

STUDI NUMERIK FLUIDISASI PADA *CONTINUOUS BED* DENGAN PENDEKATAN *MULTIPLE BED*

Qanitah Listyani¹⁾, Nu Rhahida Arini²⁾, Teguh Hady Ariwibowo³⁾

^{1,2,3}D4 Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
E-mail: qanitahlistyani@pg.student.pens.ac.id

Abstract

The demand for electricity in Indonesia is increasing. Electricity is produced from a power plant. One of them is PLTU. PLTU is made from coal. Based on quality ranking, coal has several types, namely high rank coal, medium rank coal, and low rank coal. Indonesian coal is categorized as low rank coal. Indonesian coal is also included in the type of sub-bituminous coal which has low calorific value (<6100 kcal/kg) and has a high moisture content ($\geq 40\%$). This causes many losses, especially in pollution. The tool that functions to reduce moisture content is the Fluidized Bed Dryer. There are several types of Fluidized Bed Dryer, including Continuous Fluidized Bed, Fixed Bed, Circulator Fluidized Bed, and others. This final project is examine Continuous Fluidized Bed which has 2 chambers combined in one Fluidized Bed Dryer. The two chambers are interconnected because the outlet of chamber 1 is the inlet of chamber 2. This research is numerically simulated using CFD with OpenFOAM software. This research aims to reduce coal moisture content. The initial condition of coal has a moisture content of 33%. This simulation resulted in an 8% reduction in moisture content. The final total moisture content of coal is 25%.

Keywords: *Coal, Moisture Content, Fluidized Bed Dryer, OpenFOAM, Two Chambers*

PENDAHULUAN

Penggunaan batu bara dalam industri semakin meningkat seiring meningkatnya kebutuhan listrik yang ada di Indonesia. Berdasarkan peringkat kualitas, batu bara memiliki beberapa jenis, yaitu *high rank coal*, *medium rank coal*, dan *low rank coal* (Liu & Ohara, 2017). Batu bara Indonesia memiliki kualitas dengan kategori *low rank coal*. Batu bara Indonesia juga termasuk dalam jenis batu bara *sub-bituminus* dimana memiliki kalor rendah (< 6100 kkal/kg) dan memiliki *moisture content* yang tinggi (Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif, 2014). Hal tersebut akan menimbulkan kerugian yang sangat banyak, terutama dalam polusi.

Berkaitan dengan polusi, harus dapat meminimalisir dengan cara dilakukannya pengeringan batu bara. Batu bara dikeringkan pada sebuah alat yang bernama *Fluidized Bed Dryer* (Tangko et al., 2022). Mekanisme kerja *fluidized bed dryer* adalah udara primer keluar dari bawah ruang pembakaran yang berasal dari blower, lalu udara sekunder membawa bahan bakar padat masuk ke dalam sisi samping ruang pembakaran, sementara burner terpasang di sisi samping berdekatan dengan udara primer (Iswara et

al., 2018). Selanjutnya, bahan bakar padat akan terbakar di burner. Pada mekanisme kerja tersebut biasanya menggunakan *single bed dryer* (Ika Yuliyani, Maridjo, Muhammad Abdul M, 2019). Semakin banyak *bed dryer* yang digunakan maka akan semakin meminimalisir kerugian yang dimiliki batu bara. Hal ini akan membantu dalam efisiensi batu bara.

Konsep dari *continuous fluidized bed* memiliki prinsip dengan cara menggunakan konsep pemanasan udara panas untuk mencapai efek pengeringan. Udara dipanaskan oleh sistem pemanas dan udara panas dihembuskan ke bahan bakar oleh blower (Leckner, 2022). Pada saat yang sama, udara panas disirkulasikan melalui sistem filter melalui sistem sirkulasi. Setelah bahan bakar memasuki *fluidized bed* dari konveyor, perangkat getaran di bawah *fluidized bed* dapat membuat bahan bakar bergerak ke *chamber* selanjutnya (Gu et al., 2020). Penelitian ini disimulasikan secara numerik menggunakan CFD dengan aplikasi OpenFOAM.

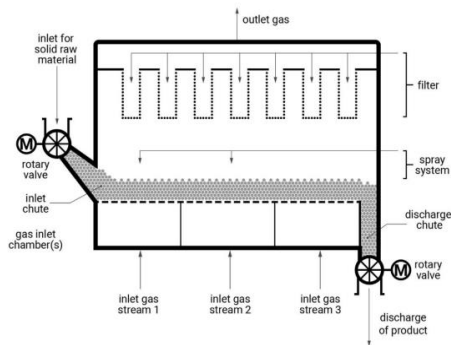
METODE PENELITIAN

Konsep Fluidisasi Bed

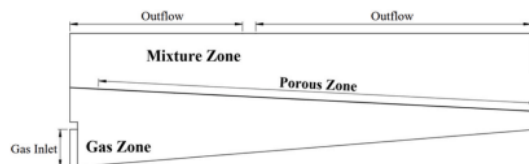
Fluidisasi didefinisikan sebagai operasi di mana padatan halus diubah menjadi keadaan seperti cairan melalui kontak dengan gas atau cairan (Basu, 2010). Lapisan terfluidisasi menampilkan karakteristik berikut yang mirip dengan cairan termasuk tekanan statis pada ketinggian berapa pun sama dengan berat padatan lapisan per satuan luas penampang di atas permukaan tersebut, benda yang lebih padat daripada massa jenis lapisan dasar tenggelam, padatan dari lapisan dapat dikeluarkan seperti cairan melalui lubang di bagian bawah atau samping wadah, dan permukaan *bed* tetap pada tingkat horizontal (tidak tergantung pada kemiringan *bed* (Mohseni et al., 2019). Partikel tercampur dengan baik, dan *bed* tersebut mempertahankan suhu yang hampir seragam di seluruh *bed* ketika dipanaskan (Sirabian, 2022).

Mekanisme kerja dari *continuous fluidized bed* adalah batu bara akan masuk melalui *inlet chute* seperti terlihat pada Gambar 1. Setelah itu, batubara akan dikeringkan dengan udara primer yang berasal dari dasar *fluidized bed*. Udara primer berasal dari blower yang ditempatkan pada bagian bawah unggun terfluidisasi kontinyu seperti pada Gambar 2. Pada penelitian ini digunakan alat pengering *continuous*

fluidized bed dengan 2 ruang. Pemindahan batu bara dari *chamber 1* ke *chamber 2* menggunakan tekanan udara yang tinggi.



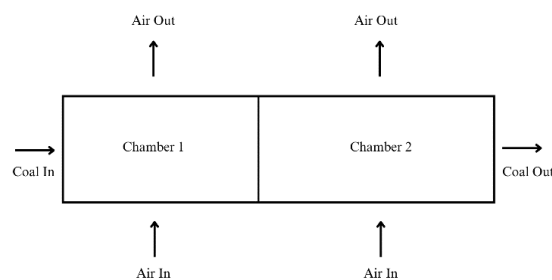
Gambar 1. Tipe Horizontal Continuous Fluidized Bed (Sirabian, 2022)



Gambar 2. Tipe *horizontal continuous fluidized bed* tipe 2 chamber (Handayani et al., 2023)

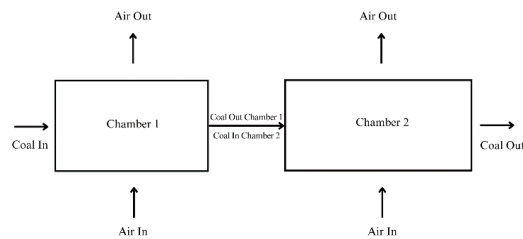
Penelitian ini disimulasikan secara numerik menggunakan CFD dengan *software OpenFOAM*. Menggunakan *multiPhaseEularFoam*.

Pemodelan Sistem *Continuous Fluidized Bed*



Gambar 3. Pemodelan Sistem *Continuous Fluidized Bed*

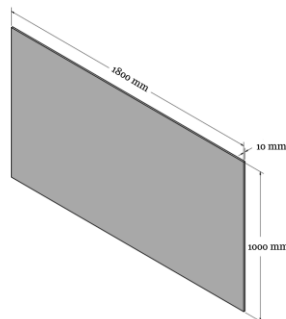
Pada judul ini peneliti menggunakan 2 chamber seperti terlihat pada Gambar 3. Tujuan penggunaan 2 chamber adalah supaya kadar air dapat lebih dikurangi. Pada Gambar 3, udara masuk melalui dasar *continuous fluidized bed*. Udara yang masuk berasal dari blower di dasar *continuous fluidized bed*. Udara akan keluar ke bagian atas *continuous fluidized bed*.



Gambar 4. Pemodelan Sistem *Continuous Fluidized Bed* dengan Pendekatan *Multiple Bed*

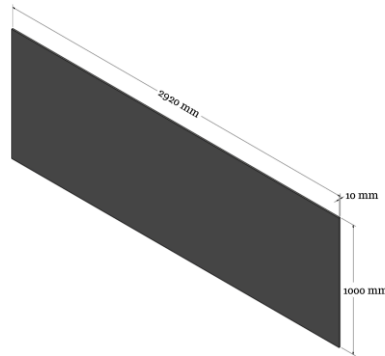
Gambar 4 menjelaskan bahwa batu bara masuk melalui *coal in*. Sebelum batu bara memasuki *continuous fluidized bed*, batu bara mempunyai kadar air sebesar 33%. Pada saat batu bara memasuki *chamber 1* akan terjadi proses fluidisasi yang mengakibatkan berkurangnya kadar air. Pada saat *chamber 1* menghasilkan *outlet data*, nantinya hasil data *outlet chamber 1* akan menjadi data *inlet chamber 2*. Ketika batu bara masuk ke *chamber 2*, maka terjadi proses fluidisasi berulang yang mengakibatkan penurunan kadar air dalam jumlah besar. Dalam penelitian ini *chamber 1* dan *chamber 2* saling berhubungan.

Geometri



Gambar 5. Geometri *Continuous Fluidized Bed Chamber 1*

Ukuran geometri yang tercantum pada Gambar 5 akan digunakan pada *chamber 1*. Sedangkan Gambar 6 akan digunakan pada *chamber 2*.

Gambar 6 Geometri *Continuous Fluidized Bed Chamber 2*

Meshing

Setelah geometri dibuat maka akan muncul hasil meshing. Mesh dibuat menggunakan OpenFOAM yang menggunakan fitur blockMesh yang berfungsi untuk mengubah ukuran geometri yang berasal dari tutorial OpenFOAM. Mesh tersebut menghasilkan grid berbentuk hexahedra seperti tabel 1 dan 2.

Tabel 1

Hasil *Meshing Continuous Fluidized Bed Chamber 1*

Points	12462
Faces	24230
Internal Faces	11770
Cells	6000
Faces Per Cell	6
Boundary Patches	4
Max Skewness	1.11036e-13
Hexahedra	6000

Tabel 2

Hasil *Meshing Continuous Fluidized Bed Chamber 2*

Points	12462
Faces	24230
Internal Faces	11770
Cells	6000
Faces Per Cell	6
Boundary Patches	4
Max Skewness	1.11022e-13
Hexahedra	6000

HASIL DAN PEMBAHASAN

Continuous Fluidized Bed Chamber 1

Tabel 3

Properti *Continuous Bed*

Jenis Properti	Properties Value
Temperatur	33.5 °C
Kecepatan Udara	0.3 m/s
Tekanan	100000 kg/m.s ²

Setelah ukuran geometri dibuat dan meshing dihasilkan, sifat lapisan kontinu akan divariasikan sesuai Tabel 3.

Gambar 7. Simulasi *Multiple Bed Chamber 1*

Pada Gambar 7, peneliti memodelkan inisiasi *Multiple Bed Chamber 1*. Pada Gambar 7, geometri *Multiple Bed Chamber 1* berasal dari *scale up* yang diperoleh dari jurnal. Jurnal *scale up* memiliki dimensi seperti pada Gambar 5. Gambar 7 merupakan hasil simulasi dengan *continuous fluidized chamber 1*. Pada simulasi ini ukuran *bubble* sangat kecil. Hal ini dipengaruhi oleh perbesaran perhitungan geometri *scale up* dan termasuk pada kondisi *incipient fluidization*.

Tabel 4

Hasil Nilai Properti *Continuous Fluidized Bed Chamber 1*

Properties Type	Properties Value Results
T Air	567.37 °C
T Particle	582.63 °C
U Air (y)	0.3 m/s
U Particle (x)	0.002 m/s
U Particle (y)	0.11 m/s
Alpha.air	0.7
Alpha.particles	0.24
P	100000 kg/m . s ²

Temperature batu bara juga memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dari nilai temperature inlet air. Hal tersebut juga diperkuat dengan hasil data pada tabel 4.

Simulasi ini menghasilkan data hasil untuk *outlet chamber 1*. Data dari *outlet chamber 1* akan digunakan sebagai nilai properti untuk *chamber 2*.

Continuous Fluidized Bed Chamber 2



Gambar 8. Simulasi *Multiple Bed Chamber 2* berdasarkan *alpha.particles*

Gambar 8 merupakan hasil simulasi *chamber 2*. Data input *chamber 2* berasal dari hasil data output *chamber 1*. Pada simulasi ini ukuran *bubble* lebih kecil dibandingkan *chamber 1*. Hal ini terlihat dari *alpha partikel* yang terdapat pada tabel 4 mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan tabel 5 *Alpha.particles* adalah perbandingan partikel udara terhadap batu bara. *Alpha.particles chamber 2* mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan *chamber 1*, karena *chamber 2* mempunyai geometri yang lebih panjang.

Tabel 5

Hasil Nilai Properti *Continuous Fluidized Bed Chamber 2*

Properties Type	Properties Value Results
T Air	581.92 °C
T Particle	583.66 °C
U Air (x)	0.0073 m/s
U Air (y)	0.265 m/s
U Particle (x)	0.006 m/s
U Particle (y)	0.204 m/s
Alpha.air	0.65
Alpha.particles	0.33
P	100186.68 kg/m . s ²

a. Hasil Moisture Content

Hasil *moisture content* dilihat dari hasil data pada *Alpha.air* yang berasal dari OpenFOAM, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6

Hasil Moisture Content *Continuous Fluidized Bed*

	Alpha.Air
<i>Inlet Chamber 1</i>	0.73
<i>Outlet Chamber 1 & Inlet Chamber 2</i>	0.7
<i>Outlet Chamber 2</i>	0.65

Kondisi awal batu bara memiliki *moisture content* senilai 33%. Pada tabel 6 terlihat bahwa terdapat pengurangan *moisture content* pada *chamber 1* senilai 3%. Pada *chamber 2* terdapat pengurangan *moisture content* sebanyak 5%. Terdapat perbedaan pengurangan *moisture content* pada *outlet chamber 1* dengan *outlet chamber 2*, dikarenakan terdapat perbedaan geometri. Total pengurangan *moisture content* dari inlet *chamber 1* hingga *outlet chamber 2* adalah 8%. Total akhir *moisture content* yang dimiliki batu bara setelah melewati *continuous bed dryer* senilai 25%. Pada kasus tersebut, perbedaan pengurangan *moisture content* pada *outlet chamber 1* dengan *outlet chamber 2*, dikarenakan terdapat perbedaan geometri.

SIMPULAN

Kondisi awal batu bara memiliki *moisture content* senilai 33%. Simulasi ini menghasilkan pengurangan *moisture content* pada *chamber 1* senilai 3%. Pada *chamber 2* terdapat pengurangan *moisture content* sebanyak 5%. Terdapat perbedaan pengurangan *moisture content* pada *outlet chamber 1* dengan *outlet chamber 2*, dikarenakan terdapat perbedaan geometri. Total pengurangan *moisture content* dari inlet *chamber 1* hingga *outlet chamber 2* adalah 8%. Total akhir *moisture content* yang dimiliki batu bara setelah melewati *continuous bed dryer* senilai 25%.

DAFTAR PUSTAKA

- Basu,P.(2010).<[Prabir_Basu]_Combustion_and_Gasification_in_Fluid (BookSee.org). pdf>. *Biomass Gasification and Pyrolysis*.
- Gu, J., Liu, Q., Zhong, W., & Yu, A. (2020). Study on scale-up characteristics of oxy-fuel combustion in circulating fluidized bed boiler by 3D CFD simulation. *Advanced Powder Technology*, 31(5), 2136–2151. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2020.03.007>
- Handayani, S. U., Yohana, E., Tauviqirrahman, M., Rahman, A. G., Yulianto, M. E., & Choi, K. H. (2023). Performance improvement of continuous horizontal fluidised bed dryer based on computational fluid dynamics. *Results in Engineering*, 17(February), 100972. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100972>
- Ika Yuliyani, Maridjo, Muhammad Abdul M. (2019). Analisis sistem ruang bakar boiler jenis fluidized bed combustion untuk PLTU kapasitas 8 MW. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.35313/energi.v9i1.1638>
- Iswara, M. A. I., Nurtono, T., & Winardi, S. (2018). Studi Fluidisasi dan Pembakaran Batubara Polydisperse di Dalam Fluidized Bed Berbasis Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamic). *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(1), 40.

- <https://doi.org/10.33795/jtkl.v2i1.62>
- Leckner, B. (2022). Fluid dynamic regimes in circulating fluidized bed boilers—A mini-review. *Chemical Engineering Science*, 247, 117089. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2021.117089>
- Liu, Y., & Ohara, H. (2017). Energy-efficient fluidized bed drying of low-rank coal. *Fuel Processing Technology*, 155, 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.06.008>
- Mohseni, M., Kolomijtschuk, A., Peters, B., & Demoulling, M. (2019). Biomass drying in a vibrating fluidized bed dryer with a Lagrangian-Eulerian approach. *International Journal of Thermal Sciences*, 138(November 2018), 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.12.038>
- Prof. Dr. Ir. Irwandy Arif, M. S. (2014). *Batubara Indonesia*. PT Gramedia Pustaka Utama. <https://books.google.co.id/books?id=fqBLDwAAQBAJ>
- Sirabian, S. (2022). Continuous fluid bed processing. In *How to Design and Implement Powder-to-Tablet Continuous Manufacturing Systems* (pp. 141–158). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813479-5.00010-0>
- Tangko, J., Klistafani, Y., & Marten, E. (2022). Analisis Pengaruh Input Nilai Kalor Batubara Terhadap Kinerja Boiler Tipe CFB Pada PLTU PT. Antam Tbk. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 20(2), 201–209. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v20i2.3772>