

# Penentuan Properties Bahan Bakar Batubara Cair untuk Bahan Bakar Marine Diesel Engine

Nanang Juhantoro, I Made Ariana dan Semin Sanuri

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: ariana@its.ac.id

**Abstrak**— *Coal water mixture (CWM)* adalah bahan bakar campuran antara batubara dan air dengan penambahan zat aditif yang dapat membentuk suspensi cairan homogen dan stabil selama penyimpanan, pengangkutan, dan pembakaran. Tahap pertama pembuatan bahan bakar batubara cair adalah dengan teknologi *Upgrading Brown Coal (UBC)*. Pada proses upgrading ini digunakan larutan kerosen dan aspal sebagai media upgradingnya, sedangkan rasio antara larutan kerosen-aspal dengan batubara adalah 1,25. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *slurry* bahan bakar batubara cair dengan teknologi *Coal Water Mixtures (CWM)*. Pada proses CWM ini diameter batubara maximum 38 um. Komposisi antara batubara dengan air adalah 40% : 60%. Untuk menstabilkan CWM digunakan bahan aditif berupa CarboMextyl Cellulose (CMC) dan sebagai dipersant digunakan Alkyl Benzene Sulfonic (ABS). Perbandingan masing-masing aditif pada komposisi campuran adalah 0.01% CMC dan 0.07% ABS. Dalam penelitian ini dilakukan variasi temperatur pemanasan untuk mengetahui hasil fisik maupun karakteristik bahan bakar batubara cair. Dari hasil fisik dan karakteristik diperoleh keadaan batubara cair memiliki kemiripan dengan Heavy Fuel Oil (HFO) pada temperatur pemanasan 15 °C dan 50 °C.

**Kata Kunci**— *upgrading, Coal Water mixtures, Slurry batubara cair, temperatur.*

## I. PENDAHULUAN

PENINGKATAN konsumsi bahan bakar minyak (BBM) pada kehidupan sehari-hari akan sangat berpengaruh dengan jumlah cadangan minyak yang terkandung didalam perut bumi maupun yang sudah mengalami pemrosesan.. Bahan Bakar minyak (BBM) sendiri merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui maka cepat atau lambat cadangan dari bahan bakar ini akan segera habis. Diperkirakan cadangan minyak (BBM) di Indonesia saat ini hanya tinggal 18 tahun lagi, setelah itu kemungkinan besar akan segera habis [1], ditunjukan pada tabel 1. Oleh sebab itu, pola konsumsi energi perlu diubah dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yang ada. Alternatif-alternatif yang ada dapat berupa pemakaian batubara, gambut, *biomassa* dan lain-lain. Namun dari berbagai alternatif yang ada, batubara yang mempunyai jumlah cadangan cukup besar di Indonesia, sehingga menjadi salah satu energi alternatif yang paling baik.

Tabel 1.

Sumber Daya Energi Dunia dan Indonesia Tahun 2010

Cadangan di Indonesia	Tahun 2010		Cad/Prod (Tahun)
	Cadangan	Produksi	
Batubara	21 Miliar Ton	275 Juta Ton	76
Minyak Bumi	4,2 Miliar Barel	350 Juta Barel	18

Batubara merupakan bahan bakar padat yang banyak digunakan sebagai sumber energi diberbagai pembangkit listrik

tenaga uap (PLTU). Tetapi dilain sisi tidak semua permesinan menggunakan bahan bakar padat. Hal ini berkaitan dengan proses penginjeksian dan pembakaran. Dimana permesinan membutuhkan salah satu karakteristik bahan bakar agar dapat di injeksikan yaitu nilai viskositas. Salah satu permesinan yang membutuhkan bahan bakar cair yaitu mesin diesel yang menggunakan bahan bakar *Heavy Fuel Oil (HFO)*. Sehingga untuk dapat digunakan pada mesin diesel batubara perlu dilakukan proses pencairan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Pengertian dan Struktur Kimia Batubara

Batubara merupakan suatu jenis mineral yang tersusun atas karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan senyawa-senyawa mineral [2]. Batubara digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan listrik. Pada pembakaran batubara, terutama pada batubara yang mengandung kadar sulfur yang tinggi, menghasilkan polutan udara, seperti sulfur dioksida, yang dapat menyebabkan terjadinya hujan asam. Karbon dioksida yang terbentuk pada saat pembakaran berdampak negatif pada lingkungan [3].

Tabel 2.

Kisaran Propertis Beberapa Peringkat Batubara

	Antrasit	Bituminus	Subbituminus
<b>Kadar air (%)</b>	3 - 6	2 - 15	10 - 25
<b>Zat terbang (%)</b>	2 - 12	15 - 45	28 - 45
<b>Karbon padat (%)</b>	75 - 85	50 - 70	30 - 57
<b>Abu (%)</b>	4 - 15	4 - 15	3 - 10
<b>S (%)</b>	0,5 - 2,5	0,5 - 6	0,3 - 1,5
<b>H (%)</b>	1,5 - 3,5	4,5 - 6	5,5 - 6,5
<b>C (%)</b>	75 - 85	65 - 80	55 - 70
<b>N (%)</b>	0,5 - 1	0,5 - 2,5	0,8 - 1,5
<b>O (%)</b>	5,5 - 9	4,5 - 10	15 - 30
<b>Kalori (Btu/lb)</b>	12000 - 13500	12000 - 14500	7500 - 10000
<b>ρ (g/mL)</b>	1,35 - 1,7	1,28 - 1,35	1,35 - 1,4

### 2. Teknologi Upgrading Brown Coal (UBC)

Sesuai dengan tabel 2 bahwa batubara memiliki kandungan air bebas maupun air bawaan dan hal ini merupakan faktor yang merugikan karena memberikan pengaruh yang negatif terhadap proses pembakarannya [4]. Tetapi kondisi ini dapat diatasi dengan cara menurunkan kadar air dalam batubara dengan cara mekanik atau perlakuan panas. Air bebas dapat dikurangi secara efektif dengan cara mekanik, sedangkan penurunan air bawaan harus dilakukan dengan cara pemanasan. Proses ini dinamakan dengan teknologi Upgrading Brown Coal (UBC).

Pada pemanasan temperatur 100 - 120°C terjadi reaksi endotermis. Pada reaksi ini terjadi penguapan air, dimana air yang menguap berupa air bebas, air terikat secara fisik dan air bawaan yang terjebak dalam struktur pori-pori batubara. Sehingga hal ini mengakibatkan terjadinya kekosongan pada pori-pori batubara (porositas). Maka untuk itu perlu ditambahkan reaktan berupa kerosen pada proses UBC. Dengan kerosen/reaktan tersebut, maka pori-pori batubara yang terbuka akan diisi dan menutup permukaan batubara sehingga air yang telah keluar tidak akan terserap kembali [5].

Pada proses pengeringan batubara dengan temperatur pemanasan sekitar 150°C, pengeluaran tar dari batubara belum sempurna sehingga perlu ditambahkan reaktan sebagai penutup permukaan batubara seperti kanji, tetes tebu (*mollase*) dan minyak residu. Karena Lapisan minyak residu ini cukup kuat, memiliki sifat yang sama dan dapat menempel pada waktu yang cukup lama sehingga batubara dapat disimpan di tempat terbuka untuk jangka waktu cukup lama [6].

### 3. Teknologi Coal Water Mixtures (CWM)

*Coal water mixture* (CWM) adalah bahan bakar campuran antara batubara dan air yang dengan bantuan zat aditif membentuk suspensi kental homogen dan stabil selama penyimpanan, pengangkutan, dan pembakaran. Teknologi pembuatan CWM sebenarnya cukup sederhana, yaitu dengan mencampurkan batubara dan air dalam perbandingan tertentu. Dengan adanya pengungkungan/penjebakan batubara di dalam air, maka CWM mempunyai sifat yang sama dengan BBM (HFO) sehingga bisa dialirkan atau dipompa untuk transportasi maupun pembakaran. CWM merupakan campuran batubara dan air, karena itu sifat permukaan batubara terhadap air mempunyai pengaruh yang besar. Sifat permukaan yang hidrofilik memegang peranan penting dan dapat mempengaruhi kestabilan CWM, karena sifat ini berkaitan dengan kemampuan membasahi (*wetting ability*) permukaan butiran batubara [7]. Ukuran partikel batubara juga sangat berpengaruh terhadap kestabilan CWM. Makin besar ukuran partikel batubara, makin besar pula ukuran pengendapan batubara dalam air hal ini sesuai dengan Hukum Stokes. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, ukuran partikel batubara optimum adalah 80% lolos saringan 200 mesh dan 20% di antaranya tidak lebih besar dari 120 mesh [8].

### 4. Viskositas

Viskositas dari suatu fluida merupakan sifat penting dalam analisis perilaku cairan dan gerakan cairan dengan batas tertentu. Viskositas adalah resistansi cairan untuk geser atau aliran dan merupakan ukuran dari properti cairan perekat / kohesif atau friksional. Resistansi ini disebabkan oleh gesekan antarmolekul diberikan ketika lapisan cairan mencoba untuk saling berpindah dengan satu sama lain. Sehingga viskositas merupakan ukuran hambatan (resistansi) suatu bahan terhadap aliran.

Secara teori nilai viskositas suatu zat cair akan berkurang dengan kenaikan temperatur. Hal ini berkaitan struktur molekul dari zat cair. Molekul-molekul zat cair jaraknya berdekatan dengan gaya kohesi yang kuat antara molekul dan hambatan terhadap gerak relatif antara lapisan-lapisan fluida bersebelahan yang berhubungan dengan gaya antar molekul ini. Dengan meningkatnya temperatur gaya kohesi ini berkurang dan mengakibatkan berkurangnya hambatan gerakan [9].

Bahan bakar batu bara cair merupakan salah satu bentuk fluida dimana viskositas dari fluida tersebut juga sangat berpengaruh terhadap kemampuan dan dari marine diesel engine. Viskositas bahan bakar pada marine diesel pada umumnya memiliki spesifikasi dengan nilai kekentalan sekitar 10-15 cst. Karena viskositas merupakan faktor yang sangat penting pada saat proses penginjeksian dan pembakaran didalam ruang bakar ruang bakar . semakin besar viskositas semakin sulit pada saat proses

pengkabutan, sehingga hal ini berpengaruh pada saat proses pembakaran.

Dan berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas dari fluida cair.

#### a. Tekanan.

Viskositas cairan naik dengan naiknya tekanan sedangkan viskositas gas tidak dipengaruhi oleh tekanan. Tekanan pada viskositas fluida akan memberikan pengaruh pada ikatan partikel-partikel pada zat cair.

#### b. Temperatur.

Viskositas akan turun dengan naiknya temperatur, sedangkan viskositas gas naik dengan naiknya temperatur. Pemanasan zat cair menyebabkan molekul – molekulnya memperoleh energi. Molekul- molekul cairan bergerak sehingga gaya interaksi antar molekul melemah. Dengan demikian viskositas cairan akan turun dengan kenaikan temperatur.

#### c. Ukuran dan berat molekul

Viskositas naik dengan naiknya berat molekul. Misalnya laju aliran alkohol cepat, larutan minyak laju alirannya lambat dan kekentalannya tinggi. Larutan minyak misalnya CPO memiliki kekentalan tinggi serta laju aliran lambat sehingga viskositas juga tinggi.

#### d. Kekuatan antar molekul.

Semakin besar ikatan antar molekul suatu zat cair maka nilai viskositas yang dimiliki akan semakin tinggi.

### 5. Heavy Fuel Oil.

Heavy Fuel Oil merupakan salah satu produk hasil olahan dari minyak mentah yang merupakan kategori dari bahan bakar residu. HFO banyak digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin kapal (Marine Diesel Engine) dikarenakan harganya yang murah. Bahan bakar HFO yang digunakan untuk marine harus memiliki karakteristik tertentu agar dapat digunakan pada waktu pembakaran. Selain itu karakteristik dari bahan bakar tersebut juga sangat penting terhadap kinerja, operasi dan pemeliharaan dari mesin diesel. Beberapa karakteristik dari HFO yang berpengaruh terhadap kemampuan dari motor diesel adalah sebagai berikut:

- Densitas.
- Viskositas.
- Karbon Residu.
- Specific gravity.
- Titik nyala.
- Kandungan sulphur.
- Kadar air.
- Nilai Kalori.
- Kandungan residu.

## III. EKSPERIMEN

Proses pembuatan slurry batubara cair disini menggunakan data hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan mengambil data-data hasil penelitian yang memiliki hasil yang paling baik. Untuk proses upgrading batubara cair menggunakan rasio campuran antara batubara dan kerosen/aspal 1,25 dan dengan ukuran diameter batubara 2,8 mm. Dan untuk data pembuatan slurry batubara cair menggunakan batubara hasil upgrading dengan ukuran diameter batubara hasil ugradig yang digunakan 38 µm. Rasio campuran batubara dan air 40% : 60%, katalis yang digunakan adalah Alkyl Benzene Sulfonic (ABS) dan Carboxymethylcellulose (CMC) dengan perbandingan yang digunakan dalam campuran 0.07% ABS dan 0,01% CMC. proses pencampuran menggunakan putaran 900 rpm, waktu 60 menit dengan temperatur 75 °C.

Proses selanjutnya adalah pemanasan slurry batubara cair dengan variasi temperatur 15°C, 50°C, 90°C, 100°C dan 150°C. Proses pemanasan slurry bahan bakar batubara cair ini digunakan untuk menentukan keadaan fisik maupun karakteristik bahan bakar batubara cair yang mempunyai kemiripan dengan bahan bakar marine diesel engine yaitu Heavy Fuel Oil (HFO). Untuk nilai karakteristik bahan bakar batubara cair yang dianalisa dalam penelitian ini adalah nilai viskositas, nilai water content, density, nilai kalori, dan karbon residu.

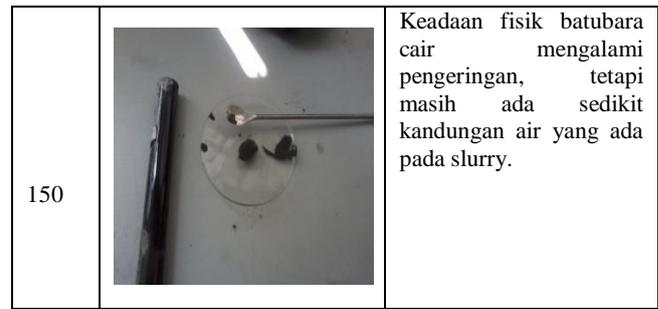
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil nilai properties yang telah didapatkan dari slurry batubara cair kemudian dilakukan analisa terhadap keadaan fisik dan nilai karakteristik bahan bakar marine diesel engine yaitu heavy fuel oil (HFO). Untuk nilai karakteristik yang dianalisa dalam penelitian ini adalah nilai viskositas, nilai water content, density, nilai kalori, dan karbon residu. Dan untuk temperatur yang digunakan disesuaikan dengan temperatur yang biasa digunakan untuk bahan bakar dikapal yaitu 15°C, 50°C, 90°C, 100°C dan 150°C.

1. Data Visual.

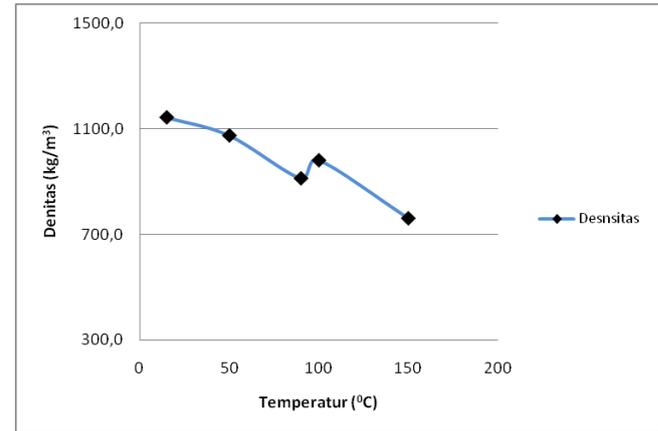
Tabel 3.  
Data Visik Batu Bara Cair.

T (°C)	Data Fisik	Keterangan
15		Keadaan fisik slurry hampir sama dengan keadaan slurry awal. Tidak ada pengendapan. Air dan batubara tercampur sempurna.
50		Keadaan fisik slurry mengalami sedikit penggumpalan tetapi slurry masih dapat menetes jika dituangkan dari gelas kimia.
90		Keadaan fisik slurry batubara cair mengalami pengendapan dan pemisahan antara air dan batubara. Sehingga terjadi pengeringan.
100		Keadaan fisik slurry batubara cair hampir sama dengan pemanasan pada temperatur 90°C. Dimana terjadi pengendapan.



2. Data Properties.

a. Densitas

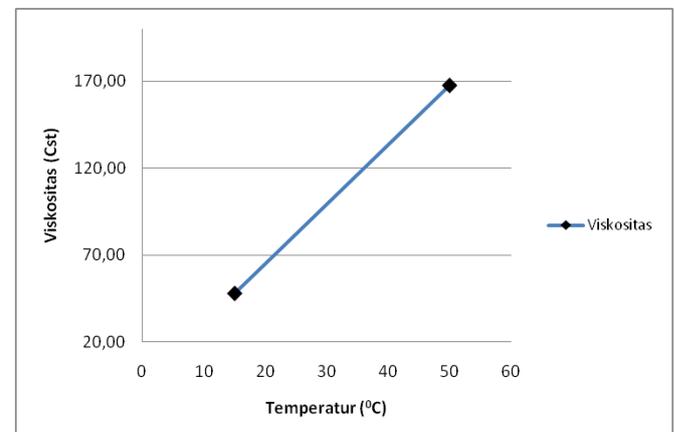


Gambar 1. Grafik pengaruh temperatur terhadap densitas batubara cair.

Dari gambar 1 dapat diketahui pengaruh temperatur terhadap densitas bahan bakar batubara cair bahwa semakin tinggi temperatur yang diberikan densitas pada bahan bakar batubara cair mengalami penurunan. Secara properties nilai bahan bakar batubara cair dengan temperatur 15°C memiliki kemiripan dengan bahan bakar HFO sesuai standart ISO- 3675 atau 12185 dengan temperatur yang sama yaitu 1142,4 kg/cm<sup>3</sup>.

Untuk temperatur pemanasan pada 50°C sampai dengan 150°C terjadi penurunan densitas yang sangat signifikan, hal ini dikarenakan pengaruh temperatur pada batubara cair mengakibatkan terjadinya penguapan pada komposisi airnya. Sehingga hal ini mengurangi massa yang terkandung pada campuran batubara dan air.

b. Viskositas.



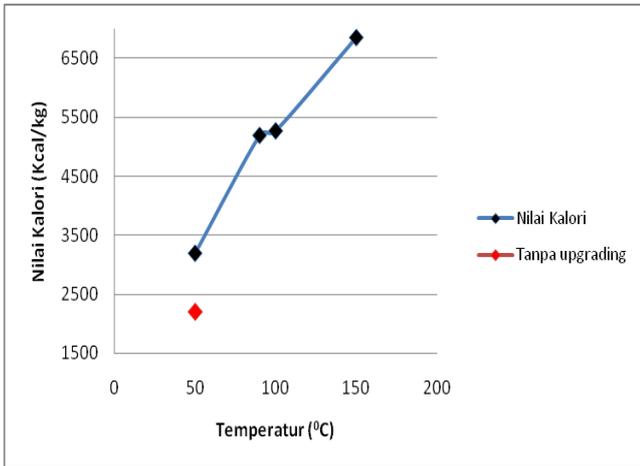
Gambar 2. Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas batubara cair.

Dibandingkan dengan viskositas yang dimiliki Heavy Fuel Oil (HFO) dengan standart ISO-3104 pada temperatur 50°C yaitu < 700 cst, nilai viskositas bahan bakar batubara cair memiliki nilai yang lebih rendah. Tetapi nilai viskositas batubara cair pada

temperatur 100°C tidak dapat ditentukan. Dimana nilai viskositas HFO pada kondisi tersebut memiliki nilai 50 cst

Pada gambar 2 dapat dilihat keadaan viskositas dari bahan bakar batubara cair berbanding lurus dengan kenaikan temperatur. Dan pada tabel 3 keadaan viskositasnya tidak dapat diuji pada temperatur 90°C -150°C. Hal ini dikarenakan pada temperatur tersebut keadaan slurry sudah mengalami penggumpalan dan pengeringan. Komposisi air pada campuran tersebut mengalami penguapan dan pemisahan akibat ketidakstabilan dari kedua komposisi tersebut. Dimana air mengalami penguapan pada campuran tersebut.

c. Nilai Kalori.

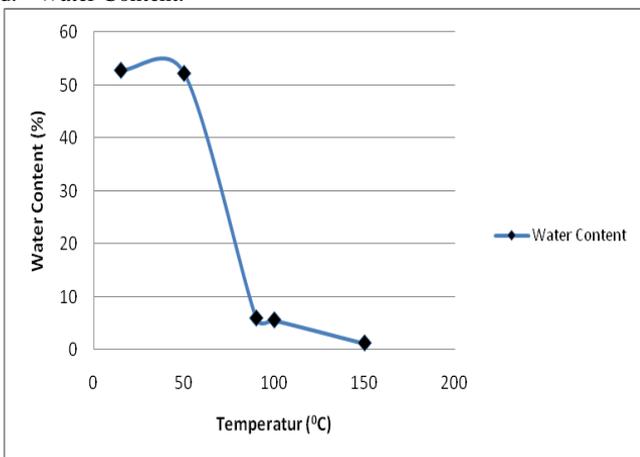


Gambar. 3. Grafik pengaruh temperatur terhadap nilai kalori batubara cair.

Pada gambar.3 grafik perbandingan pengaruh temperatur terhadap nilai kalori, dapat dilihat perbedaan nilai kalori pada masing-masing temperatur dengan kecenderungan semakin naik. Hal ini dikarenakan kandungan air pada bahan bakar semakin berkurang. Karena nilai kalor dari batubara berhubungan erat dengan kandungan airnya. Kandungan air ini dapat berupa air bebas maupun air bawaan. Semakin tinggi kandungan air maka semakin rendah nilai kalorinya.

Pada temperatur 90°C-150°C nilai kalor memiliki nilai yang cukup tinggi, tetapi disisi yang lain kondisi bahan bakar batubara cair tidak bisa digunakan untuk bahan bakar, karena terjadi penguapan yg cukup besar sehingga menyebabkan penggumpalan. Pada temperatur yang sama 500C nilai kalori hasil upgrading lebih besar daripada tanpa diupgrading. Peningkatan nilai kalori dengan upgrading sebesar 31,24 %.

d. Water Content.

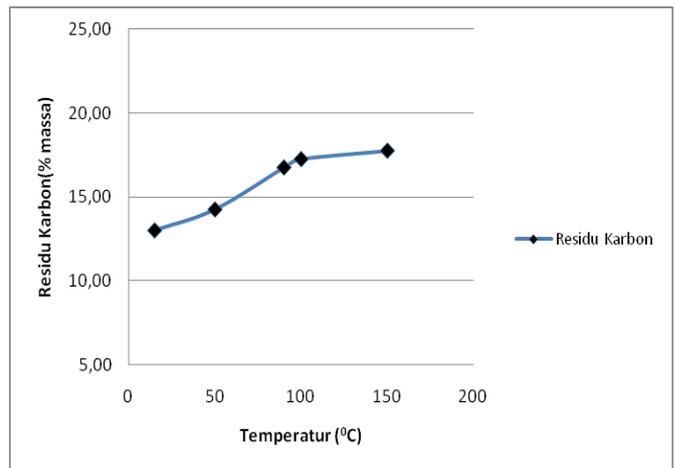


Gambar. 4. Grafik pengaruh temperatur terhadap kandungan air batubara cair.

Pada Gambar .4 terlihat pengaruh temperatur dengan nilai kandungan airnya bahwa semakin tinggi temperatur yang diberikan kandungan air pada bahan bakar batubara cair mengalami penurunan. Hal ini sangat jelas sekali karena pada uji fisik bahan bakar batubara cair terjadi penguapan ketika diberikan temperatur yang cukup besar. Hal ini dikarenakan ikatan molekul antara batubara dan air tidak kuat. Hal ini juga juga berkaitan dengan aditif yang dicampurkan. Zat aditif yang dicampurkan sebagai stabilizer (CMC) tidak memiliki kemampuan terhadap pengaruh panas.

e. Karbon Residu.

Residu karbon dari sampel batubara cair ini merupakan campuran dari residu karbon batubara, kerosen, dan aspal. Hal ini dikarenakan komposisi dari batubara setelah diupgrading merupakan campuran dari ketiga bahan tersebut.



Gambar. 5. Grafik pengaruh temperatur terhadap residu karbon batubara cair.

Dari gambar .5 grafik perbandingan pengaruh temperatur terhadap bahan bakar batubara cair. Pengaruh temperatur tersebut mengakibatkan kandungan residu karbon dari bahan bakar batubara cair semakin besar. Keadaan ini dikarenakan dengan temperatur 15°C sampai dengan 50°C massa sampel merupakan campuran air dan batubara sehingga komposisi dari dari batubara terhadap sampel sedikit. Untuk temperatur 90°C, 100°C dan 150°C massa sampel sebagian besar terdiri dari batubara karena air pada campuran mengalami penguapan (evaporasi).

Dibandingkan dengan kandungan residu karbon pada HFO berdasarkan standart ISO 10370 nilai residu karbon pada sampel batubara bar cair dengan temperatur yang sama memiliki nilai nilai residu karbon yang lebih rendah yaitu 14,25 %. Dimana untuk HFO sesuai standart ISO 10370 memiliki nilai residu karbon 22%.

V. KESIMPULAN.

Dari serangkaian proses penelitian, pengujian pada fisik maupun karakteristik dari batubara cair serta hasil data yang diperoleh, maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagaimana berikut ini :

Keadaan fisik bahan bakar batubara cair mempunyai kemiripan dengan bahan bakar HFO (Heavy Fuel Oil) dengan temperatur pemanasan 15 °C dan 50 °C. Sedangkan karakteristik bahan bakar batu bara cair yang meliputi viskositas, densitas, dan karbon residu yang memiliki kemiripan dengan karakteristik bahan bakar HFO sesuai standart ISO-8217 pada temperatur pemanasan 15 °C dan 50 °C. Untuk karakteristik yang meliputi kandungan air (water content) dan nilai kalori masih jauh kemiripannya dengan nilai karakteristik pada HFO.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Statistical Review of World Energy dan Kementrian ESDM Indonesia, 2010.
  - [2] Speight,J.G.2005. *HandBook of Coal Analysis*. New Jersey.
  - [3] van Krevelen, D. W. 1961. *Coal*. Elsevier, Amsterdam
  - [3] Umar, D. F., Daulay, B., Suganal dan Rijwan, I., 2004, Pengujian Peningkatan Kualitas Batubara Peringkat Rendah Dengan proses UBC (Upgraded Brown Coal) Skala Pilot, Laporan Litbang tekMIRA No. 35.
  - [4] Ashfahani , Adnan. 2012. Teknologi Upgraded Brown Coal (UBC) untuk Meningkatkan Kualitas Batubara Kalori Rendah. (di unduh tanggal 1 februari 2012) <http://www.kamase.org/?p=588>
  - [5] Tsai S. C. 1982. *Fundamental of Coal Beneficiation and Utilization*, Coal Science and Technology 2, Elsevier Publishing Company,
  - [6] Couch. G. R., *Lignite Up-Grading*, IEA Research, 1990
  - [7] Hashimoto, N. 1999. *Coal Water Mixture Preparation*, Coal Preparation Vol 21, pp 3-22.
  - [8] Umar, D. F. 2010. Pengaruh Proses Upgrading Terhadap Kualitas Batubara Bunyu, Kalimantan Timur. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara.
  - [9] Donal F. Young. 2004. *Mekanika Fluida*, Erlangga.
- Tabel 1 dan 2 sumber : Statistical Review of World Energy dan Kementrian ESDM Indonesia, 2010.