

## **Analisis Perbandingan dan Tingkat Keekonomisan dari Hasil Pengujian *Coal Water Mixture* dengan *Coal Oil Mixture* dari Batubara Peringkat Rendah (Lignit) dan Batubara Hasil Proses *Upgrading Hot Water Drying*, Asal Kecamatan Pendopo, Kabupaten Empat Lawang, Sumatera Selatan, sebagai Bahan Bakar Alternatif di Puslitbang tekMIRA**

<sup>1</sup>Ihsan Fatiy Shalih, <sup>2</sup>Datin Fathia Uma, <sup>3</sup>Sri Widayati  
<sup>1,2,3</sup>Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
Email: <sup>1</sup>ihsanfatiy@gmail.com

**Abstract.** Coal Water Mixture (CWM) and Coal Oil Mixture (COM) are a mixture of coal with water and coal with oil in a certain ratio, after which additive is added to obtain mixed stability and good flow properties of CWM and COM. The solid percent of COM by using Low Rank Coal (LRC) from Pendopo is higher than CWM, at the same viscosity (1000 mPas), CWM is 60,195%, while COM is 65,381%. In the upgrading coal used process Hot Water Drying (HWD) from Pendopo, solid percent of COM is lower than CWM, at viscosity 1000 mPas COM is 63,939%, while CWM is 65,456%. Based on the economic calculation to get 1 ton CWM or COM, COM gives bigger profit. The processing cost of 1 ton CWM is Rp 414.916,05 with profit Rp 3.177.399,95. While for 1 ton COM the required cost is Rp 2.698.772,23. with profit of Rp 7.796.033,77.

**Keywords:** Coal, Coal Water Mixture (CWM), Coal Oil Mixture (COM), Viscosity, Economy

**Abstrak.** *Coal Water Mixture* (CWM) dan *Coal Oil Mixture* (COM) adalah campuran batubara dengan air dan batubara dengan minyak dalam perbandingan tertentu, setelah itu ditambahkan zat aditif untuk memperoleh stabilitas campuran dan sifat alir yang baik dari CWM dan COM. Persen solid dari COM dengan menggunakan batubara peringkat rendah asal Pendopo lebih tinggi dibandingkan dengan CWM, pada viskositas yang sama (1000 mPas), CWM adalah 60,195%, sedangkan COM adalah 65,381%. Pada batubara hasil *upgrading* dengan proses *Hot Water Drying* (HWD) asal Pendopo, persen solid COM lebih rendah dibandingkan dengan CWM, pada viskositas 1000 mPas COM adalah 63,939 %, sedangkan CWM adalah 65,456 %. Berdasarkan perhitungan keekonomisan untuk mendapatkan 1 ton CWM atau COM, COM memberikan keuntungan yang lebih besar. Biaya proses 1 ton CWM adalah sebesar Rp 414.916,05 dengan keuntungan Rp 3.177.399,95. Sedangkan untuk 1 ton COM biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 2.698.772,23 dengan keuntungan sebesar Rp 7.796.033,77.

**Kata Kunci:** Batubara, *Coal Water Mixture* (CWM), *Coal Oil Mixture* (COM), Viskositas, Ekonomi

### **A. Pendahuluan**

#### **Latar Belakang**

Menurut laporan (BP Statistical Review of World Energy, 2017), Indonesia saat ini memiliki cadangan minyak sekitar 3,3 miliar barel, dengan rata-rata produksi sebesar 314.928.000 barel/tahun sehingga diperkirakan akan habis dalam waktu 11 tahun. Sedangkan gas alam hanya memiliki cadangan sebesar 2,9 triliun kubik meter dengan produksi sebesar 74,72 miliar kubik meter/tahun sehingga gas alam juga diperkirakan akan habis dalam 38 tahun, maka dari itu diperlukan bahan bakar alternatif.

Sumber energi lain yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yaitu batubara. Berdasarkan aplikasi sistem database yang dikembangkan oleh Badan Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) dengan *the New Energy Development Organization* (NEDO). Disebutkan bahwa sebelumnya jumlah sumber daya batubara sebesar 26 miliar ton kini menjadi 65,4 miliar ton, sedangkan cadangan dari 2,6 miliar ton menjadi 12 miliar ton ([www3.esdm.go.id](http://www3.esdm.go.id)). Sehingga, batubara

diperkirakan bisa digunakan hingga 60 tahun ke depan. Menyikapi hal tersebut pemerintah Indonesia mengeluarkan serangkaian kebijakan dibidang pengembangan sumber energi alternatif pada awal tahun 2006. Kebijakan tersebut tertuang dalam 3 ketentuan, yaitu Perpres Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Perpres No 1/2006 tentang Bahan Bakar Nabati, dan Inpres No 2/2006 tentang batubara yang dicairkan sebagai bahan bakar lain. Dengan kebijakan tersebut, pemerintah ingin mendorong peran dunia usaha dalam pengembangan bahan bakar alternatif sebagai substitusi terhadap bahan bakar minyak. Salah satu yang diinginkan oleh pemerintah adalah pengembangan batubara dalam bentuk fluida yaitu berupa *Coal Water Mixture* (CWM) dan *Coal Oil Mixture* (COM).

Pada prinsipnya proses keduanya adalah menselaraskan ukuran partikel dua jenis zat yang berbeda dari segi fisis, serta rasio hidrogen/karbon dari segi kimiawinya. Ukuran partikel batubara digerus sedemikian rupa untuk dicampur bersama minyak atau air, setelah itu ditambahkan zat aditif untuk memperoleh stabilitas campuran dan sifat alir dari CWM dan COM. Akan tetapi perbandingan dari keduanya juga perlu diperhatikan dari segi hasil dan keekonomisan dari bahan yang digunakan dalam proses terhadap hasil yang didapat dari proses tersebut, sehingga diperlukan analisa dari hasil perbandingan antara CWM dan COM yang dilakukan.

### **Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui perbandingan nilai viskositas dari campuran CWM dan COM.
2. Mengetahui persen batubara dari campuran biosolar atau air dan zat aditif yang ditambahkan pada CWM dan COM.
3. Membandingkan nilai kesetabilan dari campuran CWM dan COM.
4. Menganalisa tingkat keekonomisan dari CWM dan COM, sehingga dapat diketahui proses apa yang lebih efisien dilakukan dari kedua proses untuk dijadikan bahan bakar alternatif yang efisien dan ekonomis.

### **B. Landasan Teori**

#### **Pengertian Teknologi CWM**

*Coal Water Mixture* (CWM) merupakan teknologi yang menggunakan sifat alirnya yang tergolong bersifat cairan (fluida) yang memungkinkan pemanfaatan batubara dalam bentuk cair sebagai pengganti bahan bakar minyak terutama minyak berat di kilang-kilang minyak atau industri lainnya yang biasa menggunakan minyak berat sebagai bahan bakar untuk pengolahan produk. campuran antara batubara dengan air dalam perbandingan tertentu menghasilkan suspensi kental yang homogen dan stabil selama penyimpanan, pengangkutan, dan pembakaran.

Batubara peringkat rendah tidak menguntungkan jika digunakan sebagai baku pembuatan CWM karena akan menghasilkan CWM dengan kandungan batubara dalam CWM yang rendah dan kestabilan yang rendah pula. Jenis batubara yang paling baik sebagai bahan baku pembuatan CWM adalah batubara bituminus, dengan kadar air < 6% dan nilai kalor > 6.800 kkal/kg. Batubara bituminus juga mempunyai nisbi O/C yang rendah (< 0,2) dengan sifat permukaan hidrofobik atau sifat tidak suka air. Sifat ini akan menahan air untuk tidak masuk ke dalam pori-pori batubara, sehingga kadar air dalam CWM tidak terlalu besar (Umar, 1997).

Batubara peringkat rendah dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan CWM. Namun harus melalui proses upgrading untuk menurunkan kadar air dan merubah sifat permukaan yang hidrofilik, yaitu sifat permukaan yang menyenangi air menjadi hidrofobik yang tidak menyukai air (Umar, 2011).

## Pengertian Teknologi COM

*Coal Oil Mixture* (COM) merupakan salah satu metode pembuatan bahan bakar batubara cair selain likuifaksi dan coal water fuel. COM merupakan bahan bakar campuran dengan komposisi yang seimbang antara batubara, minyak bumi, dan zat aditif (Maeda, 1991). COM dapat menjadi bahan bakar alternatif untuk motor diesel mengingat sumberdaya batubara Indonesia yang begitu melimpah, ditambah lagi COM dapat memanfaatkan batubara peringkat rendah sebagai bahan bakunya.

Adapun proses dasar dari COM ini adalah menselaraskan ukuran partikel dua jenis zat yang berbeda dari segi fisis, serta rasio hidrogen/karbon dari segi kimiawinya. Ukuran batubara digerus sedemikian rupa untuk dicampurkan bersama minyak. Bahan bakar yang dihasilkan adalah hasil pencampuran partikel batubara, bunker C oil (diesel

Bahan campuran COM adalah bakar diesel yang biasa disebut light oil atau solar adalah suatu campuran dari hidrokarbon yang telah di distilasi setelah bensin dan minyak tanah dari minyak mentah pada temperatur 200<sup>0</sup>C sampai 340<sup>0</sup>C. Sebagian besar solar digunakan untuk menggerakkan mesin diesel. Bahan bakar diesel mempunyai sifat utama sebagai berikut:

1. Tidak bewarna atau sedikit kekuning-kuningan dan berbau.
2. Encer dan tidak menguap dibawah temperatur normal.
3. Mempunyai titik nyala tinggi (40<sup>0</sup> – 100<sup>0</sup>C).
4. Terbakar spontan pada 350<sup>0</sup>C, sedikit dibawah temperatur bensin yang terbakar sendiri sekitar 500<sup>0</sup>C.
5. Mempunyai berat jenis 0,82 – 0,86.
6. Menimbulkan panas yang besar (sekitar 10.500 kcal/kg).

## Upgrading dengan Teknologi *Hot Water Drying* (HWD)

Untuk membuat campuran CWM sebenarnya hanya bisa menggunakan batubara peringkat tinggi seperti bituminus, berbeda dengan pembuatan COM yang tidak membutuhkan proses upgrading karena nilai kalor dari solar sendiri yang sudah cukup tinggi, pada CWM penggunaan batubara lignit harus melalui proses upgrading dikarenakan batubara lignit yang merupakan batubara peringkat rendah dengan memiliki nilai kalor yang kecil sehingga diperlukannya proses upgrading pada batubara tersebut sehingga nilai kalor pada batubara tersebut dapat menyerupai batubara bituminus. *Hot Water Drying* (HWD) sendiri merupakan proses upgrading dari batubara peringkat rendah dengan cara memanaskan batubara dengan temperatur dan tekanan yang tinggi (Suyama, 2008). Dengan temperatur dan tekanan yang tinggi, batubara merubah sifat permukaannya dari hidrofilik menjadi hidrofobik. Pada temperatur dan tekanan yang tinggi pemanasan batubara menghasilkan CO<sub>2</sub> yang diubah menjadi uap dan menghasilkan H<sub>2</sub>O, serta mengeluarkan mineral seperti Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> dan mineral lainnya serta tar. Tar yang keluar akan menutupi pori-pori batubara setelah pemanasan dengan temperatur dan tekanan tinggi sehingga batubara tersebut stabil. Pada proses upgrading HWD ini menggunakan proses pengeringan dengan cara thermal, yaitu pengeringan dengan menggunakan air panas dan uap panas.

## Jenis Aditif

Aditif yang digunakan untuk campuran CWM dan CWM pada umumnya adalah zat kimia yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan antar partikel. Aditif ini biasanya berupa zat organik yang mempunyai gugus (-N-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O-). Selain itu aditif juga membentuk muatan listrik pada permukaan yang menimbulkan gaya tolak antar

partikel, interaksi antara gaya elektrostatis pada kondisi tertentu dapat mengurangi penggumpalan.

#### 1. NSF (Naphtalene Sulfonate Formaldehyde Condensate)

*Naphtalene Sulfonate Formaldehyde Condensate* (NSF) adalah hidrokarbon kristalin aromatik berbentuk padatan berwarna putih. Titik lebur 80,260C dan titik didih 2180C. NSF dapat berfungsi sebagai zat aditif (pencampur) pada proses pembuatan *slurry*. NSF berfungsi sebagai penstabil untuk menjaga kestabilan pada CWM dan COM

#### 2. Attapul

Attapul adalah produk sampingan dari pabrik sabun. Sebagai zat aditif attapul memiliki warna hitam, Attapul sendiri tidak memberikan nilai tambah pada nilai kalor batubara. Berbentuk cairan kental, dan larut dalam air. Attapul berfungsi sebagai dispersan karena dapat mengikat permukaan batubara supaya dapat terdispersi dengan baik sehingga campuran yang dihasilkan homogen.

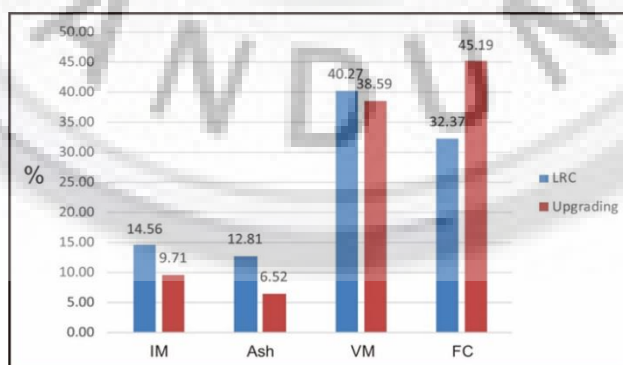
### Rheologi Fluida

Rheologi fluida adalah sifat alir fluida yang dapat ditentukan dengan alat Viscometer untuk mengukur viskositas atau kekentalan suatu fluida. Prinsip kerja alat tersebut yaitu melalui gesekan antara fluida dan rotor yang berputar ditengah, gaya yang menggerakkan cairan ini disebut *Tangential Stress atau Shearing Stress* ( $F'$ ). Sedangkan gradient kecepatan gerak antar lapisan disebut *Shearing Rate* (S). Hal inilah yang diukur sebagai viskositas atau kekentalan. Sifat alir didasarkan pada respon aliran dan deformasi bahan ketika diberikan gaya normal atau gaya tangensial. Suatu fluida akan mengalir karena adanya tekanan yang diberikan. Fluida yang tidak diberi gaya tidak akan mengalir karena didalam fluida terdapat suatu hambatan yang menahan aliran, yang disebut dengan kekentalan atau viskositas. Dan pengaruh daripada viskositas pada fluida lebih dipengaruhi pada struktur molekul, temperatur, tekaknan pada fluida tersebut.

## C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Analisis Proksimat dan Nilai Kalor

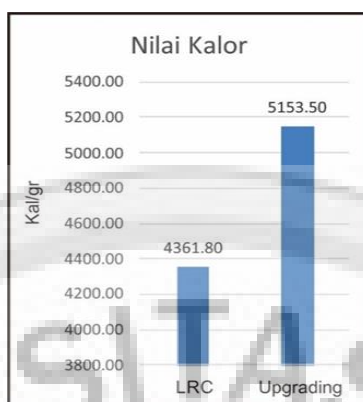
Hasil analisis proksimat batubara peringkat rendah dan *upgrading* untuk percobaan pembuatan CWM dan COM dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram batang analisis proksimat batubara LRC dan *Upgrading* Pendopo

Dari diagram pada Gambar 1, dapat dilihat nilai peningkatan dan penurunan dari batubara peringkat rendah yang di upgrade menggunakan metode *Hot Water Drying* (HWD). Untuk nilai kadar air lembab mengalami penurunan sebesar 33,31% .Untuk nilai kadar abu mengalami penurunan sebesar 49,1%. Untuk nilai kadar zat terbang

mengalami penurunan sebesar 4,17%. Sedangkan untuk nilai karbon padat mengalami peningkatan sebesar 39,6%. Berikut adalah hasil analisis nilai kalor batubara peringkat rendah dan upgrading untuk percobaan pembuatan CWM dan COM dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram batang analisis nilai kalor batubara LRC dan Upgrading Pendopo

Gambar 2 menunjukan peningkatan nilai kalor dari batubara dengan kadar rendah di-Upgrade dengan menggunakan metode Hot Water Drying (HWD) sebesar 791,70 kal/gr. Peningkatan nilai kalor tersebut cukup besar karena turunnya kadar air dan abu. sehingga nilai kalor ini menyerupai nilai kalor batubara sub-bituminus yang memiliki nilai kalor antara 4612 kal/gr – 5834 kal/gr.

### Viskositas dan Persen Solid

**Tabel 1.** Nilai viskositas dan persen solid

% batubara	CWM		COM	
	Viskositas [mPas]	% solid	Viskositas [mPas]	% solid
LRC 55	395,44	45,69	138,42	63,35
LRC 60	970,65	51,39	400,39	65,84
LRC 60,195	1000			
LRC 62	1273,97	54,39	558,58	69,17
LRC 65	-	-	891,6	73,02
LRC 65,381			1000	
LRC 67	-	-	1460,37	75,81
Upgraded 63	290,42	58,36	833,33	76,03
Upgraded 63,939			1000	
Upgraded 65	698,91	61,13	1188,1	82,66
Upgraded 65,456	1000			
Upgraded 66	1359,01	62,52	1712,83	88,38

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai viskositas dari campuran batubara peringkat rendah Pendopo pada proses CWM lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan proses COM, dimana pada persentase batubara 60,195% CWM sudah menyentuh nilai viskositas 1000 mPas, sedangkan proses COM pada persentase 62% hanya memiliki nilai viskositas 558,49 mPas. Sehingga nilai viskositas maksimal 1000 mPas berada pada persentase 65,381%. Dengan demikian pada batubara peringkat rendah Pendopo pada proses COM, viskositasnya lebih baik karena sifat dari minyak yang kemungkinan membuat campuran lebih mudah mengalir sehingga menurunkan nilai viskositasnya dan persentase batubara juga dapat ditingkatkan lagi sehingga jumlah batubara yang masuk dan nilai kalorinya pada campuran lebih besar lagi. Sedangkan untuk batubara

*upgrading* Pendopo CWM viskositasnya lebih rendah dibandingkan dengan COM, pada persentase batubara 63,939 % COM sudah mencapai nilai viskositas 1000 mPas, sedangkan proses CWM pada persentase maksimal dari nilai viskositas 1000 mPas adalah 65,456 %. dilihat dari nilai viskositas yang tinggi pada COM sesuai dengan nilai persen solid yang sangat tinggi dilihat pada, sehingga nilai viskositas pada batubara *upgrading* Pendopo dengan proses CWM lebih baik karena batubara pada saat dilakukan *upgrading* HWD sifat batubara berubah yang sebelumnya hidrofilik menjadi hidrofobik yang membuat batubara tersebut lebih sukar untuk mengikat air sehingga campuran cepat mengental. Namun untuk proses COM media yang digunakan ialah minyak dimana batubara *Upgrading* HWD yang bersifat hidrofobik yang dilapisi tar maka saat penambahan biosolar maka nilai solidnya bertambah karena biosolar tersebut terdeteksi sebagai solid dan slurry akan cepat mengental dan viskositasnya menjadi lebih tinggi.

Dari data nilai persen solid tersebut antara batubara peringkat rendah dan *upgrading* sama-sama mengalami penurunan pada proses CWM dan kenaikan pada proses COM, hal tersebut terjadi karena pada proses CWM batubara tersebut masih memiliki kandungan air didalamnya sehingga persentase batubara berkurang. Sedangkan pada pengujian COM terjadi penambahan karena pada proses pemanasan yang suhunya hanya mencapai 100-110°C tidak menguapkan minyak seutuhnya sehingga minyak tersebut masih tertinggal di dalam campuran batubara dan beratnya juga menjadi bertambah karena minyak terdeteksi sebagai solid.

#### Analisa Nilai Kesetabilan Campuran

Untuk hasil dari pengujian kesetabilan, zat aditif yang ditambahkan merupakan variabel tetap maka nilai persen solid dan jumlah dari slurry yang jatuh/mengalir dan yang mengendap/residu dibandingkan dengan persentase campuran dari CWM dan campuran dari COM.

**Tabel 2.** Analisis Kesetabilan

% Batubara	Slurry	CWM			COM		
		Berat Slurry (gram)	% Slurry	% Solid	Berat Slurry (gram)	% Slurry	% Solid
LRC 55	mengalir	52,95	26,48	48,46	99,41	49,71	52,58
	Residu	147,05	73,52	76,87	100,59	50,29	69,02
LRC 60	mengalir	26,78	13,39	2,26	57,14	28,57	56,33
	Residu	173,22	86,61	66,86	142,86	71,43	72,81
LRC 62	mengalir	20,11	10,05	2,57	31,05	15,53	40,11
	Residu	179,89	89,95	54,16	168,95	84,47	75,59
upg 63	mengalir	27,33	13,67	57,34	50,21	25,10	65,44
	Residu	172,67	86,33	58,35	149,79	74,90	75,42
upg 65	mengalir	0,00	0,00	0,00	24,99	12,50	35,41
	Residu	200,00	100,00	60,93	175,01	87,50	81,58
upg 66	mengalir	0,00	0,00	0,00	19,34	9,67	11,90
	Residu	200,00	100,00	61,30	180,66	90,33	85,94

Dari tingkat kesetabilan batubara peringkat rendah dan *upgrading* setelah dilakukan pengujian kesetabilan pada campuran CWM dan COM dapat dilihat untuk pengujian COM, campuran terlihat lebih stabil dikarenakan persentase antara residu dengan yang cairan yang jatuh setelah 10 menit relatif lebih banyak dibandingkan dengan CWM. Hal ini disebabkan pada pengujian COM masa jenis minyak yang lebih ringan dari batubara dan air membuat minyak tersebut berada di atas permukaan dan tidak mengendap di bawah, dan juga dengan adanya minyak campuran partikel

batubara berdiameter kecil membuat batubara tersebut lebih mudah homogen pada saat pencampuran dengan blender dibandingkan dengan air dan campuran tersebut juga menjadi lebih licin sehingga campuran lebih mudah jatuh/mengalir meski sudah diendapkan selama 1 minggu.

### Analisa Nilai Ekonomi CWM dengan COM

Analisa nilai ekonomi yang akan dilakukan adalah analisa dari data hasil pengujian yang telah dilakukan pada proses pencampuran CWM dan COM, karena bahan uji/sampel yang berbeda antara air dan minyak maka COM akan menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil nilai kalor dari CWM, akan tetapi kemungkinan biaya yang dikeluarkan untuk proses COM lebih besar dibandingkan dengan proses CWM. Maka dari itu dilakukan Analisa nilai ekonomi dari keduanya. Untuk nilai dari kedua proses tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Nilai Ekonomi dari 1 Ton CWM dan COM

Proses	Biaya Produksi	Keuntungan Kotor	Keuntungan Bersih
CWM	Rp. 414.916,05	Rp. 3.592.316	Rp. 3.177.399,95
COM	Rp. 2.698.772,23	Rp. 10.494.806	Rp. 7.796.033,77

### D. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai proses CWM dan COM di Puslitbang *tekMIRA*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. CWM dari batubara peringkat rendah Pendopo mempunyai viskositas yang lebih rendah dibandingkan dengan COM. Pada viskositas 1000 mPas CWM dicapai pada persentase batubara 60,195%, sedangkan untuk COM persentase batubara sebesar 65,381%.
2. CWM dari batubara upgrading Pendopo mempunyai viskositas lebih tinggi dibandingkan dengan proses COM. Pada viskositas 1000 mPas COM memiliki persentase batubara sebesar 63,939 %, sedangkan proses CWM sebesar 65,456 %.
3. Campuran batubara peringkat rendah Pendopo pada CWM, persen batubara sebenarnya yang dimasukan mengalami penurunan akibat persen air yang hilang, sedangkan pada COM mengalami peningkatan yang disebabkan pesen minyak yang masih tertinggal dan teridikasi sebagai solid. Untuk batubara upgrading HWD juga terjadi hal yang sama seperti batubara LRC.
4. Tingkat kesetabilan COM lebih stabil dibandingkan CWM dengan persentase berat slurry yang mengalir pada COM LRC 55,60,62 sebesar 49,1%, 28,57% dan 15,53%, pada CWM LRC 55,60,62 sebesar 26,48%, 13,39% dan 10,05%. Untuk COM upgrading 63,65,66 sebesar 25,1%, 15,5% dan 9,67%, pada CWM upgrading 63,65,66 sebesar 13,67 %, 0% dan 0%.
5. Untuk biaya proses 1 ton CWM adalah sebesar Rp 414.916,05 dengan keuntungan Rp 3.177.399,95. Sedangkan untuk 1 ton COM biaya yang dibutuhkan sebesar Rp 2.698.772,23 dengan keuntungan sebesar Rp 7.796.033,77. Sehingga dapat dilihat bahwa proses COM sebenarnya lebih ekonomis dibandingkan dengan proses COM meskipun menggunakan biaya pembuatan yang lebih besar dibandingkan CWM.

## Daftar Pustaka

- Adiga K.C. and D.O. Shah, 1982, "Rheology and Stability of Coal-Oil and Coal-Oil-Alcohol Dispersions". Chemical Eng. Dept., University of Florida, Gainesville, USA. Dipublikasikan oleh Elsevier tahun 1982.
- Ariana, I Made. 2013, "Kajian Properties Bahan Bakar Batubara Cair Melalui Campuran Batubara dan MDO (Marine Diesel Oil)". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Aswati, Nani, 2011, "Peningkatan Mutu Batubara Peringkat Rendah Melalui Teknik Slurry Dewatering", Skripsi pada Prodi Ekstensi Teknik Kimia Universitas Indonesia, Depok.
- Baker G. G., Sears R. E., Maas D. J., Potas T. A. and Willson W. G., 1996, "Hydrothermal Preparation of Low Rank Coal Water Fuel Slurries" Energy, Vol 11/12, pp. 1267-1280.
- Billah, Mutasim, 2010, "Peningkatan Batubara Peringkat Rendah dengan Menggunakan Minyak Tanah dan Minyak Residu", UPN, Yogyakarta.
- BP Statistical Review of World Energy 2017, <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>, dikutip pada tanggal 15 Oktober 2017
- Centre National de la Recherche Scientifique, 1963, "The International Hand Book of Coal Petrography". New York.
- Firdaus, Pusvita, 2014, "Kinetika Pengeringan Batubara Untuk Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu dan Ukuran Butir Terhadap Kestabilan Kadar Air", Skripsi pada Prodi Pertambangan Unisba, Bandung.
- Gafoer, S, TC. Amin dan R. Pardede, 1992 "Peta Geologi Lembar Bengkulu" Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG).
- Harga Batubara Acuan, <https://www.minerba.esdm.go.id/library/content/file/28935HBA%20Juli%202017/39a1d69ea00c8fb561dbb3e8f23225c12017-07-07-20-24-45.pdf>, dikutip pada tanggal 15 Oktober 2017
- Teknologi Pembuatan dan Pembakaran Coal Water Mixture dari Batubara Hasil Proses Upgraded Brown Coal <http://hasillitbang.tekmira.esdm.go.id>, dikutip tanggal 24 Agustus 2017.
- Maeda et al. 1991, "Research and Development of Coal Oil Mixture", Sekiyu Gakkaishi, Jepang.
- Muchidin, 2006, "Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara", ITB, Bandung.
- Putranto, Wahono Eko. 2012, "Studi Eksperimen Karakteristik Bahan Bakar Batubara Cair Sebagai Pengganti HFO dengan Menggunakan Batubara Peringkat Rendah Melalui Proses Upgrading". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Pokja, sanitasi, 2017, "Buku Putih Sanitasi (BPS) Kabupaten Empat Lawang." Kabupaten Empat Lawang, Sumatera Selatan.
- Pokja sanitasi PPSP Kabupaten Empat Lawang, 2017. "Peta Administrasi Kabupaten Empat Lawang" Sumatera Selatan.
- Setiawan, Wira. 2014, "Studi Karakteristik Coal Oil Mixture Sebagai Bahan Bakar Diesel Alternatif". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Thambimuthu K. 1994, "IEA Coal Research" IEACR/69, London.
- Ulilhaq, Regina Aulia, 2013, "Pembuatan Coal Water Mixture (CWM) dari Batubara



Hasil Proses Upgrading” Universitas Jendral Achmad Yani

Umar D.F., 1997, “The Effect of Coal Rank On Coal Water Fuel Stability”, Indonesian Mining Journal, Vol 3 No 2.

Umar D. F., 2011, “Upgrading Batubara Kalimantan Timur Sebagai Persiapan Pembuatan Coal Water Fuel (CWF)”, Prosiding Seminar Nasional Temu-Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia, Kimia Dalam Industri Dan Pembangunan.

