

REKAYASA PERALATAN *UPGRADING* BATUBARA PERINGKAT RENDAH DALAM UPAYA PENINGKATAN NILAI KALOR MENGGUNAKAN OLI SEBAGAI STABILISATOR

ENGINEERING EQUIPMENT OF UPGRADING BROWN COAL TO INCREASE CALORIFIC VALUE USING LUBE OIL AS STABILIZER

Arizal Aswan¹, Sahrul Effendy¹, K.A Ridwan¹, Zurohaina¹, Oci Oktarini¹
(Teknik Energi/Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, +620711353414 / +62711355918
e-mail : arizal_aswan@ymail.com, oktarinioci@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia has 34.320 million tons of low rank coal in 2015. Low rank coal has total moisture content (surface moisture and inherent moisture) which is about 40%. Upgraded Brown Coal (UBC) is a method of removing moisture content in heated light oil. In this study, the proportion of coal and kerosene being 1:1 with a proportion of lubricant is 0.5% by weight of the coal. This study aims to determine the most optimal coal particle size and operating condition in the UBC process. The coal before upgrading process is known contain 32.56% of inherent moisture and has calorific value as much as 5,240 cal/gr. After upgrading process there is a significant increase of calorific value on coal 200 mesh which is 8,073.11 cal/gr, and reduction of inherent moisture become 2.16%. The most optimal increasing of calorific value occurs in coal 200 mesh, but this product has a sticky (wet) physical properties because it takes a long time in the drying process.

Keywords: Low rank coal, UBC, Calorific Value, Inherent Moisture

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen batubara terbesar di dunia setelah China, USA, India, dan Australia. Jumlah produksi batubara di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 470,8 juta ton dari jumlah sumber daya yang tersedia sebesar 124,8 miliar ton. Pada tahun 2015, jumlah sumber daya batubara Indonesia mengalami kenaikan sebesar 1,8 miliar ton dengan jumlah cadangan sebesar 32,26 miliar ton. Dari total sumber daya dan cadangan batubara tersebut sekitar 27,11% merupakan batubara kalori rendah dan 63,99% merupakan batubara kalori sedang (Dewan Energi Nasional, 2016).

Pemanfaatan batubara peringkat rendah (lignit dan sub-bituminus) masih sangat kurang karena kurang ekonomis dan tidak memenuhi kriteria pasar. Berbagai masalah yang ditimbulkan oleh batubara peringkat rendah seperti faktor teknis ataupun masalah lingkungan yang selalu menjadi isu dan mendapat perhatian yang serius. Salah satu sifat yang tidak menguntungkan dari batubara peringkat rendah adalah tingginya kadar air total (air bawaan dan air bebas) yang mencapai 40% (Umar, 2010).

Salah satu metode peningkatan nilai kalor batubara peringkat rendah adalah *Upgrading Brown Coal* (UBC). UBC pertama kali dikenalkan pada tahun 1990 oleh perusahaan Kobe Steel di Jepang. Sejak 2008, metode ini kemudian mulai dikembangkan menjadi teknologi UBC skala demo dengan kapasitas 1000 ton/jam yang didirikan di Kalimantan Selatan, Indonesia oleh *Japan Coal Energy Center* (JCOAL)

dan Kementerian ESDM dan menjadi satu-satunya teknologi UBC yang sedang dikembangkan di Indonesia.

Teknologi UBC yang dikembangkan terbagi dalam beberapa seksi utama, yaitu seksi 100 preparasi batubara, seksi 200 pengeringan batubara, seksi 300 pemisahan batubara dan minyak, seksi 400 pengambilan kembali minyak, seksi 500 pembriketan, seksi 550 *quenching* briket UBC, seksi 600 *stock yard* dan seksi 700 *utility*. Dari penelitian ini batubara ukuran >3 mm atau >6 mesh dengan kadar air total yaitu 60,20% dan air bawaan 12,97% serta nilai kalor 2403 kal/g (ar), dengan proses UBC kadar air turun rata-rata menjadi 8,075% serta nilai kalor meningkat menjadi 6105 kal/g (Umar dkk, 2007).

Selain itu, penelitian tentang UBC selanjutnya dilakukan oleh Rijwan dkk pada tahun 2011 yang berhasil menurunkan kadar air batubara ukuran >3 mm atau >6 mesh peringkat rendah dari 60,5% menjadi 6,8% dan 7,5% dengan menggunakan teknologi UBC skala pilot dengan kecepatan produksi maksimum 1200kg/jam.

Berdasarkan pertimbangan dari beberapa penelitian diatas, dapat dirancang seperangkat alat *upgrading* batubara skala laboratorium, dan untuk selanjutnya dilakukan penelitian pengembangan proses UBC terhadap peningkatan nilai kalor produk batubara UBC yang dihasilkan.

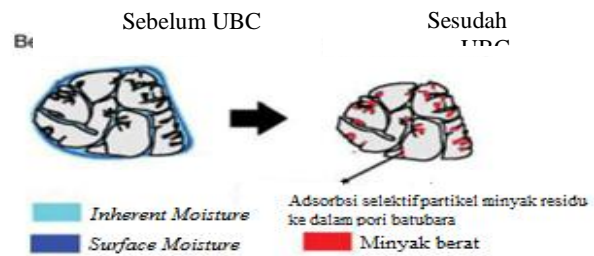
Teknologi *Upgrading Brown Coal (UBC)*

Teknologi UBC merupakan salah satu metode pemanfaatan batubara peringkat rendah dengan jalan menurunkan kandungan air sehingga secara langsung akan menaikkan nilai kalori batubara tersebut. Proses *upgrading* dengan teknologi UBC telah diakui kehandalannya. Dibandingkan dengan teknologi *upgrading* lainnya, UBC mempunyai keuntungan karena proses dilakukan pada temperatur dan tekanan relatif rendah, yaitu 150-160°C pada 0,2-0,3 MPa (Rijwan dkk, 2011)

Mekanisme Proses UBC

Proses UBC dilakukan dengan memanaskan batubara yang telah dicampur dengan campuran minyak tanah dan residu pada suhu $\pm 150^\circ\text{C}$ dan tekanan 0,35 MPa ($\pm 3,5$ atm). Karena temperatur dan tekanan yang diterapkan cukup rendah, maka pengeluaran tar dari batubara belum sempurna, karenanya perlu ditambahkan zat aditif sebagai penutup permukaan batubara. Untuk proses UBC, sebagai aditif digunakan minyak residu yang merupakan senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan sifat kimia tersebut, minyak berat (*heavy oil*) yang masuk ke dalam pori-pori batubara akan kering kemudian bersatu dengan batubara. Lapisan minyak ini cukup kuat dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan di tempat terbuka untuk jangka waktu yang cukup lama (Deguchi dan Shimasaki, 2000).

Pada proses UBC, kandungan *moisture* dalam batubara peringkat rendah dihilangkan dengan cara pemanasan (*dewatering*) di dalam media minyak yang bahan utamanya adalah minyak ringan (*light oil*) minyak berat. Penambahan minyak berat dalam minyak tanah diperlukan untuk menjaga kestabilan kadar air bawaan batubara pasca proses. Sedangkan minyak tanah diperlukan sebagai media dalam proses. Minyak berat tadi sebelumnya ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam media minyak, kurang lebih 0,5% massa batubara. Pada saat proses pemanasan berlangsung, air dalam pori-pori batubara keluar, kemudian minyak berat akan teradsorpsi secara selektif di dalam pori-pori tersebut sehingga partikel batubara terlindungi oleh minyak residu yang mengakibatkan air yang keluar dari pori-pori tidak dapat kembali masuk ke dalam batubara. Batubara hasil pemanasan kemudian dipisahkan dari minyak dan dikeringkan. Minyak yang telah dipakai dipisahkan dari air (yang berasal dari batubara) berdasarkan perbedaan berat jenis dan dapat digunakan kembali untuk proses berikutnya. (Rijwan dkk, 2011)



Gambar 1. Batubara Sebelum dan Sesudah Dilakukan *Upgrading* (Shigehisa T, 2006)

Karena proses UBC dilakukan pada tekanan dan temperatur yang rendah, maka tidak terjadi reaksi kimia yang cukup berarti. Air limbah proses UBC tidak akan mencemari lingkungan apabila air limbah tersebut dibuang langsung ke sungai/tempat pembuangan air sehingga biaya penanganan limbah juga menjadi rendah.

Adapun faktor yang dapat mempengaruhi proses *upgrading* yaitu:

a. Waktu Reaksi

Waktu tinggal merupakan variabel proses yang penting. Waktu tinggal yang lama disertai pemanasan yang tinggi menyebabkan pecahnya ikatan-ikatan hidrogen, repolimerisasi dan stabilisasi radikal bebas dari persediaan hidrogen pada batubara dan donor hidrogen lebih cepat terjadi. Waktu tinggal yang diperlukan antara 30-90 menit (Hartiniati, 2003)

b. Temperatur Reaksi

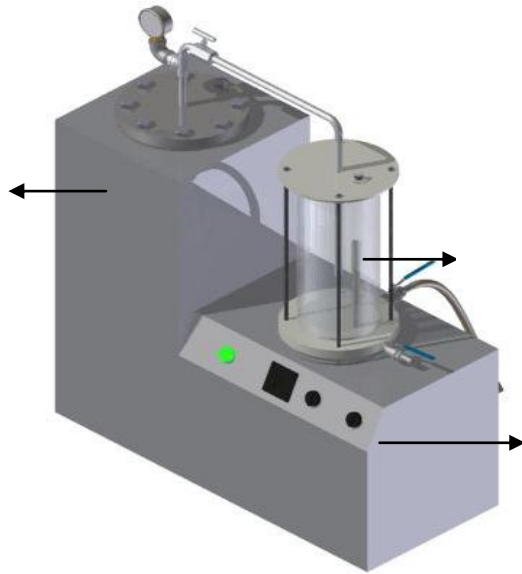
Temperatur memegang peranan utama dalam proses stabilisator. Dari 2 variabel temperatur yang dicoba yaitu 115 dan 135°C pada proses pemanasan dengan kecepatan umpan batubara 200 kg/jam, menunjukkan makin tinggi temperatur proses makin tinggi persen penurunan kadar air dalam batubara (Umar dkk, 2003)

c. Ukuran Partikel Batubara

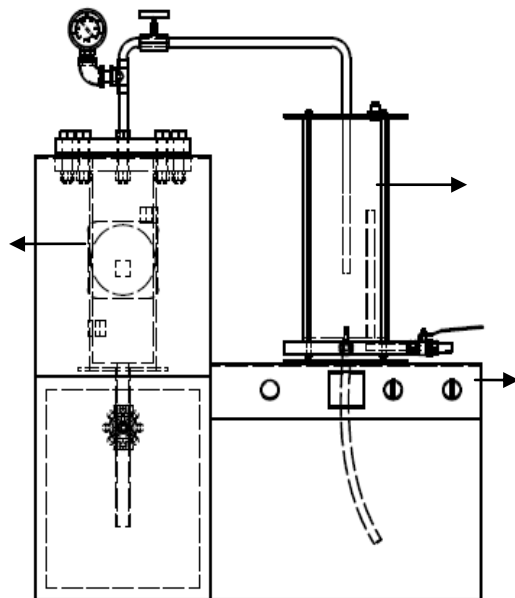
Batubara merupakan salah satu padatan *porous* yang mempunyai pori-pori berupa pipa-pipa kapiler. Pori-pori ini merupakan celah terbuka dalam matriks batubara yang memiliki kedalaman lebih besar dari lebarnya, serta memiliki variasi dalam bentuk dan lebarnya (Aminian dan Rodvelt, 2014).

2. METODE PENELITIAN

Batubara yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batubara sampel yang memiliki kadar inherent moisture yaitu 32,56% dan nilai kalor 5240,43 kkal/kg. Alat yang digunakan terdiri dari komponen utama pada yaitu reaktor pemanas dan kondensator.



Gambar 2. Alat Upgrading Batubara Tampak 3D



Gambar 3. Alat Upgrading Batubara Tampak Depan
Keterangan :

1. Reaktor
2. Kondenser
3. Panel Kontrol

Tangki pemanas yang dirancang berfungsi sebagai tempat untuk memanaskan *slurry* (campuran antara batubara, kerosin dan minyak pelumas) sedangkan Kondenser merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi sebagai media terjadinya proses kondensasi uap hasil *upgrading* batubara.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah batubara peringkat rendah dilakukan proses preparasi seperti pengecilan ukuran batubara dan pengayakan batubara. Setelah dilakukan preparasi, batubara dengan variasi ukuran partikel diumpankan kedalam reaktor pemanas bersamaan dengan kerosin dan oli dengan rasio

1:1:0.5% massa batubara dengan kondisi operasi yang diinginkan dan tekanan 3 bar selama variasi waktu tertentu. Setelah kondisi operasi tersebut tercapai maka *valve* dibuka dimana kerosin akan menguap bersamaan dengan *inherent moisture* menuju kondensor pada keadaan tersebut tekanan operasi akan menurun, oleh karena itu bukaan *valve* harus dijaga untuk mengatur tekanan tidak menurun lebih dari 3 bar.

Kerosin dan *Inherent moisture* akan mengalami pemisahan. Sementara batubara yang berada didalam reaktor dilakukan pengeringan selama 3 jam untuk proses *oil recovery*. Batubara yang telah diproses akan dikeluarkan melalui *valve* dan dilakukan pengeringan menggunakan oven. Batubara yang sudah kering akan dilakukan analisa proksimat dan nilai kalor untuk mengetahui kualitas batubara tersebut.

Metode penelitian pada alat

a. Analisis Kadar Lemas

Analisis ini berdasarkan *American Standard for Testing Material (ASTM)*

b. Penentuan Nilai Kalor

Nilai kalor ditentukan dengan cara membakar contoh batubara dalam *calorimeter bomb* pada kondisi standar. Kalor yang dihasilkan dihitung dari perubahan suhu sebelum dan sesudah pembakaran. Cara ini dilakukan berdasarkan ASTM D5865-11a

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

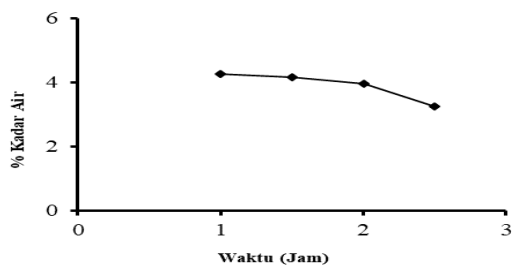
Pemanfaatan batubara sangat bergantung pada kualitas batubara tersebut. Hal ini dimaksudkan agar spesifikasi mesin atau peralatan yang memanfaatkan batubara sebagai bahan bakunya sesuai dengan mutu/kualitas batubara yang akan digunakan, sehingga mesin dan peralatan tersebut dapat berfungsi optimal dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Kualitas batubara adalah sifat fisika dan kimia dari batubara yang mempengaruhi potensi kegunaannya.

Penelitian ini memfokuskan pendataan pada variasi waktu pemanasan, suhu pemanasan dan ukuran partikel untuk mendapatkan kondisi optimum untuk penyisihan air dan peningkatan nilai kalor.

Variasi waktu pemanasan dilakukan dalam waktu 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam dengan temperature operasi 160°C menggunakan batubara 60 mesh. Sedangkan Variasi temperature pemanasan dilakukan pada suhu 130°C, 140°C, 150°C dan 160°C dengan menggunakan batubara 60 mesh selama 1 jam. Untuk variasi ukuran partikel digunakan batubara 20 mesh, 60 mesh, 170 mesh, dan 200 mesh dengan temperature operasi 160°C selama 1 jam.

Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan terhadap Penurunan Kadar Air

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan grafik hubungan pengaruh waktu pemanasan terhadap kadar air dapat terlihat pada Gambar 4.

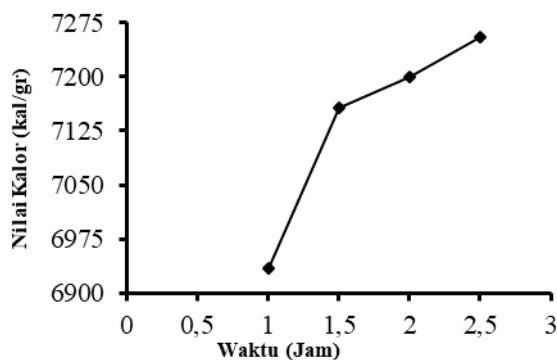


Gambar 4. Grafik Hubungan Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Kadar Air

Dari gambar tersebut dapat dilihat terjadi penurunan yang drastis dari kadar air batubara awal pada setiap peningkatan waktu yang digunakan. Pada saat proses *slurry dewatering* semakin lama waktu yang digunakan maka dapat menurunkan kadar air yang cukup besar karena terjadinya proses penguapan yang cukup lama. Waktu Pemanasan pada saat proses *slurry dewatering* akan menyebabkan semakin maksimalnya kadar air yang keluar dari batubara dengan temperatur pemanasan yang konstan yaitu 160°C. Kehilangan sejumlah massa bahan-bahan penyusun batubara melalui pori-pori, menyebabkan terjadi kekosongan pori-pori tersebut. Oleh sebab itu dibutuhkannya oli sebagai stabilisator yang berfungsi untuk menggantikan kekosongan pori-pori akibat kehilangan kadar air pada batubara tersebut. Dalam proses UBC, batubara yang dicampur dengan oli dan kerosin dipanaskan pada tekanan dan temperatur yang relatif lebih rendah. Dengan oli tersebut, maka pori-pori batubara yang terbuka akan diisi oleh oli dan menutup permukaan batubara sehingga air yang telah keluar tidak akan terserap kembali, menjaga kestabilan kadar air, dan dalam transportasi kandungan air tidak akan masuk kembali, terutama air bawaanya yang menyebabkan kadar air yang terdapat dalam batubara dapat batubara dapat menghilang atau berkurang.

Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan terhadap Kenaikan Nilai Kalor

Grafik pengaruh waktu pemanasan terhadap kenaikan nilai kalor produk batubara UBC dapat dilihat pada Gambar 5.

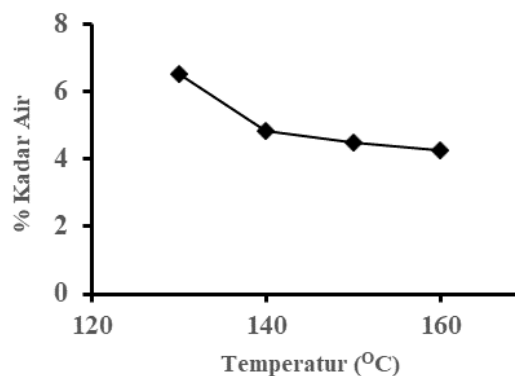


Gambar 5. Grafik Hubungan Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Nilai Kalor

Dari Gambar 5 dapat dianalisa bahwa terjadinya peningkatan nilai kalor setiap penambahan waktu proses *slurry dewatering* karena dipengaruhi oleh campuran oli sebagai *coating agent*/stabilisator dimana semakin lama proses pemanasan maka semakin lama interaksi yang terjadi antara fase terserap dengan adsorben yang menyebabkan oli akan terserap ke dalam pori-pori batubara semakin banyak serta oli akan terhomogenkan dengan baik, dan batubara akan terpengaruh kandungan nilai kalor dari oli yang menggantikan posisi air lembab yang telah keluar. Penggunaan stabilisator dikarenakan untuk mengatasi dalam pemakaian temperatur dan tekanan yang cukup rendah, pengeluaran tar belum sempurna, karenanya diperlukan zat aditif sebagai penutup permukaan batubara dan oli merupakan salah satu senyawa organik yang beberapa sifat kimianya mempunyai kesamaan dengan batubara. Dengan kesamaan tersebut, oli yang masuk ke dalam pori-pori batubara akan kering kemudian bersatu dengan batubara sehingga nilai kalor dari oli mempengaruhi dalam meningkatnya nilai kalor dari batubara. Lapisan minyak ini cukup kuat dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan ditempat terbuka untuk jangka waktu yang cukup (Deguchi dkk, 2000). Peningkatan nilai kalor juga disebabkan karena dipengaruhi oleh lama waktu pemanasan akan menyebabkan proses penguapan air semakin baik dan sedikitnya kadar air.

Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan terhadap Penurunan Kadar Air

Hubungan antara temperatur pemansasan terhadap kadar air dapat terlihat pada Gambar 6.



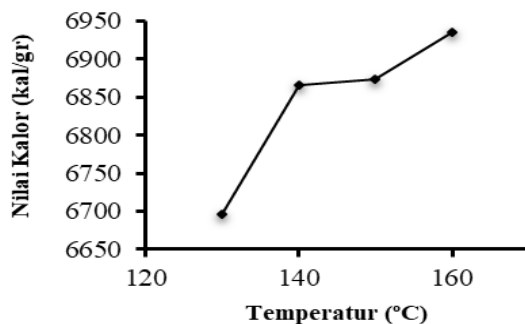
Gambar 6. Grafik Hubungan Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Kadar Air

Dari Gambar diatas dapat dilihat terjadi penurunan kadar air batubara yang dipengaruhi oleh temperatur pemanasan dimana semakin tingginya temperatur maka semakin kecil kadar air hal ini karena terjadinya proses penguapan. Selama proses pemanasan akan terjadi reaksi kimia yang menghasilkan produk gas atau cairan yang banyak berhubungan dengan sistem pori-pori batubara (Syamsudin, 1996). Kehilangan sejumlah massa bahan-bahan penyusun batubara melalui pori-

pori, menyebabkan terjadi kekosongan pori-pori tersebut. Oleh sebab itu sifat fisik yang memegang peranan penting pada proses pemanasan adalah porositas. Porositas batubara tersebut menyangkut sistem pori-pori yang dimiliki. Porositas batubara dapat menyebabkan terjadinya difusi keluar uap air, metana dan zat lain yang mudah menguap dari batubara selama terjadi pemanasan. Dalam proses UBC, batubara dicampur kerosin dan oli kemudian dipanaskan pada tekanan dan temperatur yang relatif rendah. Dengan kerosin tersebut, maka pori-pori batubara yang terbuka akan diisi oleh oli dan menutup permukaan batubara sehingga air yang telah keluar tidak akan terserap kembali. Sehingga menyebabkan kadar air yang terdapat dalam batubara dapat menghilang atau berkurang (Umar, 2010).

Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan terhadap Kenaikan Nilai Kalor

Dari hasil analisa nilai kalor dapat dianalisa bahwa semakin tinggi temperatur batubara maka semakin besar nilai kalor. Adapun grafik yang menjelaskan hubungan antara nilai kalor dan temperatur batubara saat pemanasan dapat dilihat pada Gambar 7.

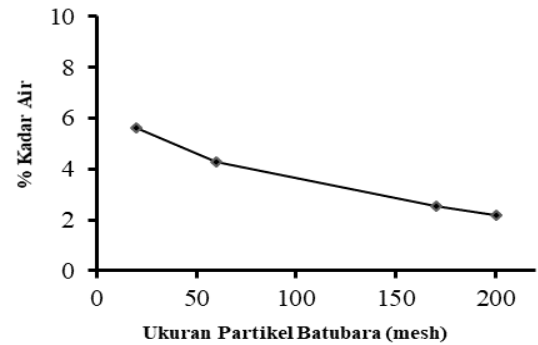


Gambar 7. Grafik Hubungan Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Nilai Kalor

Dari Gambar 7 tersebut dapat dianalisa bahwa terjadinya peningkatan nilai kalor pada temperatur 130°C, 140°C, 150°C dan 160°C. Hal ini disebabkan karena dipengaruhi dengan sedikitnya kadar air dan kadar *volatile matter* maka akan menyebabkan meningkatnya nilai kadar karbon sehingga dapat meningkatkan nilai kalor batubara.

Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Batubara terhadap Penurunan Kadar Air

Dari 4 sampel hasil analisa kadar air diketahui kadar air yang paling besar terdapat pada batubara sampel 1 dengan ukuran partikel batubara 20 mesh sebesar 5,61% sedangkan untuk kadar air paling kecil terdapat pada batubara dengan temperatur ukuran partikel 200 mesh yaitu sebesar 2,16%. Adapun untuk melihat secara jelas penurunan kadar air dapat dilihat pada Gambar 8.



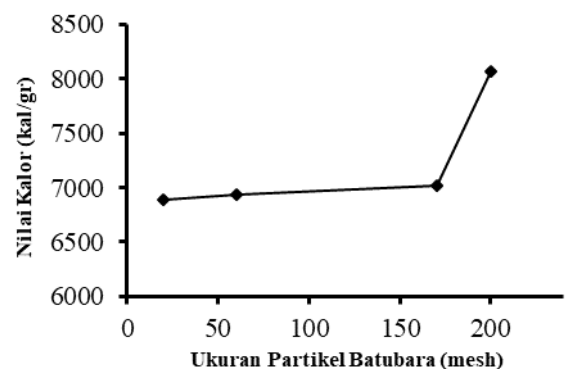
Gambar 8. Grafik Hubungan Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kadar Air

Dari gambar diatas dapat dilihat terjadi penurunan kadar air batubara seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel batubara. Pada proses pemanasan, air dalam pori-pori batubara keluar, kemudian minyak berat akan teradsorpsi secara selektif ke dalam pori-pori tersebut sehingga partikel batubara terlapisi oleh minyak berat (Rijwan, 2011)

Menurut Yuliusman, dkk (2010), proses adsorpsi dapat dipengaruhi oleh luas kontak *adsorbent dan adsorbat*, semakin besar luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat maka laju adsorpsi juga akan semakin besar. Luas permukaan adsorben dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben, semakin kecil ukuran partikel batubara maka semakin besar luas permukaan. Hal inilah yang menyebabkan adanya kenaikan nilai kalor seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel batubara yang digunakan pada proses UBC.

Pengaruh Ukuran Partikel Batubara terhadap Peningkatan Nilai Kalor Batubara

Dari hasil analisa nilai kalor dapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran partikel batubara maka semakin besar nilai kalor. Adapun grafik yang menjelaskan hubungan antara nilai kalor dan temperatur batubara saat pemanasan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Nilai Kalor

Dari Gambar 9 tersebut diketahui bahwa terjadinya peningkatan nilai kalor pada batubara dengan ukuran partikel 20 mesh, 60 mesh, 170 mesh dan 200 mesh. Adapun pengaruh kandungan kadar air yang tinggi

dapat menurunkan nilai kalor batubara. Apabila nilai *moisture* meningkat secara otomatis nilai kalori pun akan turun, sebaliknya apabila nilai *moisture* dapat dijaga atau diturunkan maka nilai kalor akan relative stabil bahkan akan meningkat (Umar, 2010)

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada alat upgrading batubara, dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal untuk mendapatkan kadar air paling sedikit dan peningkatan nilai kalor yang tinggi yaitu suhu pemanasan 160°C, tekanan 3 Bar dan waktu pemanasan 2,5 jam dengan ukuran batubara 200 mesh. Hubungan kadar air dan Nilai kalor yaitu semakin kecil *Inherent moisture* pada batubara tersebut maka nilai kalor yang didapatkan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminian, K., dan Rodvelt, G., 2014, "Coal Bed Methane: Evaluation of Coalbed Methane Reservoirs", Elsevier: USA
- Deguchi, T., Shigehisa, T., dan Shimasaki, K., 1999, Study on Upgraded Brown Coal Process for Indonesian Low Rank Coals", Proc. International Conference on Clean and Efficient Coal Technology in Power Generation, Indonesia, pp 176–180.
- Deguchi T., Shigehisa T., Makino E., dan Otaka Y., 2002. Proc, International Conference and Exhibition on Clean and Efficient Coal Technology in Power Generation, Coal-Tech 2002, Indonesia.
- Dewan Energi Nasional, 2016, "Outlook Energi Indonesia", Jakarta, Kementerian Sumber Daya dan Mineral
- Hartiniati, H., Hanif, M., Tamura, M., Yanai, S., Shigesu, T., 2008, "Feasibility Study on Coal Liquefaction Project in Kalimantan", UNTAD Journal, Vol 4, No. 2
- Rijwan, Iwan, 2011. "Optimalisasi Proses *Upgraded Brown Coal* Kadar Air Tinggi", Bandung: Puslitbang Tekmira.
- Shigehisa, T, *UBC oogata jisshou purojekuto*, JCOAL Journal Vol. 5, September 2006.
- Syamsuddin, A., 1996 Studi Pengaruh Proses Carbontec Drying Terhadap Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah, Tugas Sarjana Institut Teknologi Bandung.
- Umar, D. F., Suganal, Priyono, H., Nuroniah, N., Sodikin, I., Supriatna, W., Rijawan, I., Rustomo, G., Syahrial, Hernawati, T., Astiti, M. W., Atmini, S., Paidi, Rohayati, T., Agustiana, L., Somadi, E., dan Aat, 2003. Uji Coba Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Dengan Proses UBC (*Upgraded Brown Coal*) Palimanan, Cirebon, laporan Intern Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Umar, D. F., Kunrat, T. S., Rijawan, I., Hudaya, G. K. dan Setiawan, L., 2007. Persiapan Pembangunan UBC *Demonstration Plant*, Laporan Intern Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Umar, D. F., 2010, "Pengaruh Proses Upgrading terhadap Kualitas Batubara Bunyu, Kalimantan Timur", Seminar Rekayasa Kimia dan Proses
- Yuliusman, Widodo WP, Yulianto SN, dan Yuda P. 2010. "Preparasi Zeolit Alam Lampung Dengan Larutan Hf, HCl Dan Kalsinasi Untuk Adsorpsi Gas CO". Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. ISSN: 1411-4216. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.