

Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Nilai *Fuel Conversion Rate* Insenerator *Fluidized Bed* Dengan *Bed Material* Pasir Besi

Anandha Binawangsa, I Nyoman Suprpta Winaya, dan I Gede Putu Agus Suryawan

Program Studi Teknik mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Insenerator fluidized bed merupakan metode yang dapat digunakan untuk mereduksi jumlah limbah medis yang meningkat akibat terjadinya pandemi covid-19. Salah satu indikator penting yang dapat mempengaruhi kinerja insinerator adalah kecepatan udara. Dalam penelitian ini dilakukan variasi pada kecepatan udara masuk reaktor dengan kecepatan sebesar 3 m/s; 3,5 m/s; 4 m/s; 4,5 m/s; dan 5 m/s. Hasil dari penelitian didapatkan kecepatan udara 3,5 m/s memiliki nilai laju konversi bahan bakar tertinggi dibandingkan variasi kecepatan lainnya yaitu sebesar 4,880 kg/jam. Hal ini dikarenakan pada variasi tersebut *bed material* bekerja lebih maksimal dalam menangkap emisi gas buang akibat fluidisasi yang lebih merata di dalam reaktor dimana akan mempengaruhi jumlah emisi gas yang dilepas ke lingkungan lebih sedikit dibandingkan variasi lainnya.

Kata Kunci: limbah medis, *fluidized bed*, kecepatan udara, laju konversi bahan bakar.

Abstract

Fluidized bed incinerator technology can be used to reduce medical waste which has increased due to the COVID-19 pandemic. One of the important indicators that can affect the works of the incinerator is air flow velocity. In this study, variations in the reactor inlet velocity were carried out at a speed of 3 m/s; 3.5 m/s; 4 m/s; 4.5 m/s; and 5 m/s. The result of this research is the air velocity of 3.5 m/s has the highest efficiency value compared to other velocity variations, which is 4,880 kg/h. This happened because the *bed material* in this velocity works more optimally in capturing exhaust gas emissions due to more evenly distributed fluidization in the reactor which will affect the amount of gas emissions released into the environment less than other variations.

Keywords: medical waste, *fluidized bed*, air flow velocity, fuel conversion ratio

1. Pendahuluan

Limbah medis dikategorikan sebagai limbah B3, karenanya perlu ada kewaspadaan pada pengolahan limbah tersebut [1]. Teknologi insenerator merupakan salah satu yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan jumlah limbah medis karena dianggap efektif untuk mensterilisasi limbah medis yang infeksius akibat suhu pada proses pembakarannya yang tinggi dan juga dapat mereduksi volume dari limbah medis [2]. Salah satu jenis insenerator adalah *fluidized bed combustor* dimana alat tersebut digunakan dalam penelitian ini.

Proses *oxycombustion* akan memaksimalkan kerja pembakaran *fluidized bed*. Efisiensi pembakaran meningkat seiring dengan meningkatnya kadar oksigen yang dimasukkan [3]. Proses *oxycombustion* pada umumnya juga memerlukan membran dalam upaya penangkapan gas CO₂ berupa media berpori [4]. Pasir besi merupakan media berpori yang dapat menangkap lebih banyak gas CO₂ dibandingkan dengan zeolit dan karbon aktif yang telah banyak digunakan pada penelitian – penelitian sebelumnya, terutama pada suhu yang lebih tinggi [5].

Kecepatan udara merupakan salah satu indikator penting lainnya yang berpengaruh terhadap pembakaran dari *fluidized bed*. Kecepatan udara yang ideal akan menyebabkan *bed material* di dalam reaktor terhampar dan terdistribusi merata sehingga dapat mempertahankan panas lebih baik [6].

Penelitian ini membahas bagaimanakah pengaruh dari variasi kecepatan udara terhadap laju konversi bahan bakar *fluidized bed oxyfuel* dengan *bed material* pasir besi. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 3 m/s; 3,5 m/s; 4.m/s; 4,5.m/s; dan 5 m/s.

2. Dasar Teori

2.1. Limbah Medis

Limbah Medis adalah material sisa yang sudah atau tidak terpakai dari hasil kegiatan yang berkaitan dengan fasilitas pelayanan kesehatan. Limbah medis dikategorikan sebagai limbah berbahaya dan beracun (B3) karena), karena terdiri dari limbah benda tajam, bersifat infeksius, mengandung bahan kimia, genotoksik dan radio aktif.

2.2 Fluidized Bed

Fluidized Bed menggunakan reaktor sebagai tungku atau wadah untuk proses pembakaran burner. Fluidized bed membutuhkan media pori berupa pasir yang nantinya digunakan sebagai bed material untuk mengurangi emisi gas yang dilepas ke lingkungan

2.3 Pasir Besi

Pasir besi belum lama ini sering dimanfaatkan sebagai absorber, karena dapat berinteraksi dengan molekul gas lain seperti O₂, CO, NH₃, dan CO₂. Pasir besi dinyatakan sebagai absorber CO₂ yang sangat baik, dengan kapasitas serapan sangat tinggi, sehingga dapat menyebabkan penurunan emisi hidrokarbon [7].

2.4 Laju Konversi Bahan Bakar

Pengujian laju konversi bahan bakar adalah salah satu parameter yang diperlukan untuk memastikan insinerator dapat bekerja secara maksimal. Adapun unsur yang mempengaruhi laju konversi bahan bakar adalah sebagai berikut:

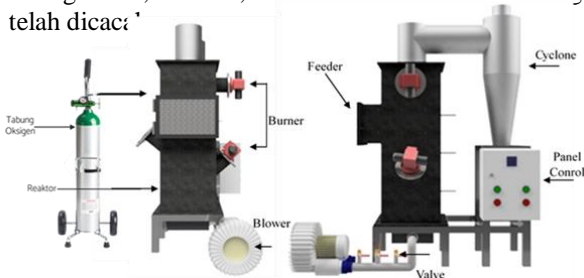
$$FCR = \frac{m}{t} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- FCR = Laju Konversi Bahan Bakar (kg/jam)
- m = Selisih Massa Limbah dan Massa Abu (kg)
- t = Waktu Pembakaran (jam)

3. Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini dilakukan secara eksperimental. Pemvariasian kecepatan udara dilakukan dengan pemutaran valve pada pipa yang telah tersambung dengan reaktor hingga mendapatkan kecepatan yang dibutuhkan yaitu sebesar 3 m/s; 3,5 m/s; 4 m/s; 4,5 m/s; dan 5 m/s yang dapat diketahui dengan bantuan anemometer. Pembakaran dilakukan pada temperatur operasi sebesar 650°C. Bed material yang digunakan adalah pasir besi dengan ukuran 0,8 mm yang telah dilakukan penyaringan menggunakan wire mesh berukuran 30. Bahan bakar berupa limbah medis seberat 0,5 kg yang terdiri dari jarum suntik, selang infus, masker, dan alat pelindung diri yang telah dicuci.



Gambar 1. Skematik Fluidized Bed Oxyfuel

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang telah di lakukan, maka diperoleh data berupa massa bahan bakar limbah medis, massa abu, dan waktu pembakaran. Massa limbah medis merupakan massa awal dari sampah medis yang diukur sebelum dimasukkan kedalam ruang bakar. Massa abu merupakan pengurangan dari jumlah massa bed material dan bahan bakar sebelum pembakaran dengan jumlah massa bed material dan bahan bakar setelah pembakaran. Waktu pembakaran adalah waktu yang dibutuhkan untuk membakar 0,5 kg limbah medis sampai habis seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Variasi Kecepatan Udara (m/s)	Massa Bahan Bakar (Kg)	Massa Abu (Kg)	Waktu Pembakaran (Jam)
3	0,5	0,346	0,1225
3,5	0,5	0,011	0,1002
4	0,5	0,301	0,105
4,5	0,5	0,296	0,0991
5	0,5	0,112	0,0844

4.2 Pengolahan Data

Laju konversi bahan bakar atau FCR dihitung melalui perbandingan antara selisih massa bahan bakar yang digunakan dan massa abu yang dihasilkan dengan waktu pembakaran. Waktu pembakaran dapat dihitung dari awal pembakaran hingga limbah medis habis terbakar. Berdasarkan perhitungan laju pembakaran dapat dilihat pengaruh variasi kecepatan udara terhadap waktu yang dibutuhkan untuk membakar sejumlah limbah medis didalam ruang bakar. Laju pembakaran dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

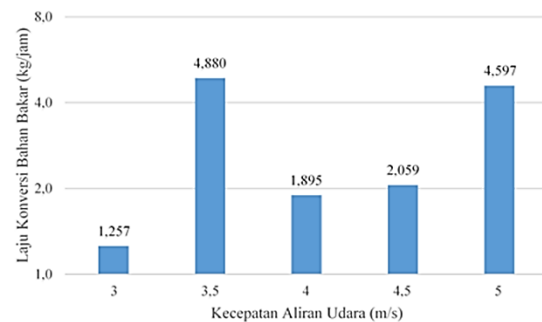
- Kecepatan Udara 3 m/s

$$FCR = \frac{m}{t}$$

$$FCR = \frac{0,5 \text{ kg} - 0,346 \text{ kg}}{0,1225 \text{ Jam}}$$

$$FCR = 1,257 \text{ kg/jam}$$

Dengan melakukan perhitungan yang sama pada setiap variasi maka akan didapatkan nilai laju konversi bahan bakar seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Laju Konversi Bahan Bakar

Berdasarkan data pada gambar 2 maka dapat diketahui nilai konversi bahan bakar pada variasi kecepatan udara 3 m/s adalah 1,257 kg/jam, sedangkan pada variasi kecepatan udara 3,5 m/s adalah 4,880 kg/jam, variasi kecepatan udara 4 m/s adalah 1,895 kg/jam, variasi kecepatan udara 4,5 m/s adalah 2,059 kg/jam, dan variasi kecepatan udara 5 m/s adalah 4,597 kg/jam.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengaruh variasi kecepatan udara terhadap nilai laju konversi bahan bakar dapat disimpulkan bahwa kecepatan udara pada variasi 3,5 m/s memiliki nilai laju konversi bahan bakar tertinggi dibandingkan variasi kecepatan udara lainnya yaitu sebesar 4,880 kg/jam. Hal ini dikarenakan pengaruh dari kecepatan udara tersebut terhadap *bed material* di dalam reaktor *fluidized bed* terhampar lebih merata sehingga distribusi panas pada reaktor tersebut juga akan ikut merata dan dapat mempertahankan panas yang lebih optimal dimana hal tersebut menyebabkan limbah yang tereduksi semakin banyak dan massa abu yang sedikit.

Daftar Pustaka

- [1] Sitompul, P. P. E. 2021. Menilik kebijakan pengolahan limbah B3 fasilitas pelayanan kesehatan selama pandemi COVID-19 di Provinsi Jawa Barat. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 8 (1), hal. 73-79.
- [2] Pan X, Yan J, & Xie Z. 2013. Detoxifying PCDD/Fs and Heavy Metals in Fly Ash from Medical Waste Incinerators with a DC Double Arc Plasma Torch. *Journal of Environmental Science*, 25 (7), hal. 1362-1367.
- [3] Czakiert T, Bis Z, Muskala W, & Nowak W. 2006. Fuel conversion from oxy-fuel combustion in a circulating fluidized bed. *Fuel Processing Technology*. 87 (6),hal. 531–538.
- [4] Nemitallah, M. A., Habib, M. A., Badr, H. M., Said, S. A., Jamal, A., Ben-Mansour, R., & Mezghani, K. 2017. Oxy-fuel combustion technology: current status, applications, and trends. *International Journal of Energy Research*, 41 (12), hal. 1670-1708.
- [5] Mishra, A. K., & Ramaprabhu, S. 2011. Magnetite decorated graphite nanoplatelets as cost effective CO₂ adsorbent. *Journal of Materials Chemistry*, 21(20), hal. 7467
- [6] Alvince, C. E., Winaya, I. N. S., Lokantara I. P. 2021. Karakterisasi Limbah Medis dan Bed Material Pasir Alumina Pada Pembakaran Fluidized Bed. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 1(1), hal. 61-68.
- [7] Alfe, M., Ammendola, P., Gargiulo, V., Raganati, F., & Chirone, R. 2015. Magnetite loaded carbon fine particles as low-cost CO₂ adsorbent in a sound assisted fluidized bed. *Proceedings of the Combustion Institute*, 35(3), hal. 2801–2809



Anandha Binawangsa, menyelesaikan studi SMA di SMA Negeri 1 Citeureup pada tahun 2017, kemudian melanjutkan studi di Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2018 dan memperoleh gelar sarjana pada tahun 2022

Bidang penelitian yang diminati adalah topik – topik yang berkaitan tentang konversi energi