanya kandungan air yang hilang, tetapi diikuti oleh beberapa perubahan karakteristik lainnya, seperti berkurangnya kandungan oksigen dan hidrogen serta meningkatnya kandungan karbon di dalam batubara (Speight, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh suhu pada proses *hydrothermal* terhadap karakteristik batubara hasil proses *hydrothermal* dan mengetahui kondisi suhu ideal yang digunakan pada penelitian ini.

*Hydrothermal* adalah proses *upgrading* yang dilakukan dengan cara memanaskan batubara di dalam media air dengan suhu dan tekanan tinggi pada kondisi *non evaporasi*. Penambahan air pada proses *hydrothermal* berfungsi untuk mencegah terjadinya *evaporasi* berlebihan dari tar yang ada dalam batubara (Sakaguci dkk, 2008). Pada suhu tinggi, volume air membesar sehingga menghasilkan tekanan pada reaktor yang menghambat penguapan tar. Fasa air dipengaruhi oleh suhu dan tekanan reaktor. Pada proses *hydrothermal* meskipun mempunyai suhu diatas 100°C fasa air adalah cair karena tekanan reaktor dijaga tinggi. Tekanan yang

tinggi tersebut disamping mencegah *evaporasi* berlebihan dari tar batubara, juga menyebabkan produk proses *hydrothermal* masih tetap kokoh atau tidak hancur.

Beberapa penelitian dengan menggunakan perlakuan *hydrothermal* telah dilakukan untuk mengubah karakteristik batubara, baik sifat fisik ataupun kimianya.

Prosedur *hydrothermal* pertama kali dilakukan oleh Fischer yaitu dengan memanaskan batubara pada suhu 320–400°C dengan penambahan air di dalam autoclave dalam kondisi tanpa udara. Proses tersebut dapat mengurangi kadar air di dalam batubara. Selanjutnya prosedur ini dianggap sebagai salah satu proses *upgrading* batubara terutama untuk batubara *brown coal* (Blazso dkk, 1985). Baker dkk (1986) melakukan percobaan dengan memberikan perlakuan *hydrothermal* terlebih dahulu pada batubara *low rank* sebelum batubara tersebut menjadi *water fuel slurries*. Percobaan ini dilakukan pada suhu diatas 230°C dengan tekanan 5,5 Mpa. Percobaan ini menghasilkan pengendapan solid yang lebih stabil. Menurut Baker dkk (1986) pada suhu diatas 230°C, karbosilat yang terdapat pada struktur batubara akan terdekomposisi dan membentuk karbondioksida. *Evolusi* dari karbondioksida juga akan mengeluarkan air dari pori-pori batubara sehingga kandungan air lembab batubara turun secara signifikan, demikian pula dengan kandungan oksigen dan zat terbangnya, oleh sebab itu nilai kalor batubara meningkat.

Sakaguci dkk (2008) menyatakan bahwa perlakuan *hydrothermal brown coal* yang dilakukan pada suhu diatas 150°C akan menyebabkan perubahan dari gugus fungsi oksigen dan akan menghasilkan batubara yang memiliki kandungan karbon yang tinggi serta kandungan oksigen yang rendah. Perubahan gugus fungsi oksigen mengakibatkan perubahan sifat dari permukaan batubara menjadi *hydrophobic* sehingga menghambat penyerapan air. Perlakuan *hydrothermal* menyebabkan struktur pori-pori batubara menjadi rusak yang selanjutnya akan tertutup kembali oleh tar yang keluar selama proses *hydrothermal*. Penyumbatan pori-pori inilah yang juga menyebabkan batubara hasil proses sulit untuk menyerap *moisture* kembali.

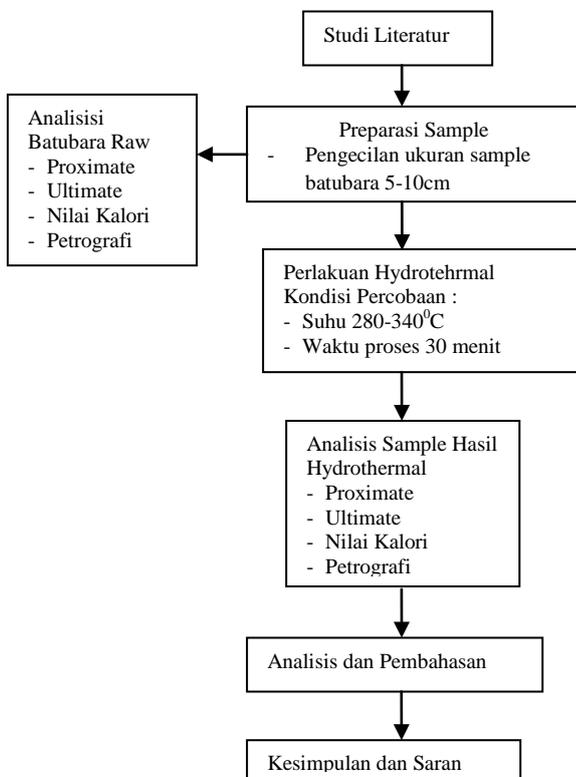
Perlakuan *hydrothermal* juga *efektif* terhadap *upgrading* dan *dewatering* gambut. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Mursito dkk (2010) terhadap gambut yang berasal dari Pontianak menunjukkan bahwa dari proses *hydrothermal* yang dilakukan dengan menggunakan suhu 150°C 380°C dan tekanan 25,1 MPa akan meningkatkan kandungan karbon pada peat. Kandungan karbon meningkat dari 37,6 menjadi 65,9 %, kandungan zat terbang menurun dari 62,4 menjadi 34,1%. Kandungan abu relatif stabil selama proses

tersebut dan kandungan sulfur juga relatif rendah, hanya 0.1%. Selain itu pada proses *hydrothermal* ini terjadi perubahan *rank*, dimana gambut yang telah mengalami proses *hydrothermal* mengalami perubahan menjadi antar *lignite* dan *subbituminous*.

Timpe dkk (2001), dalam penelitiannya menyatakan bahwa perlakuan *hydrothermal* juga dapat menghilangkan organik sulfur di dalam batubara. Percobaan ini menggunakan suhu 370°C dan tekanan 158 bar. Air pada proses *hydrothermal* pada kondisi superkritikal dapat berfungsi sebagai pelarut, reaktan dan mentransfer energy untuk mengurangi kandungan sulfur dan *trace metal* yang terkandung didalam batubara. Kadar sulfur berkurang hingga 50% pada kondisi suhu kritis tetapi dibawah tekanan kritis. Demikian juga dengan beberapa *trace element* seperti As, Hg dan Se dapat dihilangkan atau dikurangi melalui proses *hydrothermal*.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pada skala laboratorium. Penelitian ini dilakukan terhadap sample batubara yang berasal dari Lahat Sumatera Selatan. Sample batubara ini memiliki nilai kalori 5.979,43 kal/gr. Bagan alir tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

Untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan yang diinginkan, maka tahapan awal yang dilakukan yaitu dengan terlebih dahulu mempersiapkan sample batubara yang akan diproses. Sample batubara yang akan digunakan ini terlebih dahulu dipreparasi dengan pengecilan ukuran 5-10 cm. Sebagian batubara dianalisis untuk melihat bagaimana karakteristik batubara sebelum proses *hydrothermal*. Sebagian batubara lainnya akan di*upgrading* melalui proses *hydrothermal*. Variasi suhu yang digunakan adalah 280-340°C dengan waktu reaksi adalah selama 30 menit. Batubara hasil proses selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristik batubara hasil proses tersebut. Analisis ini dilakukan pada setiap variasi suhu untuk melihat bagaimana perubahan karakteristik batubara pada setiap suhu dan menentukan suhu yang paling optimum pada penelitian ini.

Perlakuan *hydrothermal* ini dilakukan di dalam alat autoclave berkapasitas 5 (Lima) liter dalam kondisi vakum udara. Sebanyak 400 gram sample batubara berukuran 5 – 10 cm dimasukan kedalam autoclave dengan penambahan air sebanyak 1.200 mililiter. Tekanan awal diberikan dengan menginjeksikan gas nitrogen ke dalam autoclave. Selama proses *hydrothermal* berlangsung akan terjadi kenaikan tekanan yang disebabkan oleh kenaikan suhu. Untuk itu dilakukan pengaturan tekanan dengan cara membuka tutup *outlet valve* untuk mengeluarkan gas hasil proses agar tekanan tidak meningkat. Setelah suhu yang diinginkan tercapai, dilakukan penahanan suhu dan tekanan selama 30 menit, selanjutnya suhu di turunkan sampai suhu 150°C. Gas dan air sisa proses dikeluarkan dan kemudian dilakukan pendinginan sampai suhu kamar (12–15 jam). Alat autoclave yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Autoclave

Batubara Hasil proses *hydrothermal* selanjutnya dianalisis untuk melihat perubahan karakteristik batubara setelah perlakuan *hydrothermal* pada setiap peningkatan suhu. Analisis yang dilakukan yaitu analisis *proximate*, *ultimate*, nilai kalor dan petrografi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL

Beberapa hal yang menjadi karakteristik batubara antara lain yaitu nilai kalor, kandungan air lembab, zat terbang, karbon tertambat, oksigen, hidrogen, karbon dan nilai *reflektan*. Sebelum dilakukan proses *hydrothermal*, batubara *raw* terlebih dahulu dianalisis. Hasil analisis ini digunakan untuk membandingkan karakteristik batubara sebelum dan setelah proses *hydrothermal*. Karakteristik batubara *raw* dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Karakteristik Batubara *Raw* Sebelum Proses *Hydrothermal*

No	Parameter	Nilai
Analisis Proximate		
1	Kadar air ( % adb )	11,6
2	Abu ( % adb )	3,71
3	Zat Terbang ( % adb )	42,97
4	Karbon Tertambat ( % adb )	41,72
Analisis Ultimate		
1	Karbon ( % adb )	61,4
2	Hidrogen ( % adb )	6,53
3	Nitrogen ( % adb )	1,41
4	Sulfur ( % adb )	0,41
5	Oksigen( % adb )	26,41
Analisis lain		
1	Nilai kalor (kal/ gram, adb )	5.979,43
2	Vitrinite (%)	39,0
3	<i>Reflektan</i>	0,38

Perubahan karakteristik batubara akibat pengaruh suhu pada proses *hydrothermal* dapat diamati melalui data hasil analisis *proximate*, *ultimate*, nilai kalor dan petrografi. Analisis *proximate* meliputi analisis kandungan air lembab, abu, zat terbang dan karbon tertambat. Analisis *ultimate* meliputi analisis kandungan oksigen, hidrogen, sulfur, nitrogen dan karbon. Analisis petrografi meliputi nilai *reflektan* dan *maserat* batubara.

Hasil analisis batubara hasil proses *hydrothermal* pada beberapa variasi suhu dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Batubara Hasil Proses *Hydrothermal*

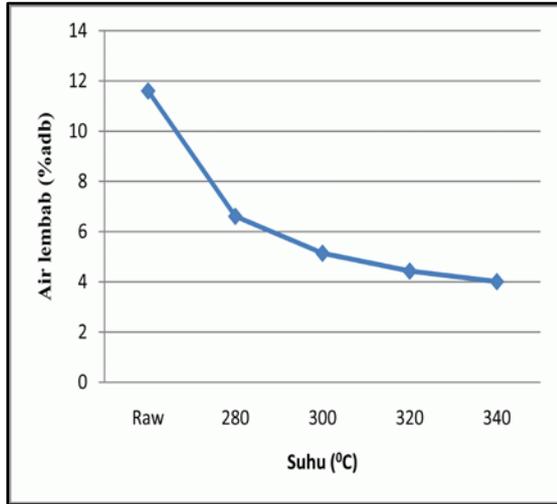
No	Parameter	Suhu ( <sup>0</sup> C)			
		280	300	320	340
Analisis Proximate					
1	Kadar air ( % adb )	6,61	5,14	4,43	4,01
2	Abu ( % adb )	2,78	2,73	2,09	1,85
3	Zat Terbang ( % adb )	42,82	42,72	42	4,46
4	Karbon Tertambat ( % adb )	47,79	49,79	51,48	52,68
Analisis Ultimate					
1	Karbon ( % adb )	68,59	72,10	75,36	77,5
2	Hidrogen ( % adb )	6,33	6,27	6,12	6,01
3	Nitrogen ( % adb )	1,22	1,48	1,3	1,44
4	Sulfur ( % adb )	0,41	0,35	0,34	0,35
5	Oksigen ( % adb )	20,67	17,7	14,79	12,85
Analisis lain					
1	Nilai kalor (kal/gram, adb )	6.697,12	6.801,75	6.831,18	7.019,62
2	Vitrinite (%)	70,8	72,6	81,2	82,6
3	<i>Reflektan</i>	0,58	0,64	0,65	0,73

### PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada setiap kenaikan suhu pada proses *hydrothermal* akan terjadi perubahan karakteristik batubara. Perubahan beberapa sifat kimia batubara yang menjadi karakteristik batubara cenderung semakin meningkat atau berkurang seiring dengan meningkatnya suhu yang digunakan.

Adanya peningkatan suhu menyebabkan perubahan kandungan air lembab pada batubara. Gambar 2 menunjukkan pengaruh suhu terhadap kandungan air lembab batubara hasil proses *hydrothermal*. Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan bahwa makin tinggi suhu maka kandungan air lembab akan semakin menurun. Pada suhu tertinggi yang digunakan pada penelitian ini (340<sup>0</sup>C) kandungan air lembab pada

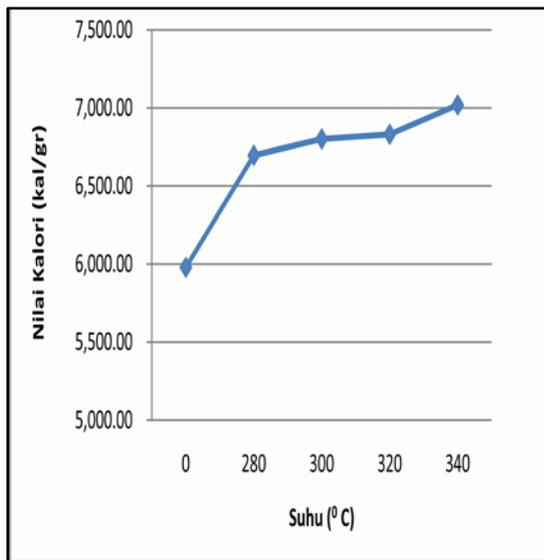
batubara menurun sebesar 65,43% yaitu dari semula 11,6% adb menjadi 4,01% adb.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Suhu terhadap Kandungan Air Lembab Batubara Hasil Proses Hydrothermal

Berdasarkan teori *dekomposisi thermal* batubara, peningkatan suhu akan menyebabkan peretakan struktur batubara, dimana air akan keluar sebagai produk awal *dekomposisi thermal* batubara (Speight, 1994). Hal ini lah yang menyebabkan kandungan air didalam batubara akan semakin berkurang dengan semakin meningkatnya suhu pada proses *hydrothermal*.

Berkurangnya air lembab di dalam batubara karena adanya kenaikan suhu, berbanding terbalik dengan kandungan nilai kalori batubara. Pengaruh suhu terhadap nilai kalori batubara dapat dilihat pada gambar 4.

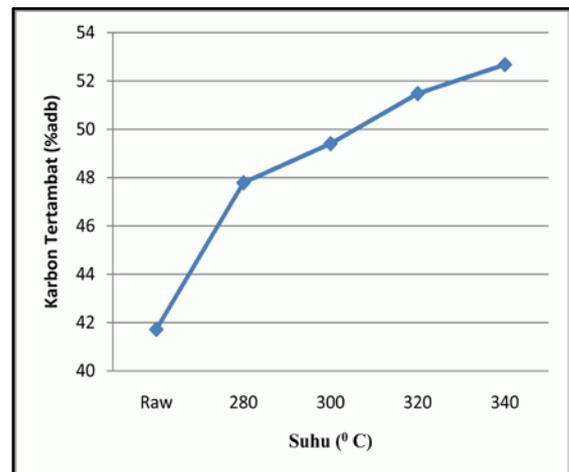


Gambar 4. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Nilai Kalori batubara

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin meningkatnya suhu, maka nilai kalori di dalam batubara cenderung semakin meningkat. Peningkatan nilai kalori yang paling optimal pada penelitian ini dicapai pada suhu 340°C. Pada peningkatan suhu sampai 340°C, nilai kalori batubara meningkat dari semula 5.979,43 kal/gr meningkat menjadi 7.019,6 kal/gr.

Peningkatan nilai kalori ini dipengaruhi oleh kandungan air lembab di dalam batubara. Makin berkurang kandungan air lembab batubara maka nilai kalorinya akan semakin tinggi. Nilai kalori merupakan kemampuan panas yang dikeluarkan batubara jika batubara tersebut dibakar. Pada proses pembakaran, banyaknya kandungan air lembab akan menyebabkan hilangnya panas yang digunakan untuk penguapan (Muchjidin, 2006). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin rendah kandungan air lembab maka nilai kalori akan semakin tinggi.

Peningkatan suhu pada proses *hydrothermal* juga berpengaruh terhadap kandungan karbon tertambat batubara. Dengan makin meningkatnya suhu maka kandungan karbon tertambat juga cenderung semakin meningkat (gambar 5).



Gambar 5. Pengaruh Suhu Terhadap Kandungan Karbon Tertambat Batubara Hasil Proses Hydrothermal

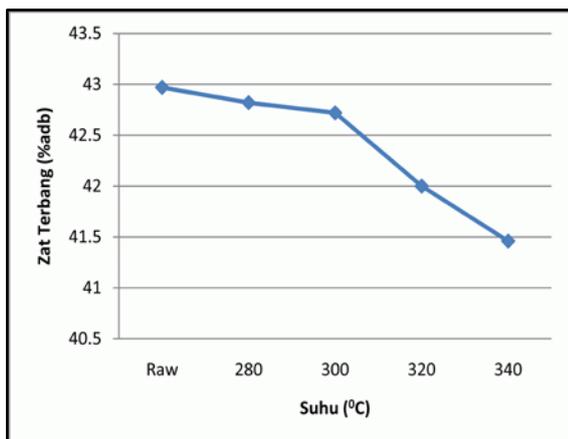
Pada penelitian ini, kandungan karbon tertambat tertinggi dicapai pada suhu tertinggi yaitu 340°C, dimana kandungan karbon tertambat meningkat dari 41,72%adb menjadi 52,68% adb. Dengan demikian dengan adanya peningkatan suhu sampai 340°C pada proses *hydrothermal*, menyebabkan peningkatan kandungan karbon tertambat meningkat sebesar 26,73%.

Peningkatan kandungan karbon tertambat akan berbanding terbalik dengan kandungan air lembab di dalam batubara. Semakin berkurang kandungan air lembab maka kandungan karbon tertambat akan semakin tinggi (Sukandarrumidi, 2006). Pada penelitian ini

dengan adanya kenaikan suhu menyebabkan air lembab di dalam batubara menurun. Hal ini yang menyebabkan kandungan karbon tertambat batubara hasil proses hydrothermal semakin meningkat.

Berkurangnya zat terbang juga berpengaruh terhadap kandungan karbon tertambat. Zat terbang adalah bagian batubara yang mudah menguap pada saat batubara dipanaskan tanpa udara. Zat terbang merupakan hasil penguraian senyawa kimia dan campuran kompleks pembentuk batubara. Adanya peningkatan suhu yang tinggi dapat menguraikan senyawa atau memutuskan ikatan molekul-molekul pembentuk batubara tersebut. Dengan makin berkurangnya senyawa yang mudah menguap pada molekul batubara ini maka kandungan karbon tertambat pada batubara akan semakin besar (Berkowitz, 1985).

Gambar 6 menunjukkan pengaruh suhu terhadap kandungan zat terbang pada batubara. Grafik ini menunjukkan bahwa dengan adanya peningkatan suhu maka kandungan zat terbang pada batubara hasil proses hydrothermal cenderung akan semakin berkurang.

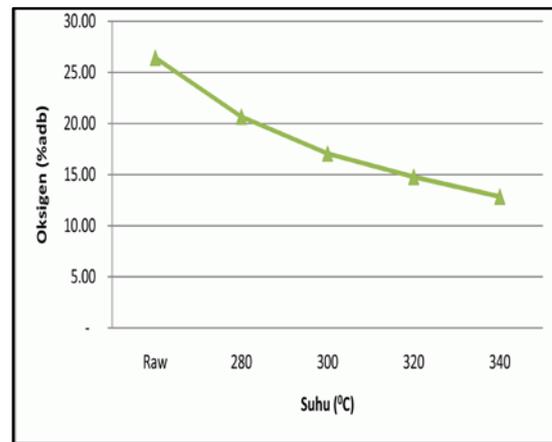


Gambar 6. Pengaruh Suhu Terhadap Kandungan Zat Terbang Batubara hasil Proses Hydrothermal

Berkurangnya kandungan zat terbang di dalam batubara disebabkan oleh terurainya senyawa-senyawa penyusun batubara yang disebabkan oleh peningkatan suhu. Pada penelitian ini, batubara yang semula memiliki kandungan zat terbang sebesar 42,97% adb, setelah diproses hydrothermal pada suhu 340°C, berkurang menjadi 41,46%adb. Penurunan kandungan zat terbang pada penelitian ini tidak terlalu signifikan. Penurunan kandungan zat terbang setelah proses hanya 3,51%. Menurut Berkowitz (1985) dan Speight (1994), pengurangan kandungan zat terbang pada batubara akan signifikan terjadi pada tahapan dekomposisi thermal aktif yaitu diatas suhu 350°C dan dibawah suhu 550°C. Pada penelitian ini, suhu tertinggi yang digunakan masih dibawah suhu 350°C. Hal ini yang menyebabkan

penurunan kandungan zat terbang di dalam batubara tidak terlalu signifikan.

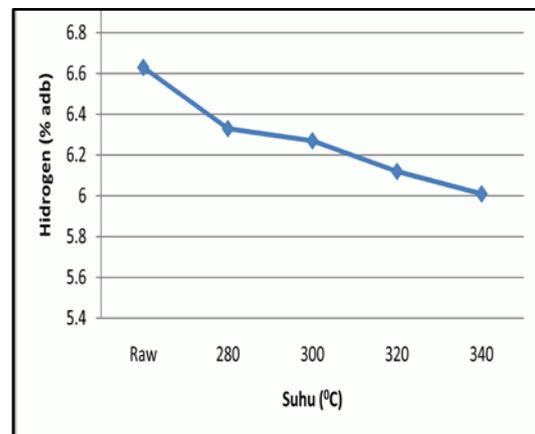
Pada proses hydrothermal, adanya peningkatan suhu juga berpengaruh terhadap kandungan unsur kimia yang terkandung di dalam struktur molekul batubara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin tinggi suhu maka kandungan karbon cenderung semakin tinggi dan kandungan oksigen dan hidrogen cenderung semakin menurun. Penurunan kandungan oksigen pada penelitian ini paling tinggi terjadi pada suhu tertinggi yaitu 340°C dimana kandungan oksigen turun sebesar 51,39% (gambar 7).



Gambar 7. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Kandungan Oksigen

Sebelum dilakukan proses hydrothermal, kandungan oksigen pada sample batubara adalah 26,44% adb. Setelah dilakukan proses hydrothermal, kandungan oksigen berkurang menjadi 12,08% adb.

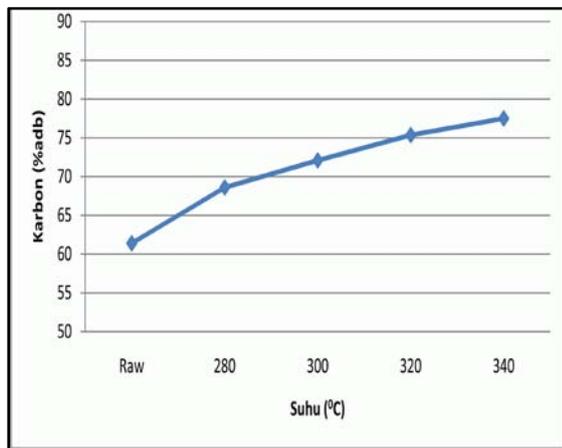
Kenaikan suhu juga berpengaruh terhadap kandungan hidrogen. Kandungan hidrogen berkurang akibat adanya kenaikan suhu. Semakin tinggi suhu, maka kandungan hidrogen cenderung semakin rendah (gambar 8).



Gambar 8. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Kandungan Hidrogen

Pengurangan kandungan hidrogen ini tidak terlalu signifikan. Kandungan hidrogen berkurang sebesar 9,35%. Sebelum proses *hydrothermal*, kandungan hidrogen pada sample batubara adalah sebesar 6.63%adb, sedangkan setelah proses *hydrothermal*, kandungan hidrogen berkurang menjadi 6,01%adb

Penurunan kandungan hidrogen dan oksigen, berbanding terbalik dengan kandungan karbon batubara hasil proses *hydrothermal*. Pada penelitian ini, dengan adanya kenaikan suhu pada proses *hydrothermal*, kandungan karbon cenderung akan semakin meningkat (gambar 9).



Gambar 9. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Karbon

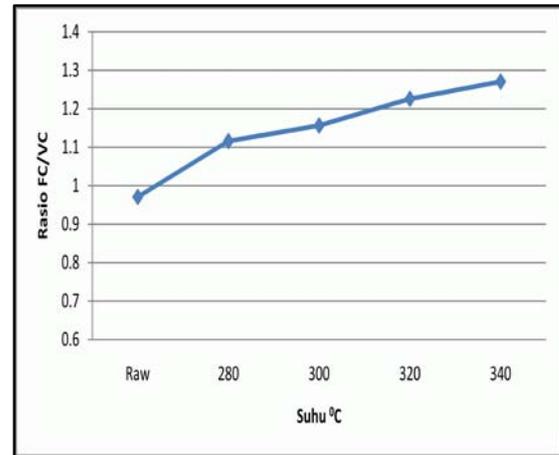
Batubara sebelum diproses *hydrothermal* memiliki kandungan karbon 61,40%adb. Setelah melalui proses *hydrothermal* dengan suhu 340°C, kandungan karbon meningkat menjadi 77,50% adb.

Penurunan kandungan oksigen dan hidrogen pada batubara hasil proses *hydrothermal* ini disebabkan oleh terurainya atau putusnya ikatan karboksil dan hidroksil yang terdapat pada struktur molekul batubara akibat adanya peningkatan suhu (Baker dkk, 1986). Terurainya ikatan inilah yang menyebabkan kandungan oksigen dan hidrogen di dalam batubara menjadi berkurang. Sakaguci dkk (2008) juga menyatakan dalam penelitiannya bahwa kenaikan suhu diatas 150°C akan menyebabkan ikatan polar yang terbentuk antara hidrogen dan oksigen akan terurai. Pemanasan yang dilakukan pada batubara membuat struktur molekul batubara akan terdekomposisi dimana ikatan-ikatan lemah khususnya hidroksil akan terputus, menguraikan hidrogen dan oksigen dari struktur molekul batubara yang mengakibatkan kandungan karbon semakin meningkat.

Karakteristik lainnya yang dapat diamati pada batubara hasil proses *hydrothermal* adalah *fuel ratio*. *Fuel ratio* merupakan perbandingan antara karbon tertambat dengan kandungan zat terbang (Sukandarrumidi, 2006). Dengan semakin berkurangnya

kandungan zat terbang dan semakin meningkatnya kandungan karbon tertambat batubara, maka rasio karbon tertambat per zat terbang batubara (FC/VM) juga akan semakin meningkat.

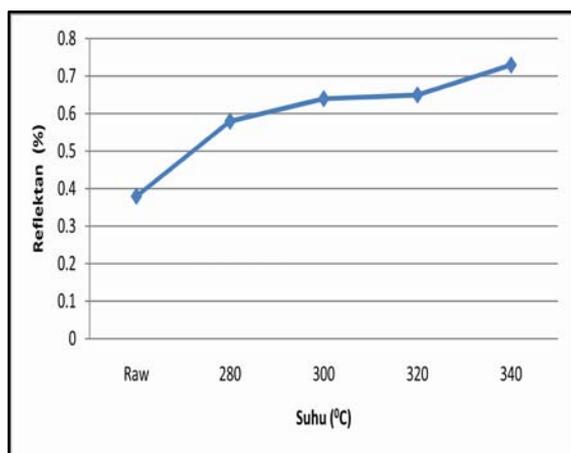
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rasio FC/VM cenderung meningkat dengan meningkatnya suhu pada proses *hydrothermal* (gambar 10). Rasio FC/VM pada batubara sebelum proses *hydrothermal* adalah sebesar 0,97. Setelah dilakukan proses *hydrothermal* dengan suhu 340°C, rasio FC/VM meningkat menjadi 1,27.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Rasio Karbon Tertambat dan Zat Terbang

Nilai *fuel ratio* menunjukkan kereaktifan pembakaran batubara. Makin rendah nilai *fuel ratio* batubara maka semakin tinggi tingkat kereaktifan pembakaran batubara tersebut (Arbie Yakub, 2006). Hasil penelitian ini menunjukkan makin tinggi suhu maka peningkatan nilai *fuel ratio* akan semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin tingginya suhu pada proses *hydrothermal*, maka kereaktifan pembakaran batubara hasil proses *hydrothermal* akan semakin berkurang.

Adanya kenaikan suhu pada proses *hydrothermal* juga berpengaruh terhadap nilai *reflektan* rata-rata vitrinite batubara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai *reflektan* ini cenderung semakin meningkat dengan semakin meningkatnya suhu (gambar 11). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada proses *hydrothermal* dengan adanya kenaikan suhu sampai 340°C, nilai *reflektan* batubara meningkat dari 0,38 menjadi 0,73. Peningkatan ini cukup signifikan. Peningkatan nilai *reflektan* ini berbanding lurus dengan peningkatan kandungan vitrinite didalam batubara. Nilai *reflektan* rata-rata vitrinite semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kandungan vitrinite di dalam batubara. Kandungan vitrinite yang awalnya hanya 39%, setelah melalui proses *hydrothermal* meningkat menjadi 82,6%.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Suhu terhadap Nilai Reflektan

Perubahan nilai *reflektan vitrinite* merupakan salah satu indikasi derajat pematubaraan. Semakin tinggi nilai *reflektan vitrinite* maka derajat pematubaraan akan semakin tinggi (Stach, E dkk, 1982). Berdasarkan analisis nilai *reflektan*, batubara raw sebelum diproses hydrothermal memiliki nilai *reflektan* sebesar 0,38%. Berdasarkan klasifikasi kelas batubara yang dibuat Ward (Thomas, L.,2002) maka batubara raw ini termasuk ke dalam kelas *subbituminous*. Setelah proses *hydrothermal*, nilai *reflektan* rata-rata *vitritine* batubara meningkat menjadi 0,73%. Berdasarkan klasifikasi Ward, maka batubara hasil proses *hydrothermal* ini termasuk kedalam kelas *High Volatile Bituminous A*. Hal ini mengindikasikan bahwa melalui proses hydrothermal, dengan semakin meningkatnya suhu, maka derajat pematubaraan akan semakin tinggi.

## KESIMPULAN

Adanya peningkatan suhu pada proses *hydrothermal*, dapat mengubah karakteristik batubara. Dengan makin tingginya suhu maka kandungan karbon tertambat, nilai kalori, unsur karbon, nilai reflektan dan *fuel ratio* cenderung semakin meningkat, sedangkan kandungan air lembab, zat terbang dan kandungan oksigen dan hidrogen cenderung semakin menurun. Selain itu dengan makin meningkatnya suhu, maka reaktifitas pembakaran batubara hasil proses *hydrothermal* cenderung semakin menurun. Kenaikan suhu pada proses *hydrothermal* juga mengindikasikan adanya derajat pematubaraan, dimana batubara yang semula termasuk kedalam kelas *subbituminous*, setelah melalui proses hydrothermal meningkat menjadi batubara setingkat *High Volatile Bituminous A*.

Kondisi suhu ideal pada penelitian hydrothermal ini adalah pada suhu 340°C, dimana pengurangan dan

peningkatan sifat kimia batubara paling tinggi terjadi pada suhu tersebut. Pada suhu 340°C nilai kalori meningkat sebesar 17,4%, kandungan air lembab turun sebesar 65,43%, zat terbang turun sebesar 3.52%, karbon tertambat meningkat sebesar 26,27%, kandungan karbon meningkat sebesar 26,22%, kandungan hydrogen turun sebesar 9,35% dan kandungan oksigen turun sebesar 51,39%

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbi Yakub. (2006). Buku Pegangan Rb's Tentang Kualitas Batubara. ATC Course Material. Bandung.
- Baker, G. G., Sears, R. E., Maas, D. J., Potas, T. A., Willson, W. G., Farn, S. A. (1986). Hydrothermal Preparation of Low-Rank Coal-Water Fuel Slurries. *Energy*, **11** :1267-1280
- Berkowitz, N. (1985). The Chemistry of Coal. Coal Science and Technology, 7. Elsevier.
- Blazsó, M., Jakab, E., Vargha, A., Székely, T., Zoebel, H., Klare, H., Keil, G. (1986). The Effect of Hydrothermal Treatment on a Merseburg Lignite . *Fuel*, **65** : 337-341.
- Mursito, A.T., Hirajima, T., Sasaki, K. (2010). Upgrading and Dewatering of Raw Tropical Peat by Hydrothermal Treatment. *Fuel*, **89** : 635-641
- Muchjidin.(2006). Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara. Penerbit ITB Bandung.
- Sakaguchi, M., Laursen, K., Nakagawa, H., Miura, K. (2008). Hydrothermal upgrading of Loy Yang Brown coal — Effect of Upgrading Conditions on The Characteristics of The Products. *Fuel Processing Technology*, **89** : 391-396.
- Speight, J.G. ( 1994 ). The chemistry and technology of Coal. Second edition. Marcel Dekker, Inc
- Stach, E., Machkowsky, M.TH., Teichmuller, M., Taylor, G.H., Chandra, D., Teichmuller, R. (1982). Stach's Textbook of Coal Petrology. Gebruder Borntrager, Berlin
- Thomas, L. (2002). Coal Geology. John Wiley and Sons, LTD
- Timpe, R.C., Mann, M.d., Pavlish, J.H., Louie, P.K.K. (2001). Organic Sulfur and Hap Removal from Coal Using Hydrothermal Treatment. *Fuel Processing Technology*, **73** : 127-141
- Umar, D.F. (2010). Pengaruh Proses Upgrading Terhadap Kualitas Batubara Bunyu Kalimantan Selatan. Seminar Rekayasa dan Proses. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro : D-0-31 – D-0-11.