

Studi Eksperimen Pengaruh Ukuran Partikel Batubara Pada *Swirling Fluidized Bed Dryer* Terhadap Karakteristik Pengeringan Batubara

Zainal Fanani, Prabowo

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail : prabowo@me.its.ac.id

Abstrak—Desain suatu PLTU salah satunya dibuat berdasarkan kualitas batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar. Pada PLTU batubara dibakar didalam boiler, didalam boiler terdapat pulverizer yang berfungsi untuk menghaluskan batubara dan menambah pasokan batubara kedalam boiler jika batubara didalam boiler memiliki nilai heating value rendah. Dengan menggunakan batubara dengan kualitas rendah maka suplai batubara yang dibutuhkan untuk memanaskan boiler akan semakin banyak, hal ini bisa mengakibatkan kerja dari pulverizer akan semakin berat. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara penghasil batubara terbesar didunia. Namun hampir 80% batubara yang dihasilkan tergolong batubara rendah dan sedang [1]. Untuk meningkatkan nilai kalor batubara perlu dilakukan pengeringan untuk mengurangi kadar air dalam batubara. Eksperimen dilakukan dengan mengeringkan batubara didalam chamber dengan temperature udara 55°C, sudut blade 20° dan massa pengeringan sebanyak 600gram, variasi ukuran partikel batubara 5mm, 10mm, 15mm. Pengambilan data dilakukan dengan menimbang berat batubara setiap satu menit sebanyak 5 kali, dua menit sebanyak 3 kali, dan lima menit sebanyak 4 kali. Data yang diperoleh berupa relative humidity udara, temperature udara, berat sampel basah dan berat sampel kering. Pengambilan data berat sampel kering dilakukan berdasarkan standart ASTM D5142 dengan pengeringan pada temperatur 105°C selama 3 jam. Dari hasil eksperimen didapat bahwa proses pelepasan massa uap air paling banyak terjadi pada lima menit pertama yang ditandai dengan penurunan moisture content paling besar. Pada partikel batubara ukuran 5mm,10mm,15mm didapat moisture content terendah berturut-turut sebesar 6,48 %, 7,66 %, 7,47 %. Untuk laju pengeringan didapat nilai terendah berturut-turut sebesar 0,062 gram/menit, 0,104 gram/menit, 0,023 gram/menit, sedangkan selisih humidity ratio ($\omega_2 - \omega_1$) didapat nilai terendah berturut turut sebesar 0,0072gram/kg dry air, 0,0713 gram/kg dry air, 0,1372 gram/kgdry air.

Kata Kunci—Fluidisasi, Kalori, Swirling

I. PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu sumber bahan bakar yang digunakan didalam PLTU, batubara nantinya akan digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler untuk mengubah air menjadi uap bertekanan. Desain boiler sendiri dibuat berdasarkan kualitas batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar. Pembakaran batubara didalam boiler pada sistem PLTU sendiri sangat bergantung pada kualitas batubara yang digunakan sebagai bahan bakar. Beberapa permasalahan yang timbul akibat pemakaian batubara kualitas rendah diantaranya adalah penurunan efisiensi pembakaran akibat kandungan air didalam batubara yang cukup banyak, penurunan efisiensi alat penukar kalor didalam boiler akibat terjadinya slagging (kerak) didaerah

radiasi dan akibat terjadinya fouling (pengotor) didaerah konveksi [1]

Indonesia termasuk dalam negara penghasil batubara terbesar di dunia. Batubara merupakan sumber daya alam yang saat ini masih memiliki cadangan dalam jumlah besar, yang tersebar di seluruh nusantara akan tetapi batubara yang dihasilkan oleh tambang di Indonesia sebagian besar memiliki nilai moisture yang sangat tinggi sehingga digolongkan sebagai low rank coal, Sedangkan untuk batubara kualitas tinggi atau high rank coal kebanyakan diekspor untuk memenuhi pasar luar negeri [1]. Hal ini menyebabkan PLTU harus menggunakan batubara tipe low rank coal sebagai sumber bahan bakar boiler Maka dari itu perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan nilai kalor dari batubara dengan cara melakukan pengeringan pada batubara, hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang ada didalam batubara sehingga bisa meningkatkan nilai kalori batubara.

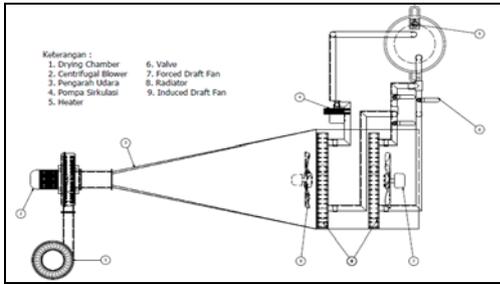
Edward K Levy melakukan penelitian yang berjudul "Use Of Coal Drying To Reduce Waterconsumed In Pulverized Coal Power Plants", [2] Levy melakukan penelitian tentang faktor faktor yang berpengaruh terhadap pengeringan batubara diantaranya adalah kecepatan udara pemanas, temperature udara pemanas, dan ukuran partikel batubara. Dari hasil penelitiannya [2] didapatkan bahwa kecepatan udara saat masuk berpengaruh terhadap laju pengeringan, pada penelitian ini nilai laju pengeringan akan meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan hingga nilai tertentu. Sedangkan ukuran partikel batubara yang paling besar 9,53mm mempunyai nilai laju pengeringan yang paling rendah.

II. METODE PENGUJIAN

A. Metode Penelitian

Berikut berupa skema penelitian yang digunakan secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 1.

Cara kerja dari alat ini yaitu dengan cara memanaskan air yang ada didalam tanki dengan menggunakan water heater, kemudian udara sekitar di hembuskan oleh forced draft fan sehingga udara melewati dua pemanas tipe compact heat exchanger. Udara yang sudah melewati alat pemanas di hembuskan kedalam chamber dengan menggunakan blower. agar terjadi swirling maka pada saluran masuk kedalam chamber dipasang blade yang membentuk sudut 20° sehingga udara yang masuk kedalam chamber akan membentuk swirling. Dengan terjadinya proses swirling ini diharapkan proses pengeringan batubara



Gambar 1 . Skema peralatan *swirling fluidized bed dryer*

Keterangan gambar:

1. *Drying chamber*
2. *Centrifugal Blower*
3. Pengarah udara
4. *Water pump*
5. *Heater*
6. *Valve*
7. *Forced Draft Fan*
8. *Radiator*
9. *Induced Draft Fan*

menjadi optimal karena aliran udara menjadi turbulen sehingga meningkatkan koefisien perpindahan panas dari udara dengan batubara. Dari sisi batubara sendiri akan terjadi proses olakan pada batubara sehingga seluruh permukaan batubara dapat terkena udara pengering, sehingga dapat meningkatkan proses pengeringan. Penelitian ini dikhususkan pada proses pengeringan pada batubara. Pada eksperimen ini akan ditinjau proses perpindahan massa air dari permukaan batubara dan dari udara pengering. Untuk itu perlu dilakukan pengambilan data dari udara pengering dan dari batubara. Untuk menganalisa proses perpindahan massa dari udara pengering maka diperlukan data berupa *temperature dry bulb* dan nilai *relative humidity*

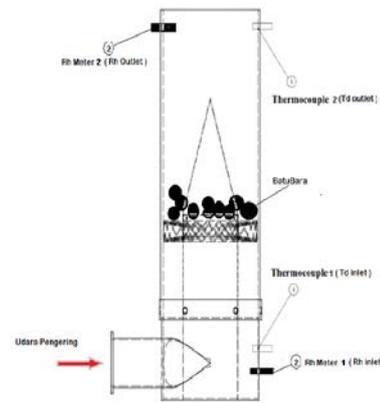
Titik – titik pengukuran pada penelitian ini seperti dijelaskan pada gambar 2.

Selama proses pengujian kolektor surya tersebut dapat parameter-parameter yang diukur yaitu :

1. *Anemometer* untuk menghitung kecepatan angin saat keluar dari sudut blade
2. *Td inlet : Thermocouple 1*, mengukur temperatur *dry bulb* saat masuk chamber
3. *Td outlet : Thermocouple 2*, mengukur temperatur *dry bulb* saat keluar chamber
4. *Rh inlet : Rh meter 1*, mengukur *relative humidity* saat masuk chamber.
5. *Rh outlet : Rh meter 2*, mengukur *relative humidity* saat keluar dari chamber.

B. Prosedur Eksperimen

Eksperimen dilakukan dengan variasi 3 ukuran partikel batubara, diantaranya adalah ukuran 5mm, 10mm, 15 mm. massa pengeringan dan sudut blade untuk semua variasi ukuran partikel batubara adalah sama yaitu 600 gram dan 20°. Supaya terjadi proses fluidisasi maka kecepatan udara harus diatur sesuai dengan kecepatan fluidisasi minimum [3], pengaturan kecepatan udara dilakukan dengan cara mengatur putaran blower, sedangkan untuk putaran blower bisa diatur dengan menggunakan *voltage regulator*.



Gambar 2. Titik pengambilan data pada penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan menimbang massa sampel batubara setiap satu menit sebanyak 5 kali , dua menit sebanyak 3 kali, dan lima menit sebanyak 4 kali. Setiap pengambilan sampel batubara catat data temperature udara pengering dan *relative humidity* udara serta lakukan penimbangan pada setiap massa sampel batubara yang sudah diambil dan catat sebagai massa sampel batubara basah, kemudian masukkan sampel batubara basah kedalam *oven electric* untuk dikeringkan lebih lanjut selama 180 menit dengan temperature 105° C (standar pengeringan menurut ASTM D5142), setelah keluar dari *oven electric*, lakukan penimbangan dan catat sebagai massa sampel kering pada waktu tertentu (sesuai interval waktu pengambilan data).

C. Perhitungan Data

Dari data penimbangan massa sampel basah (0 menit – 31 menit) dan massa sampel kering (0 menit – 31 menit) ini maka akan diketahui nilai *moisture content* untuk masing masing sampel pengeringan [4]. *Moisture content* sendiri dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$MoistureContent = \frac{B_{sb} - B_{sk}}{B_{sb}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Untuk mengetahui jumlah kandungan air yang ada setiap kilogram udara kering maka dilakukan pengeplotan data kedalam diagram Psikrometrik [5] . Untuk pengeplotan dibutuhkan dua parameter yaitu *temperature dry bulb* dan *relatif humidity* udara dari pengeplotan tersebut didapat nilai *humidity ratio* :

$$Humidity\ Ratio\ (\Delta\omega) = \omega_2 - \omega_1 \dots\dots\dots (2)$$

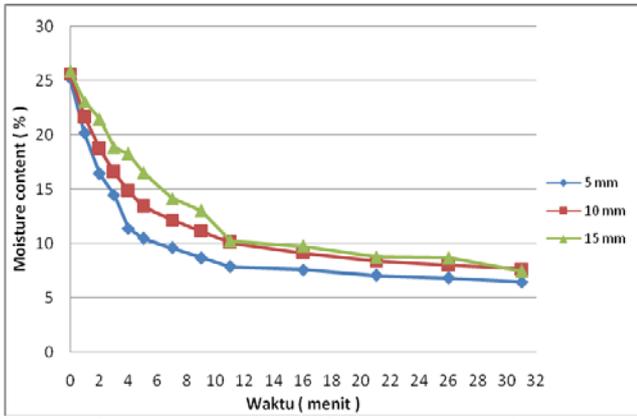
Untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel batubara terhadap laju pengeringan juga bisa diketahui dari nilai koefisien perpindahan massa nya [6]. Untuk menghitung nilai koefisien perpindahan massa digunakan rumus sebagai berikut :

$$h_m = s_h \frac{D_{AB}}{D_{batubara}} \dots\dots\dots (3)$$

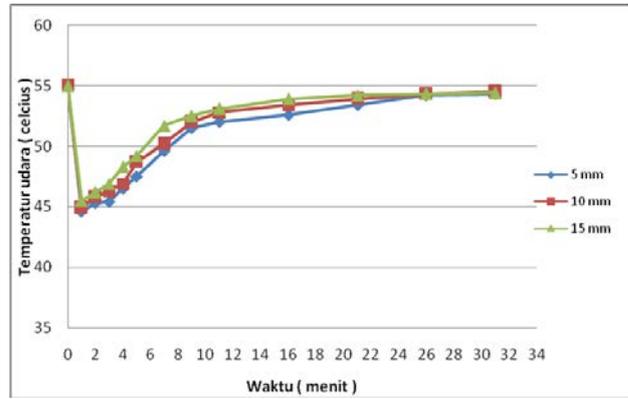
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap moisture content

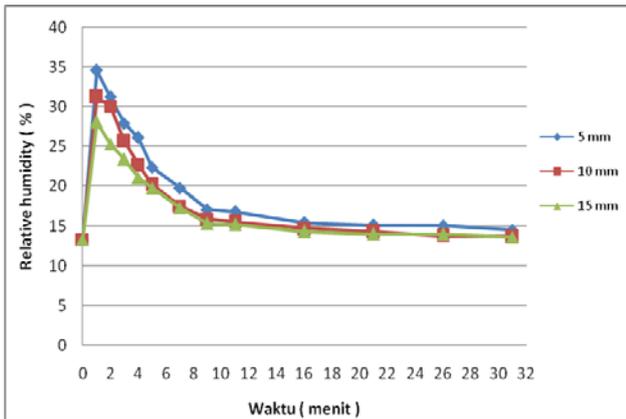
Pada penelitian ini dilakukan pengujian tentang pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap *moisture content* , hal ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



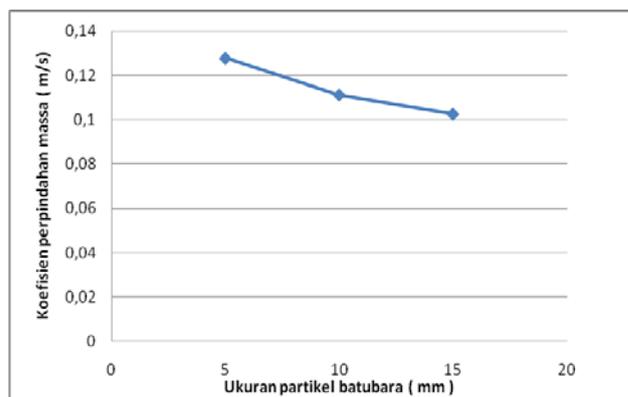
Gambar 3. Pengaruh Ukuran Partikel Batubara terhadap *moisture content*



Gambar 5. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap temperature udara pengering



Gambar 4. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap relative humidity



Gambar 6. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap koefisien perpindahan massa

Dari gambar 3 dapat dilihat pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap *moisture content*. Trend grafik diatas memperlihatkan terjadi penurunan *moisture content* pada semua ukuran partikel. Pada lima menit pertama untuk semua ukuran partikel batubara terjadi penurunan *moisture content* yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan kandungan uap air yang ada didalam batubara cukup banyak, sedangkan setelah lima menit pengeringan kandungan uap air sudah mulai menipis sehingga penurunan *moisture content* juga tidak terlalu signifikan. Pada ukuran partikel 5 mm memiliki nilai *moisture content* paling rendah dikarenakan memiliki nilai koefisien perpindahan massa yang besar sehingga massa air yang keluar dari batubara juga akan semakin besar.

B. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap relative humidity

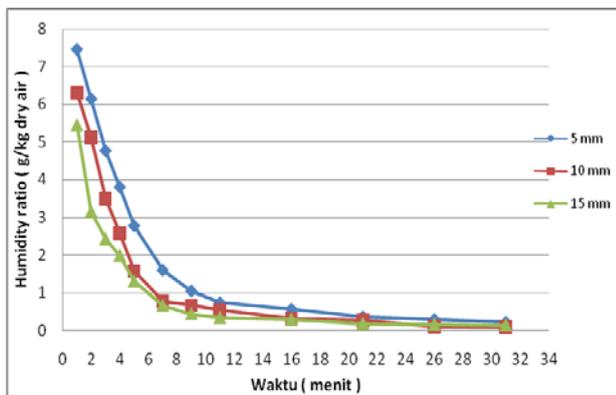
Dari gambar 4 dapat dilihat pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap *relative humidity*. Trend grafik diatas memperlihatkan terjadi penurunan *relative humidity* pada semua ukuran partikel. Pada menit ke satu sampai menit ke tujuh untuk semua ukuran partikel batubara memperlihatkan penurunan *relative humidity* yang cukup signifikan. hal ini dikarenakan temperature udara pengering mengalami kenaikan yang sehingga menyebabkan uap air yang ada di udara pengering mengalami evaporasi. Pada ukuran partikel 15 mm memiliki nilai *relative humidity* yang paling rendah dari pada partikel 10 mm dan 15 mm, hal ini dikarenakan jumlah uap air yang keluar dari batubara lebih sedikit sehingga menyebabkan kandungan uap air yang diterima oleh udara juga lebih sedikit.

C. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap temperature udara pengering

Dari gambar 5 dapat dilihat pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap temperature udara pengering. Trend grafik diatas memperlihatkan terjadi kenaikan temperatur pada semua ukuran partikel. Pada awal pengeringan terjadi penurunan temperature yang cukup signifikan pada semua ukuran partikel. Pada ukuran partikel 15mm mengalami kenaikan temperature dengan waktu yang paling cepat dan paling tinggi, kemudian diikuti ukuran partikel 10 mm dan 15 mm. Pada awal pengeringan terjadi penurunan temperatur yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan udara pengering sudah mulai kontak dengan batubara, uap air yang ada didalam batubara mengakibatkan penurunan temperature pada udara pengering. pada menit ke tujuh sampai menit ke tiga puluh satu untuk semua ukuran partikel batubara tidak mengalami kenaikan temperature cukup signifikan, hal ini dikarenakan kandungan uap air yang ada pada udara sudah menipis, dan temperature udara pengering didalam *chamber* sudah mendekati temperature masuk *chamber*. Pada partikel 5 mm memiliki nilai temperature yang paling rendah dikarenakan jumlah uap air yang dikeluarkan oleh partikel 5 mm lebih banyak sehingga temperature udara pengering menjadi lebih rendah.

D. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap koefisien perpindahan massa

Gambar 6 merupakan Pengaruh ukuran partikel batubara terhadap koefisien perpindahan massa. Pada ukuran partikel batubara 5 mm memiliki nilai koefisien perpindahan massa paling besar yaitu sebesar $hm = 0,1278$ m/s. Nilai koefisien



Gambar 7. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap *humidity ratio*

perpindahan massa paling kecil adalah pada beban 15 mm sebesar $hm = 0,1026$ m/s. Semakin kecil ukuran partikel batubara maka nilai koefisien perpindahan massa akan semakin besar.

E. Pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap *humidity ratio*

Dari gambar 7 dapat dilihat pengaruh variasi ukuran partikel batubara terhadap *ratio humidity*. Trend grafik diatas memperlihatkan terjadi penurunan *ratio humidity* pada semua ukuran partikel. Pada menit ke satu sampai menit ke tujuh untuk semua ukuran partikel batubara memperlihatkan penurunan *ratio humidity* yang cukup signifikan. Pada menit ke satu sampai menit ke tujuh terjadi penurunan *ratio humidity* yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan temperature udara pengering mengalami kenaikan yang cukup signifikan sehingga menyebabkan uap air yang ada di udara pengering mengalami evaporasi. Sedangkan pada menit ke sembilan sampai menit ke tiga puluh satu untuk semua ukuran partikel batubara tidak terjadi penurunan *ratio humidity* yang cukup signifikan, hal ini dikarenakan kandungan uap air pada udara sudah menipis. Pada ukuran partikel 15 mm memiliki nilai *ratio humidity* yang paling rendah dari pada partikel 10 mm dan 5 mm, hal ini dikarenakan jumlah uap air yang keluar dari batubara lebih sedikit sehingga menyebabkan kandungan uap air yang diterima oleh udara juga lebih sedikit.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa pengaruh ukuran partikel batubara terhadap *moisture content* untuk ketiga variasi didapatkan bahwa, pada 5 menit pertama terjadi proses pelepasan massa uap air paling besar yang ditandai dengan penurunan *moisture content* yang besar. Pada partikel batubara ukuran 5mm,10mm,15mm didapat *moisture content* terendah berturut-turut sebesar 6,48 % ; 7,66 % , ; 7,47 % . Pada ukuran partikel 5 mm memiliki nilai *moisture content* paling rendah dikarenakan memiliki nilai koefisien perpindahan massa yang besar sehingga massa air yang keluar dari batubara juga akan semakin besar.
2. Pada partikel batubara ukuran 5mm,10mm,15mm didapat nilai laju pengeringan terendah berturut-turut

sebesar 0,062 gram/menit, 0,104 gram/menit, 0,023 gram/menit

3. Pada partikel batubara ukuran 5mm,10mm,15mm didapat nilai *relative humidity* terendah berturut-turut sebesar 14,5 % ; 13,7 % ; 13,6 % pada partikel 15mm memiliki nilai *relative humidity* paling rendah, hal ini dikarenakan uap air yang dilepas oleh batubara lebih sedikit sehingga uap air yang diterima oleh udara juga lebih sedikit.
4. Pada partikel batubara ukuran 5mm,10mm,15mm didapat nilai koefisien perpindahan massa berturut-turut sebesar 0,1278 m/s, 0,1127 m/s, 0,1026 m/s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada bapak dosen pembimbing dan laboratorium Teknik Pendingin dan Pengkondisian Udara Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITS yang telah banyak mendukung kelancaran penelitian kali ini serta semua pihak yang membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kementerian ESDM, Badan Geologi. 2011. *Peta Lokasi Penyebaran Sumber Daya dan Cadangan Batubara Status Desember (2011)*. Indonesia.
- [2]. Levy, Edward K., Sarunac, Bilirgen, Caram. 2006. *Use of Coal Drying To Reduce Water Consumed in Pulverized Coal Power Plants*. Energy Research Center Lehigh University. Bethlehem.
- [3]. Putu Gede Gunawan *Tista/Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM* Vol. 3 No. 1, April 2009
- [4]. Mohd Faizal Mohideen. 2011. *Drying of Oil Palm Frond via Swirling Fluidization Technique*. Universiti Tun Hussein Onn.Malaysia.
- [5] Michael j. Moran, Howard Shapiro. 2007. *Fundamentals of engineering thermodynamics 5th Edition*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- [6] Incropera, Frank P., DeWitt, Bergman, Lavine. 2007. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6th Edition*. John Wiley & Sons Inc. New York.