

# PEMBUATAN DAN PEMBAKARAN CWF DARI BATUBARA HASIL PROSES *UPGRADING*

## *Preparation and Combustion of CWF by Utilizing Upgraded Coal*

LISTON SETIAWAN dan DATIN F. UMAR

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara  
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211  
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373  
e-mail: liston@tekmira.esdm.go.id; datinf@tekmira.esdm.go.id

---

### SARI

*Coal Water Fuel (CWF)* adalah suatu campuran antara batubara halus dan air dalam perbandingan tertentu membentuk suatu suspensi kental yang homogen dan stabil dengan penambahan zat aditif. CWF dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak berat pada industri-industri yang biasa menggunakan ketel uap (*boiler*). Hasil penelitian pembuatan CWF dengan menggunakan batubara produk proses *upgraded brown coal (UBC)* menunjukkan bahwa dari berbagai jenis dispersan sebagai aditif yang dicoba, yaitu (Ca ligno sulfonat, Na ligno sulfonat, dodecyl bensen sulfonat, PHPA dan SPA), dodecyl bensen sulfonat sebanyak 0,3% dan CMC 0,05% sebagai penstabil merupakan jenis aditif yang terbaik, yang menghasilkan CWF dengan persen padatan tertinggi, yaitu 60% dan viskositas 1.215 cP pada kecepatan putar spindel 100 rpm.

Kata kunci: suspensi, *upgraded brown coal*, aditif, viskositas

### ABSTRACT

*Coal water fuel (CWF)* is a mixture of fine coal and water in a certainty comparison to form a homogeneous and stable sticky suspension by the addition of additive. CWF can be used as fuel to substitute heavy oil in industries which usually use boiler. Experimental result of CWF preparation by using the product of *upgraded brown coal (UBC)* process shows that from a variety dispersants and stabilizers added (Ca ligno sulfonat, Na ligno sulfonat, dodecyl bensen sulfonat, PHPA dan SPA), a mixture of dodecyl benzene sulphonate of 0.3% and CMC of 0.05% as dispersant and stabilizer respectively was the best additive resulting CWF with the highest solid percent of 60% and viscosity of 1,215 cP at spindle rotation speed of 100 rpm.

Keywords: suspension, *upgraded brown coal*, additive, viscosity

---

### PENDAHULUAN

Penelitian pembuatan dan pembakaran *coal water fuel (CWF)* dilakukan dalam rangka mendukung program pemerintah dalam diversifikasi energi dengan pemanfaatan batubara sebagai energi pengganti bahan bakar minyak. Hal ini berkaitan dengan Pasal 626 ayat (e) Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya

Mineral Nomor 0030 Tahun 2005 tentang Organisasi dan Tata Kerja Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Sebagaimana peraturan Presiden No. 5 tahun 2006 yang telah dijabarkan dalam bentuk *blue print* Pengelolaan Energi Nasional mengamanatkan bahwa di masa mendatang batubara akan menyumbang 33 % dalam bauran energi nasional.

Penelitian pemanfaatan batubara dalam bentuk CWF telah dilakukan oleh Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (*tekMIRA*) sejak tahun 1993 dengan menggunakan batubara peringkat tinggi (nilai kalor > 6000 kal/g dan kadar air bawaan < 10%) yang terdapat di Indonesia antara lain dari Ombilin, Kalimantan Selatan dan Bukit Asam, dengan hasil yang cukup baik dan suhu pembakarannya mencapai > 1000 °C, sementara potensi batubara Indonesia sebagian besar berupa batubara peringkat rendah dengan nilai kalor < 5000 kal/g dan kadar air bawaan > 10%. Bahan baku pembuatan CWF sebaiknya batubara dengan kadar air yang relatif rendah (< 10%). Batubara dengan kadar air yang tinggi (lignit dan sub-bituminus) biasanya bersifat hidrofilik, yaitu sifat menyukai air sehingga air yang diperlukan untuk pembuatan CWF lebih besar. Dengan tingginya kadar air dalam CWF, maka viskositas CWF rendah sehingga kestabilan menurun. Selain itu, nilai kalor CWF juga menjadi semakin rendah. Oleh sebab itu apabila batubara peringkat rendah digunakan sebagai bahan baku pembuatan CWF perlu dilakukan proses *upgrading* terlebih dahulu sehingga sifat permukaan yang hidrofilik dirubah menjadi hidrofobik (Usui dkk., 1999).

Proses *upgrading* yang telah diterapkan pada skala pilot maupun skala demo adalah proses *upgraded brown coal* (UBC), yaitu memanaskan batubara pada suhu 150°C dan tekanan 3,5 atm (Deguchi dkk., 2002). JGC Corp., Jepang saat ini tengah mengembangkan teknologi pembuatan CWF yang berasal dari batubara peringkat rendah yang telah melalui proses *upgrading* dengan metode *hot water drying* (HWD), yaitu dengan cara memanaskan batubara pada temperatur > 300°C dan tekanan > 60 bar kemudian dibuat CWF (Suyama, 2008).

### Tinjauan Pustaka

CWF merupakan suspensi batubara dalam air yang dibuat dengan mencampurkan batubara halus dengan air dalam perbandingan tertentu. Namun karena adanya perbedaan berat jenis, batubara cenderung memisah membentuk suatu endapan dalam air. Untuk mencegah hal tersebut, maka perlu ditambahkan suatu bahan aditif yang biasanya berupa bahan kimia dalam jumlah relatif kecil (< 1%). Dalam pembuatan CWF ini perlu diperhatikan kestabilan campuran, sifat alir campuran dan sifat aliran pembakaran supaya CWF dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan bakar.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam penerapan CWF adalah tingkat kestabilan. CWF

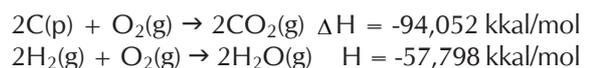
dikatakan stabil apabila partikel-partikel batubara dalam selang waktu tertentu masih terdispersi dengan baik dalam air dan tidak mengalami pengendapan. Pengendapan ini terjadi karena adanya perbedaan berat jenis antara batubara dan air. Untuk mencegah pengendapan diperlukan zat aditif sehingga campuran batubara dan air menjadi homogen dan stabil.

Pembuatan CWF dengan menggunakan batubara peringkat rendah perlu dilakukan proses *upgrading* terlebih dahulu, untuk mendapatkan CWF yang mempunyai sifat seperti CWF yang dibuat dari batubara peringkat tinggi. Faktor-faktor yang memengaruhi kestabilan CWF adalah sebagai berikut (Umar dkk., 2007):

- jenis dan sifat permukaan batubara;
- distribusi ukuran partikel;
- jumlah batubara dalam campuran; dan
- jumlah dan jenis zat aditif.

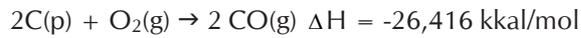
Pembakaran dilakukan dengan menyemprotkan CWF menggunakan pompa ke dalam tungku pembakaran yang telah dipanaskan terlebih dahulu. Efisiensi pembakaran tergantung pada derajat atomisasi CWF dengan udara dan model *burner* yang digunakan. Pembakaran adalah reaksi eksotermik antara bahan bakar dengan oksigen. Komponen yang paling penting dalam proses pembakaran adalah *burner*, yaitu suatu alat untuk mengendalikan pencampuran udara dengan bahan bakar untuk menghasilkan nyala api yang stabil. Pada pembakaran CWF yang terpenting adalah hanya uap dan volatil dalam bahan bakar yang terbakar. Komponen uap dapat terbakar tersebut harus dilepas dari sumber cair maupun padat, diuapkan dan menghasilkan dan bercampur dengan oksigen untuk menghasilkan api. Secara umum, proses pembakaran CWF meliputi 2 tahap, yaitu tahap penguapan air dan tahap penyalaan (Umar dkk., 2003).

Pada prinsipnya, pembakaran adalah reaksi antara karbon dan hidrogen yang ada dalam batubara dengan oksigen dari udara yang menghasilkan karbon dioksida dan uap air disertai pelepasan panas dengan reaksi sebagai berikut (Perry and Green, 1997):



Oksigen yang diperlukan dalam pembakaran secara teoritis dapat dihitung dan disebut dengan kebutuhan stokhiometri. Pada kenyataannya karena proses pembakaran tidak mencapai ideal, diperlukan O<sub>2</sub> yang berlebih. Jika jumlah O<sub>2</sub> yang diperlukan tidak

mencukupi, maka reaksi antara karbon dan oksigen akan membentuk gas CO dengan reaksi sebagai berikut:



Dalam proses pembakaran CWF, *burner* dan *atomizer* untuk CWF merupakan faktor yang sangat penting. Ada beberapa *burner* dan *atomizer* yang sudah dikembangkan dan diuji pada berbagai kondisi. *Burner* untuk CWF dapat di komersialkan untuk *boiler* di pabrik dengan beberapa modifikasi dan tambahan.

## METODOLOGI

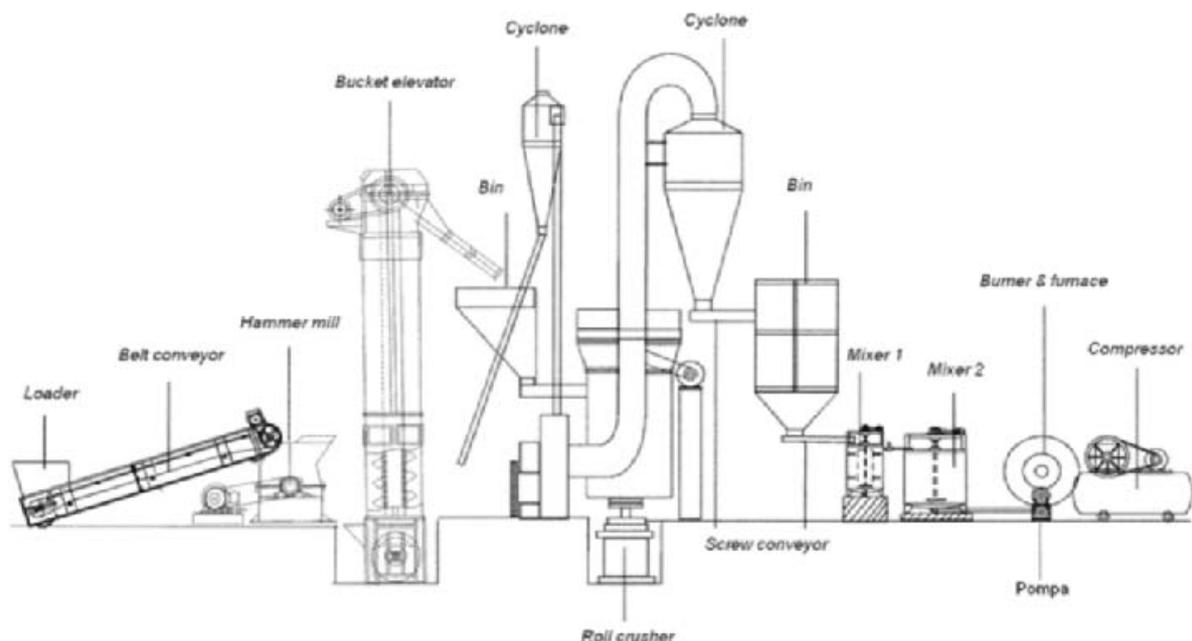
Untuk mendapatkan hasil yang optimal, metodologi penelitian optimasi proses pembuatan dan pembakaran CWF adalah sebagai berikut:

- menyiapkan dan membuat CWF secara optimal (persen batubara, jenis dan jumlah zat aditif) dan terintegrasi dari bahan baku batubara hasil proses UBC;
- memodifikasi *burner* dan pompa CWF untuk meningkatkan kinerja pembakaran;
- mengamati dan mengevaluasi kinerja peralatan proses dan sistem pembakaran CWF pada *boiler*;
- pengujian sifat alir (rheologi) dengan menggunakan alat rheometer;
- pengujian sifat pembakaran.

Penelitian optimasi pembuatan dan pembakaran CWF skala pilot dilakukan di sentra teknologi pemanfaatan batubara Palimanan, Cirebon, Jawa Barat. Bahan baku batubara yang digunakan untuk pembuatan CWF adalah batubara hasil proses UBC dengan zat aditif Carboxy Methyl Cellulose (CMC). Dispersan yang digunakan untuk percobaan pembakaran CWF skala pilot ini telah diteliti mekanisme kerjanya (Umar dan Daulay, 2008). Pelaksanaan kegiatan terdiri atas dua tahap yaitu pembuatan dan pembakaran CWF.

Pembuatan CWF dilakukan secara terintegrasi menggunakan peralatan yang telah tersedia pada skala pilot dengan kapasitas 4 ton/hari. Batubara hasil proses UBC belum dapat digunakan langsung sebagai bahan baku CWF tetapi memerlukan proses pengecilan ukuran sehingga menghasilkan ukuran lolos 200 mesh.

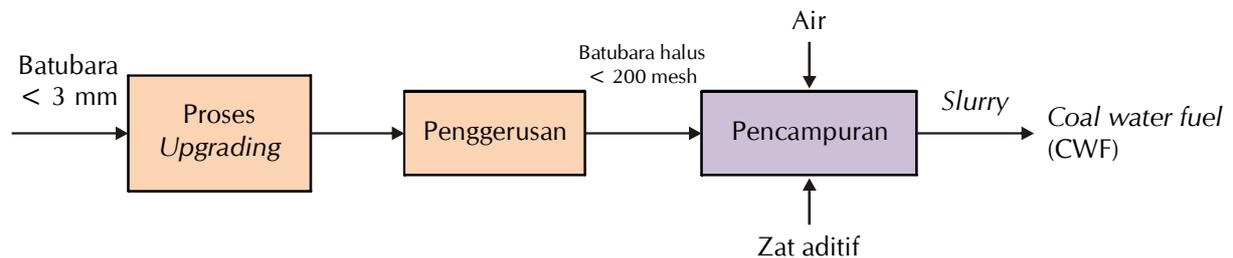
Pembakaran CWF dilakukan dengan cara menyemprotkan CWF ke dalam tungku pembakaran yang sebelumnya telah dipanaskan menggunakan batubara bongkah/ kayu bakar hingga mencapai temperatur > 600°C. Untuk pembakaran CWF digunakan *burner* yang telah didesain khusus, sehingga CWF yang dialirkan melalui pompa akan tercampur sempurna dengan udara dari kompresor yang menghasilkan bentuk *spray* dengan sudut 45°. Skema rangkaian peralatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema peralatan pembuatan dan pembakaran CWF

Batubara hasil proses UBC digerus dan digiling dengan menggunakan peralatan *roller mill* yang sudah terintegrasi sampai menghasilkan ukuran lolos 200 mesh dengan cara mengatur kecepatan *classifier* dan *slide gate* udara *blower*. Untuk evaluasi hasil penggilingan maka dilakukan analisis ayak, sedangkan karakterisasi batubara dilakukan melalui analisis proksimat (air lembab, abu dan zat terbang), sulfur dan nilai kalor.

Batubara hasil proses penggilingan lolos 200 mesh dicampur dengan zat aditif CMC sebanyak 0,5%. Pengadukan batubara dan air dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap pengadukan dan tahap homogenisasi. Pada tahap pengadukan, batubara, air dan zat aditif dimasukkan ke dalam *rotary mixer* 1 dengan kapasitas 200 liter sehingga tercampur merata dengan kecepatan putar 3500 rpm. Selanjutnya pengadukan dilakukan dengan menggunakan *rotary mixer* 2 pada kecepatan 1000 rpm sampai semua batubara tercampur dengan sempurna. Kemudian diambil percontoh CWF untuk dilakukan pengujian konsentrasi, viskositas dan sifat alirnya. Bagan alir proses pembuatan CWF dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir pembuatan CWF

Percobaan pembakaran CWF dilakukan dalam 2 tahap yakni tahap pendahuluan dan tahap pembakaran. Tahap pendahuluan dilakukan untuk mengetahui cara kerja *burner* dan *atomizer*, karena CWF tidak langsung disemprotkan ke dalam tungku pembakar. Tahap pendahuluan ini meliputi uji atomisasi *burner* dan uji bahan bakar untuk pemanasan awal. Tahap pembakaran dilakukan menggunakan tungku pembakaran yang langsung dihubungkan dengan *boiler*. Pengamatan dilakukan dengan mengukur temperatur pembakaran awal dan penyalaan CWF, temperatur *boiler*, cerobong dan gas buang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan CWF

Percobaan optimasi pembuatan CWF dilakukan dengan menggunakan batubara hasil proses UBC dengan bahan baku batubara Mulia dari daerah Satui, Kalimantan Selatan. Tabel 1 menunjukkan hasil analisis batubara tersebut setelah proses UBC, dengan nilai kalor tinggi dan kadar air rendah, yaitu masing-masing 6.274 kal/g dan 4,81 %. Dengan kadar belerang yang cukup rendah, yaitu 0,48 %, batubara tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan CWF.

Hasil percobaan untuk mendapatkan jenis zat aditif yang paling sesuai berdasarkan sifat alir (viskositas) CWF pada kecepatan putar *spindle* 100 rpm, dapat dilihat pada Tabel 2. Sifat alir CWF dilakukan dengan menggunakan Brookfield *rheometer* model Cap + 2000 dan *spindle* 2.

Tabel 1. Karakteristik batubara hasil proses UBC

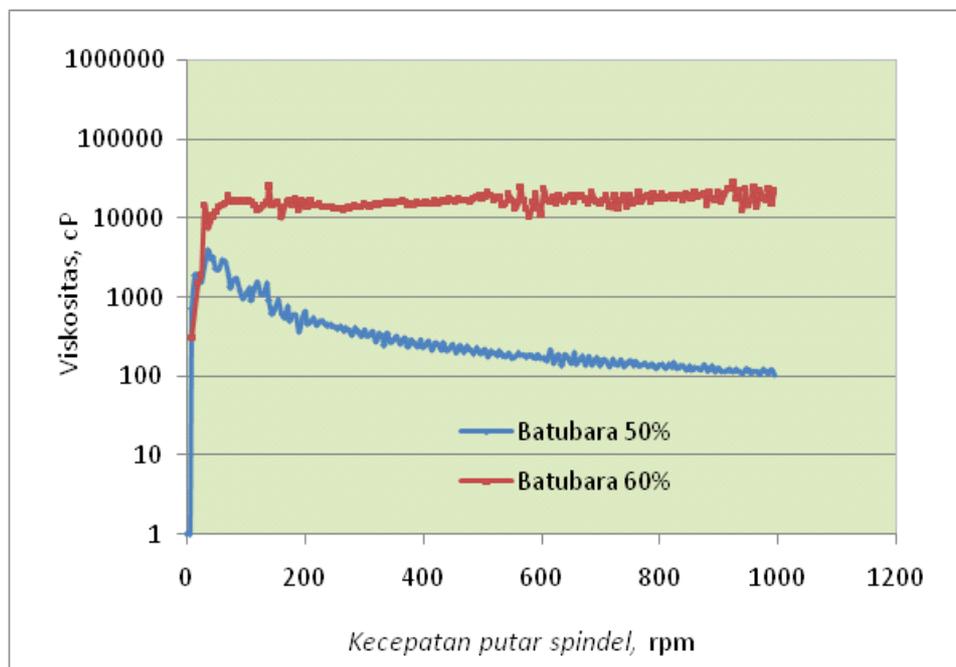
Analisis <i>air dried basis</i>	Hasil
Analisis proksimat	
Air bawaan, %	4,81
Abu, %	3,12
Zat terbang, %	46,69
Karbon tertambat *, %	45,38
Analisis ultimat	
Karbon, %	65,91
Hidrogen, %	6,28
Nitrogen, %	1,03
Sulfur, %	0,48
Oksigen*, %	23,18
Nilai kalor, kal/g	6.274

Tabel 2. Viskositas CWF

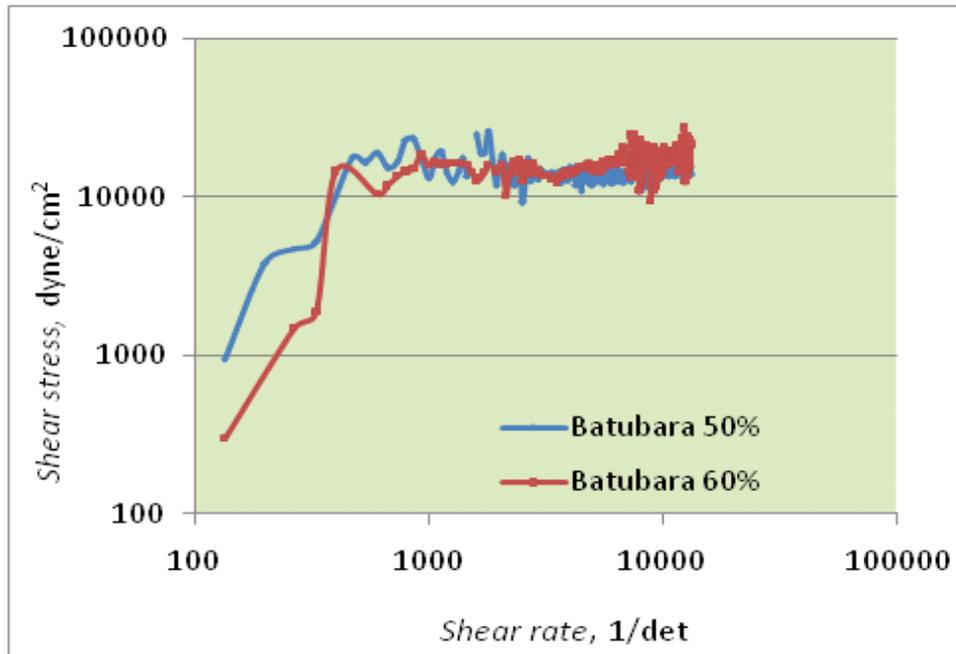
Jenis zat aditif, 0,3%	Viskositas pada 100 rpm, cP		
	Batubara 50%	Batubara 55%	Batubara 60%
Kalsium ligno sulfonat	1.275	-	2.246
Natrium ligno sulfonat	566,2	1.590	1.755
Dodecyl benzen sulfonat PHPA	1.095	-	1.215
SPA	1.129	1.215	1.447
	2.201	2.243	2.261

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa CWF dengan menggunakan zat aditif *dodecyl benzen sulfonat* (DBS) 0,3% sebagai dispersan dan CMC 0,05% sebagai penstabil, menghasilkan CWF dengan persentasi batubara yang tertinggi dan viskositas terendah. Hal ini menunjukkan bahwa CWF tersebut mudah untuk dialirkan dengan nilai kalor yang tinggi dibandingkan dengan CWF lainnya dalam percobaan tersebut. CWF tanpa menggunakan dispersan mempunyai viskositas yang lebih kecil dibandingkan dengan CWF yang menggunakan aditif CaLS, NaLS, PHPA dan SPA pada persentasi batubara 55 dan 60%. Pada persen padatan yang rendah (50%) dengan zat aditif NaLS, CWF mempunyai viskositas yang terendah, yaitu 566,2 cP. Rheologi CWF dengan zat aditif DBS dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

Dari Gambar 3 dapat dilihat hubungan antara kecepatan putar dan viskositas CWF, yakni makin tinggi kecepatan putar *spindle*, makin rendah viskositas CWF terutama pada batubara 60%. Hal ini sesuai dengan CWF yang disarankan oleh Thambimuthu (1994), yaitu CWF harus mempunyai sifat alir Bingham plastis atau pseudoplastis agar mudah untuk dialirkan baik saat transportasi maupun saat pembakaran. CWF dengan zat aditif DBS ini juga mempunyai viskositas yang tinggi pada kecepatan putar *spindle* rendah dan mempunyai viskositas rendah pada kecepatan putar *spindle* yang tinggi dan menyerupai sifat alir fluida yang Newtonian, yaitu viskositas yang relatif stabil pada perubahan kecepatan putar.



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan putar dan viskositas CWF



Gambar 4. Hubungan antara *shear rate* dan *shear stress* CWF

Sifat alir CWF menunjukkan sifat alir yang menyerupai sifat alir Bingham-plastis dengan sedikit *yield stress* sebagaimana terlihat pada Gambar 4. Dari Gambar tersebut, CWF dengan persentasi batubara 50%, mempunyai nilai *yield stress* yang lebih tinggi dibandingkan dengan CWF dengan persentasi batubara 60%. Ini berarti bahwa CWF dengan persentasi batubara 50% relatif lebih stabil dibandingkan dengan CWF dengan persentasi batubara 60%.

#### Pembakaran CWF

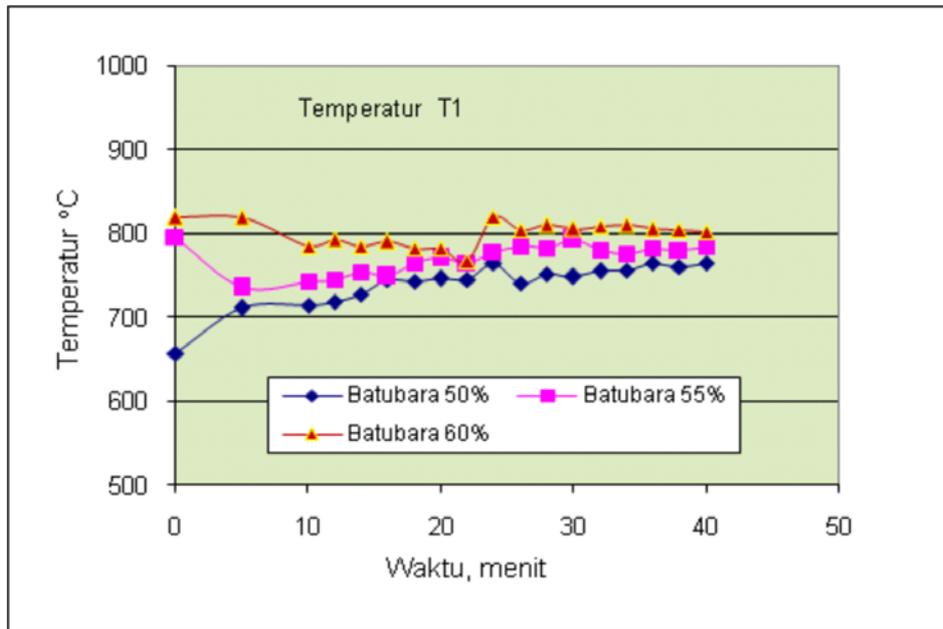
Percobaan pembakaran CWF dilakukan pada berbagai persentasi batubara, yaitu 50, 55 dan 60% dengan ukuran butir batubara -200 mesh dan aditif CMC 0,5%. Tungku pembakaran sebelumnya dipanaskan dengan menggunakan minyak tanah atau batubara bongkah sebagai bahan bakar. Setelah tungku mencapai temperatur > 600°C, CWF baru disemprotkan ke dalam tungku dan temperatur tungku diamati. Pengamatan temperatur pembakaran dilakukan pada berbagai tempat, yaitu T1 adalah temperatur tungku bagian depan, T2 temperatur tungku bagian tengah dan T3 temperatur cerobong.

Hasil pengamatan temperatur tungku pada berbagai tempat (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> dan T<sub>3</sub>) untuk CWF dengan berbagai persen batubara (50, 55 dan 60%) dapat dilihat pada

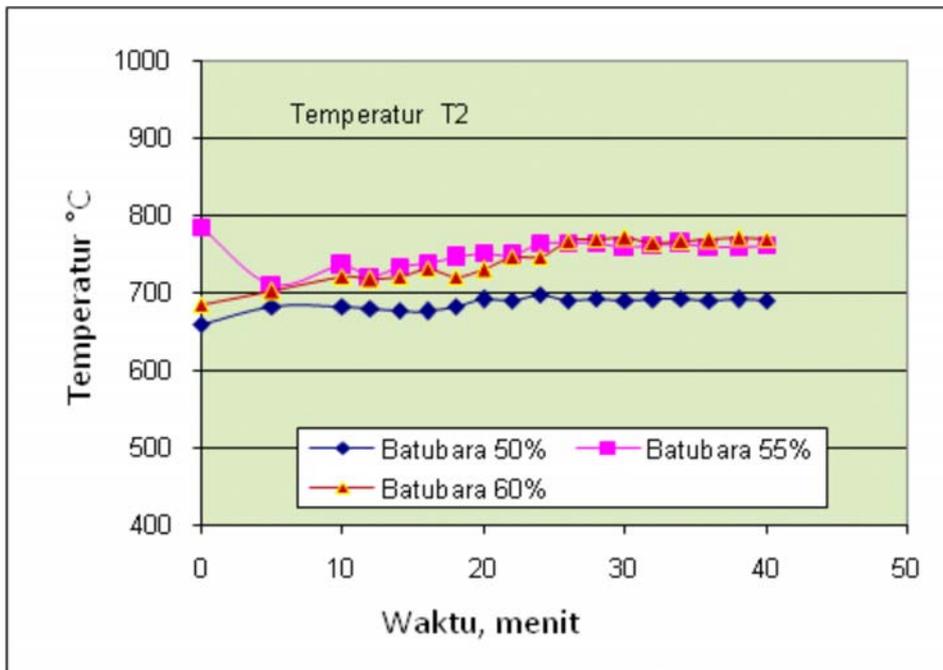
Gambar 5, 6 dan 7. Percobaan pembakaran CWF dengan zat aditif DBS sebagai hasil optimasi jenis zat aditif dengan persentasi batubara 60%, tidak dapat dilakukan. Percobaan pembakaran hanya dapat dilakukan dengan persentasi padatan 55%. Profil pembakaran CWF tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.

Dari Gambar 5 sampai dengan 7 dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran pada menit-menit awal masih belum stabil. Temperatur tungku pada T<sub>1</sub> dan T<sub>2</sub> umumnya menurun pada saat pertama kali CWF disemprotkan. Hal ini disebabkan karena proses pertama yang terjadi adalah proses penguapan air dan belum terjadi pembakaran sehingga temperatur tungku turun. Setelah beberapa menit temperatur tungku meningkat lagi sampai pada menit di atas 30, temperatur relatif stabil.

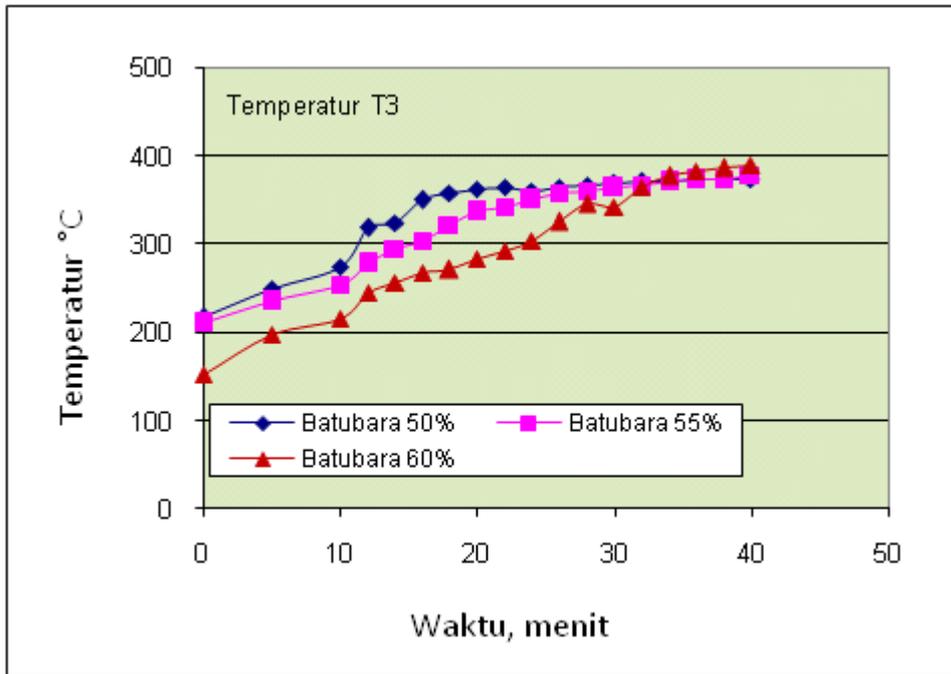
Temperatur cerobong terlihat makin lama makin naik. Hal ini disebabkan karena adanya panas yang masih bisa keluar mencapai cerobong. Idealnya temperatur cerobong tidak begitu tinggi, karena semua panas yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan *boiler*. Namun karena *boiler* ukurannya terlalu kecil dibandingkan dengan tungku yang ada, maka sebagian panas keluar melewati *boiler*. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa efisiensi pembakaran dan efisiensi *boiler* masih sangat rendah.



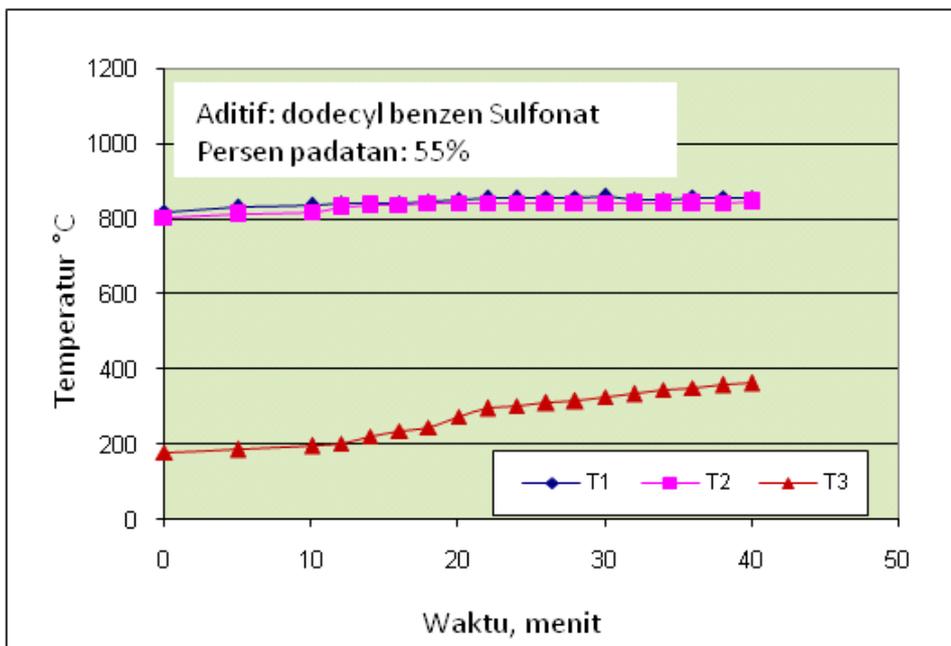
Gambar 5. Temperatur pada tungku bagian depan (T1)



Gambar 6. Temperatur pada tungku bagian tengah (T2)



Gambar 7. Temperatur pada cerobong (T3)



Gambar 8. Profil temperatur pembakaran

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil percobaan optimasi pembuatan dan pembakaran CWF, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Dari berbagai jenis dispersan sebagai zat aditif yang dicoba, yaitu kalsium ligno sulfonat, natrium ligno sulfonat, dodecyl benzen sulfonat, PHPA dan SPA, dodecyl benzen sulfonat merupakan jenis zat aditif yang terbaik, karena menghasilkan CWF dengan persentasi batubara tertinggi dan viskositas yang terendah.
- Dengan menggunakan dodecyl benzen sulfonat sebanyak 0,3% dan CMC 0,05% sebagai penstabil, dihasilkan CWF dengan persentasi batubara 60% dan viskositas 1.215 cP pada kecepatan putar *spindel* 100 rpm.
- Hasil uji reologi menunjukkan bahwa CWF mempunyai sifat alir yang non-Newtonian *Bingham plastis* dengan sedikit *yield stress*.
- Hasil uji pembakaran CWF dengan persentasi batubara > 55 dan 60%, menunjukkan bahwa makin tinggi persentasi batubara, makin tinggi temperatur tungku.
- Temperatur tungku mencapai kestabilan setelah lebih dari 30 menit dan mencapai > 800°C.

### Saran

Kinerja peralatan pembuatan dan pembakaran CWF belum optimal sehingga percobaan belum terintegrasi dengan baik, karena itu modifikasi dan perbaikan perlu terus dilakukan. Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, ukuran boiler dan tungku harus disesuaikan, *boiler* perlu diganti dengan ukuran yang lebih besar sesuai dengan ukuran tungku yang telah ada atau ukuran tungku yang diperkecil disesuaikan dengan *boiler* yang telah tersedia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Deguchi, T., Shigehisa, T., Makino, E. and Otaka, Y., 2002. *Proc. International conference and exhibition on clean and efficient coal technology in power generation, Coal-Tech 2002*, Indonesia.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1997. *Perry's chemical engineers' handbook*, Seventh Edition, Mc Graw Hill, New York.
- Suyama, C., 2008, HWT-CS technology for substitute for fuel oil, *Proceedings of 7<sup>th</sup> Coaltech 2008*, Technical and Policy Seminar.
- Thambimuthu K., 1994. *Developments in coal liquid mixtures on Coal Water Mixture (CWM) for advanced coal utilization Toward The Environmentally Friendly System, IEACR/69, IEA Coal Research*, London.
- Umar, D. F., Suganal, Priyono, H., Nuroniah, N., Sodikin, I., Supriatna, W., Rijwan, 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 Litbang tekMIRA No: 09*.
- Umar, D. F., Kunrat, T. S., Basyuni, Y., Setiawan. L., Hanafiah, N. dan Kuswara T., 2007. *Teknologi pembuatan dan pembakaran coal water mixture dari batubara hasil Proses upgraded brown coal*, Laporan Intern Puslitbang tekMIRA.
- Umar, D.F. dan Daulay, B., 2008. Effect of dispersing and stabilizing additives on rheological characteristics of the upgraded brown coal water mixture, *Indonesian Mining Journal*, Vol. 11 No. 10.
- Usui, T., Tatsukawa T. and Usui H., 1999. Preparation techniques of coal water mixtures with upgraded low rank coals, *Coal Preparation*, 21, 161-176.