

Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap *Fuel Conversion rate* Insenerator *Fluidized Bed Oxy-Fuel* Limbah Medis dengan *Bed Material Pasir Alumina*

Chrisbiantoro Saverius Sitorus, I N Suprpta Winaya, Hendra Wijaksana
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Khususnya dalam masalah limbah yang berasal dari dunia kesehatan yang menyebabkan semakin meningkatnya jumlah limbah medis pada masa COVID-19, mengakibatkan lonjakan limbah medis. Metode dalam pengolahan limbah medis menggunakan metode insenerator. Insenerator merupakan salah satu teknologi alternatif dalam proses mengolah limbah medis. Pengolahan limbah medis menggunakan metode insinerasi. Penambahan Oxy-fuel dalam pembakaran bertujuan untuk diharapkan emisi gas buang didominasi gas CO₂ sehingga memudahkan dalam proses penangkapan gas CO₂. Lingkungan oxy-fuel sangat berbeda dengan lingkungan udara. Efisiensi pembakaran pada masing-masing variasi kecepatan udara berbeda namun tidak begitu signifikan, yang disebabkan oleh kemampuan fluidisasi setiap kecepatan udara yang berbeda yang mengakibatkan kemampuan bed material mendistribusikan dan mempertahankan panas yang berbeda, sehingga nilai LHV gas buang yang dihasilkan juga berbeda. Hasil dari penelitian ini adalah Kecepatan 4 m/s tercatat memiliki laju konversi bahan bakar tertinggi dari variasi kecepatan udara yang lain yaitu 1,982 kg/jam dan juga Kecepatan 4 m/s dengan bed material pasir alumina juga mampu terfluidisasi dengan baik.

Kata kunci: limbah medis, insenerator, kecepatan udara, laju konversi bahan bakar

Abstract

The case of medical waste especially caused by the increasing number of medical waste during the COVID-19 period, resulting in a surge in medical waste. The method in processing B3 waste is the thermal process method. The thermal process (incineration) is one of the alternative technologies in the process of treating B3 waste. B3 waste treatment uses the incineration method. The addition of Oxy-fuel in combustion aims to expect exhaust gas emissions to be dominated by CO₂ gas so as to facilitate the process of capturing CO₂ gas. The oxy-fuel environment is very different from the air environment. The combustion efficiency at each air velocity variation is different but not so significant, which is caused by the fluidization ability of each different air velocity which results in the bed material's ability to distribute and maintain different heat, so the LHV value of the flue gas produced is also different. The result of this research is that the speed of 4 m/s is recorded as having the highest fuel conversion rate of other air velocity variations, namely 1,982 kg/hour and also the speed of 4 m/s with alumina sand bed material also able to fluidize well.

Keywords: medical waste, incinerator, air velocity, fuel conversion rate

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu yang terkena dampak besar dalam COVID-19. Khususnya dalam masalah limbah medis yang menyebabkan semakin meningkatnya jumlah limbah medis pada masa COVID-19, mengakibatkan lonjakan limbah medis.

Limbah medis merupakan limbah yang bahan berbahaya dan beracun yang berdampak terhadap lingkungan sekitar, kesehatan, serta keberlangsungan hidup manusia serta makhluk sekitar lainnya, karena itu perlu dilakukan pengolahan pada limbah medis [1]. Limbah medis perlu diwaspadai karena berpotensi mengandung zat-zat yang cukup berbahaya pada masa COVID-19 saat ini. Limbah B3 didapat dari B3 yang sudah pada kadaluwarsa, B3 yang tumpah, B3 yang tidak memenuhi standar layak langsung dibuang, bekas kemasan B3 serta limbah B3 dari sumber yang spesifik [2].

Insinerasi merupakan proses rekayasa penguraian limbah mudah terbakar (*combustible*) dengan memanfaatkan pembakaran dan udara pada suhu

tinggi, dan memproduksi materi gas panas, partikel-partikel kecil dan abu (*bottom ash* dan *fly ash*). Proses ini mampu mengurangi volume material dalam jumlah besar. Dengan menggunakan tungku pembakaran yang disebut insinerator. Pengolahan limbah secara termal ini terbukti juga efektif dalam penghancuran, penangkapan, serta mengurangi konsentrasi bahan dan zat berbahaya. [2].

Oxy-fuel dalam pembakaran bertujuan untuk, diharapkan emisi gas buang didominasi gas CO₂ sehingga memudahkan dalam proses penangkapan gas CO₂. Lingkungan oxy-fuel sangat berbeda dengan lingkungan udara. Pada pembakaran dalam lingkungan oxy-fuel, gas CO₂ menggantikan gas N₂ dan konsentrasi oksigen dapat diatur dengan mengubah rasio resirkulasi gas buang [3].

salah satu cara dalam menyelesaikan masalah tersebut ialah menggunakan pasir yang memiliki berpori sebagai bed material, selain sebagai bed material pasir juga berfungsi menekan emisi gas buang hasil pembakaran, pasir juga berperan aktif

sebagai adsorben karena luas permukaan pori – porinya yang besar sehingga dapat menangkap hidrokarbon dan membentuk deposit karbon pada suhu tinggi. Jika tidak ada pasir dalam proses tersebut, maka pembakarannya tidak bisa terjadi secara sempurna [4]. Maka sebab itu, penelitian ini menggunakan pasir alumina (Al_2O_3) dalam proses circulating fluidized bed combustion (CFBC) sebagai bed material. Pasir aluminium oksida (Al_2O_3) atau bisa disebut juga dengan pasir alumina yang tergabung dalam jenis keramik oksida.

Pada penelitian ini, selain pengaruh dari jenis bed materialnya, kecepatan aliran udara juga mempengaruhi terhadap performansi circulating fluidized bed combustion (CFBC). variasi kecepatan aliran udara berbahan bakar limbah medis dengan menggunakan bed material pasir alumina, sehingga dapat mengetahui Laju Konversi Bahan Bakar (FCR) terbaik dengan melakukan empat variasi kecepatan aliran udara.

2. Dasar Teori

2.1 Teknologi Insenerator

Insenerator merupakan proses rekayasa penguraian limbah mudah terbakar (*combustible*) dengan memanfaatkan pembakaran dan udara pada suhu tinggi, dan memproduksi materi gas panas, partikel-partikel kecil dan abu (*bottom ash* dan *fly ash*). Proses ini mampu mengurangi volume material dalam jumlah besar. Dengan menggunakan tungku pembakaran yang disebut insinerator. Pengolahan limbah secara termal ini terbukti juga efektif dalam penghancuran, penangkapan, serta mengurangi konsentrasi bahan dan zat berbahaya. Energi panas hasil insinerasi juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif. Teknologi insinerasi ini sering dan dapat digunakan untuk mengolah limbah hasil industri, limbah pertanian, limbah berbahaya, dan limbah padat kota [5].

2.2 Pasir Alumina

Aluminium oksida (Al_2O_3) atau dapat disebut juga sebagai pasir alumina yang tergabung dalam bentuk keramik oksida. Aluminium merupakan lapisan yang terbentuk dari hasil reaksi aluminium dan oksigen. Pasir alumina yang memiliki keunggulan pada sifat fisis yaitu, daya tahan panas yang tinggi, penghambat listrik yang baik, tahan terhadap abrasi, dan daya tahan terhadap korosi yang tinggi. Selain itu, karakteristik pori-pori dari pasir alumina ini juga dapat dilihat *Surface Area Analyzer* (SAA) untuk mengetahui diameter dan volume pori pasir alumina. [6].

2.3 Laju Konversi Bahan Bakar (Fuel Conversion Rate)

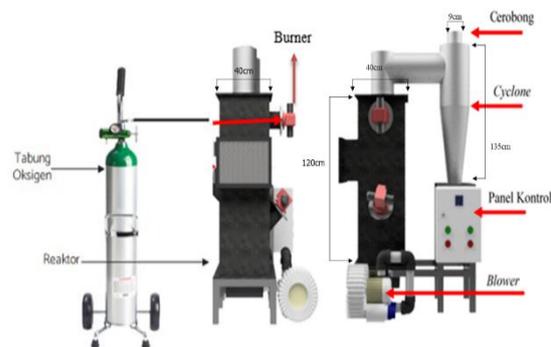
Laju konversi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar sebelum dilakukan pembakaran, jumlah massa abu setelah dilakukan pembakaran, dan waktu

proses pembakaran dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$FCR = \frac{\text{Massa Bahan Bakar (Kg)} - \text{Massa Abu (Kg)}}{\text{Waktu Pembakaran (Jam)}} \dots\dots\dots 1$$

3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimental atau percobaan untuk mendapatkan tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh yang disebabkan oleh perbedaan kecepatan udara terhadap laju konversi bahan bakar limbah medis dengan *bed material* pasir alumina. Variasi kecepatan udara yang digunakan yaitu sebesar 3 m/s; 4 m/s; 5 m/s; 6 m/s. temperatur Operasional yang digunakan sebesar $650^{\circ}C$ yang diketahui melalui kontrol panel. *Bed material* yang digunakan ialah pasir alumina dengan ukuran 0,8 mm. Bahan bakar yang digunakan ialah limbah medis dengan berat 500 gram, berupa 400 gram limbah jarum suntik dan 100 gram limbah masker.



Gambar 1. Skematik Fluidized bed Oxy-Fuel

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Penelitian

Berdasarkan Pengujian yang sudah dilakukan, maka akan diperoleh data massa bahan bakar limbah medis, massa abu, dan waktu pembakaran. Massa bahan bakar limbah medis merupakan massa sebelum limbah medis dimasukkan kedalam reaktor. Massa abu merupakan selisih dari jumlah massa *bed material* dan bahan bakar sebelum dimasukkan kedalam reaktor dengan massa hasil pembakaran. Waktu pembakaran merupakan waktu yang diperlukan pada proses pembakaran limbah medis. Data yang didapatkan dari variasi kecepatan udara.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Variasi Kecepatan Udara (m/s)	Massa Bahan Bakar (Kg)	Massa Abu (Kg)	Waktu Pembakaran (Jam)
3	0.5	0.244	0.1622
4	0.5	0.277	0.1125
5	0.5	0.337	0.1069
6	0.5	0.359	0.1311

4.2 Perhitungan Data Hasil Pengujian

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 kecepatan udara terhadap waktu yang dibutuhkan untuk membakar sejumlah limbah medis didalam ruang bakar. Laju pembakaran dapat dihitung dengan persamaan 1 sebagai berikut:

a) Kecepatan Udara 3 m/s

$$FCR = \frac{(0,5kg - 0,244kg)}{0.1622 \text{ jam}} = 1,578 \frac{kg}{jam}$$

b) Kecepatan Udara 4 m/s

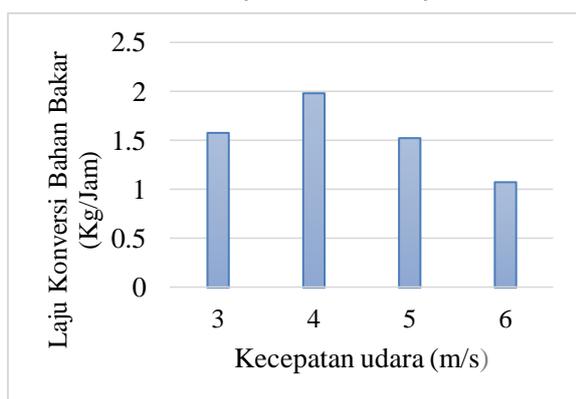
$$FCR = \frac{(0,5kg - 0,277kg)}{0.1125 \text{ jam}} = 1,982 \frac{kg}{jam}$$

c) Kecepatan Udara 5 m/s

$$FCR = \frac{(0,5kg - 0,337kg)}{0.1069 \text{ jam}} = 1,525 \frac{kg}{jam}$$

d) Kecepatan Udara 6 m/s

$$FCR = \frac{(0,5kg - 0,359kg)}{0.1311 \text{ jam}} = 1,076 \frac{kg}{jam}$$



Gambar 2 Grafik Laju Konversi Bahan Bakar

Dengan melakukan perhitungan yang serupa, menggunakan persamaan 2.1 serta data pada tabel 1. oleh karna itu diperoleh nilai laju konversi bahan bakar atau *FCR* pada variasi kecepatan udara secara berurutan adalah 1,578 kg/jam, 1,982 kg/jam, 1,525

kg/jam, 1,076 kg/jam. Berikut merupakan grafik nilai laju konversi bahan bakar dari setiap variasi:

5. Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian pengaruh variasi kecepatan udara terhadap laju konversi bahan bakar dengan *bed material* pasir alumina, dapat disimpulkan pada kecepatan udara 4 m/s memiliki laju konversi bahan bakar paling tinggi sebesar 1,982 kg/jam, dibandingkan variasi kecepatan udara lainnya. Hal ini disebabkan oleh massa abu pembakaran dan waktu pembakaran yang cukup stabil, dan juga kecepatan udara mempengaruhi fluidisasi yang cukup merata.

Daftar Pustaka

- [1] Fauziah Anggraini, Mursid Rahardjo, Onny Setiani 2015 Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro
- [2] Adi Moh. Rizal dan Indah Nurhayati, Volume 15 Nomor 02 - Juli 2017: Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Dengan Insinerator Tipe Reciprocating Grate Incinerator
- [3] Cahyadi, Dwika Budianto, Adi Surjosatyo, Yulianto S.Nugroho 2014. karakterisasi pembakaran batubara halus dalam lingkungan udara dan oxy-fuel, vol. 10
- [4] Van Caneghem. J, A. Brems, P. Lievens, C. Block, P. Billen, I. Vermeulen, R. Dewil, J. Baeyens, C. Vandecasteele. 2012. Fluidized bed waste incinerators: Design, operational and environmental issues. Progress in Energy and Combustion Science, 38 : 551-582.
- [5] Qin, L., Han, J., Chen, W., Yao, X., Tadaaki, S., & Kim, H. 2016. *Enhanced combustion efficiency and reduced pollutant emission in a fluidized bed combustor by using porous alumina bed materials*. Applied Thermal Engineering 94: 813-818.



Chrisbiantoro Saverius Sitorus memulai studi di Universitas Udayana dan telah menyelesaikan studi Sarjana di Universitas Udayana, Studi Teknik Mesin, pada tahun 2022

Konsentrasi penelitian dibidang konversi energi