

Pengaruh Temperatur Operasi Terhadap *Fuel Conversion Rate* Insinerator *Fluidized Bed* Dengan *Bed Material* Pasir Besi

Zony Migra, I Nyoman Suprpta Winaya, I Gede Putu Agus Suryawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Limbah medis yang akhir-akhir ini meningkat jumlahnya dikarenakan penanganan pandemi *Coronavirus Disease* sudah menjadi isu lingkungan yang serius, dan diperlukan metode penanganan limbah yang tepat. Teknologi terbaik dalam pengolahan dan meminimalisir jumlah aliran limbah pada saat ini adalah dengan teknologi insinerator. Pembakaran pada suhu tinggi, yang terjadi di insinerator selain dapat mengurangi volume, juga bisa mengurangi sifat infeksius dari limbah medis. Reaktor yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan reaktor dengan jenis *fluidized bed* dengan pasir besi sebagai *bed material* sehingga dapat mengurangi emisi gas buang yang dianggap berbahaya dari hasil pembakaran limbah medis. Menerapkan metode studi eksperimental, penelitian ini ditujukan agar dapat mengetahui pengaruh dari temperatur operasi terhadap laju konversi bahan bakar. Adapun variasi temperatur operasi yang digunakan yaitu 500°C; 550°C; 600°C; dan 650°C. Hasil dari penelitian ini adalah temperatur operasi 650°C memiliki nilai konversi bahan bakar tertinggi yaitu 1,655kg/jam. Hal ini menunjukkan semakin tinggi temperatur operasi, semakin baik pembakaran yang terjadi pada proses insinerasi.

Kata Kunci: *Insinerasi, Limbah Medis, Pasir Besi, Laju Konversi Bahan Bakar, Temperatur*

Abstract

Medical waste has recently increased in number due to the handling of the *Coronavirus Disease* pandemic has become a serious environmental issue, and proper waste management methods are needed. The best technology in processing and minimizing the amount of waste flow at this time is using incinerator technology. High temperatures combustion in incinerator may reduce volume, and can also decrease the medical waste infectious properties. The reactor that used is a *fluidized bed* reactor with magnetite as *bed material* to reduce emissions that are considered dangerous from the combustion of medical waste. Applying the experimental study method, this research is used for determine the effect of operating temperature on the *fuel conversion rate* of the incinerator. The operating temperature variations used are 500°C; 550°C; 600°C; and 650°C. The result of this research is that the operating temperature of 650°C has the highest FCR of 1.655 kg/h. This shows that the higher the operating temperature, the better the combustion that occurs in the incineration process.

Keywords: *Incinerator, Medical Waste, Magnetite, Fuel Conversion Rate, Temperature.*

1. Pendahuluan

Limbah medis yang akhir-akhir ini meningkat jumlahnya dikarenakan penanganan pandemi *Coronavirus Disease* sudah menjadi isu lingkungan yang serius di semua negara dunia. Jumlah fasilitas untuk pengolahan limbah 3B yang ada di Indonesia masih terbatas, sehingga terpaksa melakukan penimbunan sampah medis, dan akhirnya menyebabkan pencemaran lingkungan dan penyebaran penyakit[1].

Teknologi terbaik meminimalisir jumlah aliran limbah adalah insinerasi. Insinerasi merupakan proses rekayasa penguraian limbah mudah terbakar (*combustible*) dengan memanfaatkan pembakaran dan udara pada suhu tinggi. Reaktor yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan reaktor dengan jenis *fluidized bed* dengan pasir besi sebagai *bed material* dan penambahan *oxyfuel*.

Pasir besi pasir berpori yang sangat mudah ditemukan di Indonesia memiliki sifat magnetik yang unik, biokompatibilitas yang

baik, dan tidak beracun[2]. Pasir besi juga dinyatakan sebagai absorber CO₂ yang sangat baik, dengan kapasitas serapan sangat tinggi, sehingga dapat menyebabkan penurunan emisi hidrokarbon [3].

Temperatur tinggi dibuthkan agar bisa membakar sampah medis yang terdapat bahan infeksius dan berbahaya (*hazardous*) didalamnya dengan waktu tinggal minimal 1 detik[4]. Hasil uji TGA limbah medis, proses pengeringan atau pengurangan kadar air pada limbah medis terjadi saat temperatur 120°C. Pengurangan volume pada limbah medis terjadi ketika temperatur 200-900°C. Pada temperatur 500°C limbah medis sudah dapat terbakar habis dengan waktu pembakaran yang berbeda[5].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur operasi terhadap efisiensi insinerator *fluidized bed oxyfuel* limbah medis dengan *bed material* pasir besi, dan variasi temperatur operasinya adalah, 500°C; 550°C; 600°C; 650°C.

2. Dasar Teori

2.1. Temperatur

Merupakan faktor yang berpengaruh banyak ketika proses insinerasi, dalam persamaan Arrhenius dinyatakan ketika semakin tinggi suhu, konstanta kecepatan reduksi semakin besar juga, sehingga mengakibatkan kecepatan reduksi bertambah dan konversi naik.

2.2. Fluidized Bed Incinerator

Merupakan reaktor pembakar dengan memanfaatkan hamparan media berpori sebagai *bed material*, yang disuspensikan ke aliran udara secara merata disetiap titiknya, menyebabkan turbulensi tinggi sehingga menghasilkan efisiensi pembakaran yang sangat baik dan mengurangi emisi gas berbahaya yang dihasilkan [6].

2.3. Pasir Besi

Bed material berpori yang memiliki efek absorpsi yang dapat menangkap hidrokarbon, dan sangat mudah ditemukan di Indonesia.

2.4. Laju Konversi Bahan Bakar

Diperoleh dengan perbandingan antara selisih massa bahan bakar yang digunakan dikurangi massa abu yang dihasilkan (m) dengan waktu pembakaran (t). Waktu pembakaran dapat dihitung dari awal pembakaran hingga limbah medis habis terbakar.

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

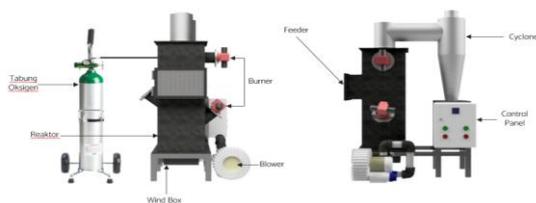
Dimana :

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

3. Metode Penelitian

3.1 Rancangan Alat Penelitian

Menerapkan metode studi eksperimental, penelitian ini ditujukan agar dapat mengetahui pengaruh dari temperatur operasi terhadap nilai konversi bahan bakar pada insinerator. Adapun variasi temperatur operasi yang digunakan yaitu 500°C; 550°C; 600°C; dan 650°C, dengan bahan bakar limbah medis yang digunakan berupa campuran dari masker, kantong dan selang infus, serta tabung suntik, dengan massanya adalah 0,5 kg, dan *bed material* pasir besi dengan diameter 0,8mm.



Gambar 1. Skematik Alat Pengujian

3.2 Deskripsi Alat Insinerator Limbah Medis

Black steel merupakan bahan yang digunakan untuk membuat reaktor insinerator *fluidized bed* berbahan bakar limbah medis. Dan menggunakan *ceramic fiber* sebagai isolator panas pada bagian dalam reaktor. Memiliki volume sebesar 0,082 m³ yang merupakan tempat berlangsungnya proses pembakaran bahan bakar dan proses fluidisasi. Menggunakan sumber panas dari 2 buah *burner* yang nyala bersamaan. *Burner* satu ditujukan untuk proses pembakaran awal yang bertujuan untuk memanaskan bed material. Sedangkan *burner* 2 berfungsi untuk membakar gas buang yang dihasilkan selama proses insinerasi. Terdapat sebuah *wind box* pada bagian bawah reaktor sebagai tempat masuknya udara dimana *blower* sebagai *supplier* udara utama dalam pembakaran dan fluidisasi. Dimana pada dasar reaktor terdapat 8 buah *nossel* yang berfungsi untuk menyebarkan udara dan tekanan secara merata dari *blower* agar terjadi fluidisasi pada hamparan materialnya. Dalam proses pengkonversian energi dengan teknologi *fluidized bed insinerator*, *bed material* pasir besi dimasukkan ke dalam reaktor pembakaran dengan ketinggian 0,1m. Pada reaktor juga dipasangkan *thermocouple* sebagai alat ukur.

Gas buang yang dihasilkan pada proses pembakaran diteruskan ke *cyclone*. Pada *cyclone* terjadi proses pemisahan antara partikel padat (abu) dan gas. Dimana sisa gas buang akan dilepas ke lingkungan dan abu akan jatuh menuju wadah pembuangan abu.

3.3 Bahan – Bahan Penelitian

Adapun bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Peralatan Medis
- Peralatan medis yang berfungsi sebagai bahan bakar dalam proses insinerasi. Jenis peralatan medis yang dipakai pada penelitian ini berupa masker, suntikan, APD, dan selang infus dengan total masa 500 gr. Karena masih dalam skala penelitian yang keselamatan kerjanya belum terjamin seperti alat insinerator limbah medis pada skala industri, maka peralatan yang digunakan berada dalam kondisi baru dan belum terpakai, agar komposisinya menyerupai limbah medis yang sebenarnya, dituangkan obat tetes luka dan juga cairan NaCl pada saat persiapan. Peralatan diberikan perlakuan awal sebelum dilakukan pengujian. Adapun perlakuan yang diberikan adalah sebagai berikut :

1) Pencacahan

Pencacahan dilakukan untuk membuat ukuran dari limbah medis lebih kecil dan bisa

terfluidisasi dengan baik di dalam reaktor. Limbah medis dicacah dengan ukuran 5 cm.

2) Pencampuran

Semua jenis limbah medis yang telah dicacah kemudian akan dicampur dengan komposisi masker dan perban sebanyak 100 gram, spuit suntikan dan selang infus 400 gram.

• Pasir Besi

Pasir besi digunakan sebagai bed material dalam pembakaran berdiameter 0,8 mm sebanyak 3000 gr. Untuk memperoleh ukuran bed material yang diinginkan pasir tersebut akan disaring menggunakan wire mesh.



Gambar 3. Proses Persiapan Pasir Besi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Pengujian

Dari pelaksanaan pengujian diperoleh beberapa data yang diperlukan untuk perhitungan laju konversi bahan bakar, berupa massa bahan bakar, massa abu, dan waktu pembakaran. Massa bahan bakar merupakan massa limbah medis yang digunakan dalam proses pengujian, massa abu adalah massa hasil dari pembakaran dikurangi dengan massa bed material yang digunakan, sedangkan waktu pembakaran adalah waktu yang diperlukan untuk membakar 0,5 kg limbah medis.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Variasi Temperatur (°C)	Massa Bahan Bakar (Kg)	Massa Abu (Kg)	Waktu Pembakaran (Jam)
500	0,5	0,337	0,215
550	0,5	0,279	0,179
600	0,5	0,301	0,156
650	0,5	0,255	0,148

Dari tabel 1 diperoleh data yang cukup beragam dari setiap variasi temperatur operasi yang telah diujikan. Data tersebut akan digunakan untuk menghitung laju konversi bahan bakar, efisiensi pembakaran, serta kapasitas termal sesuai dengan metode penelitian.

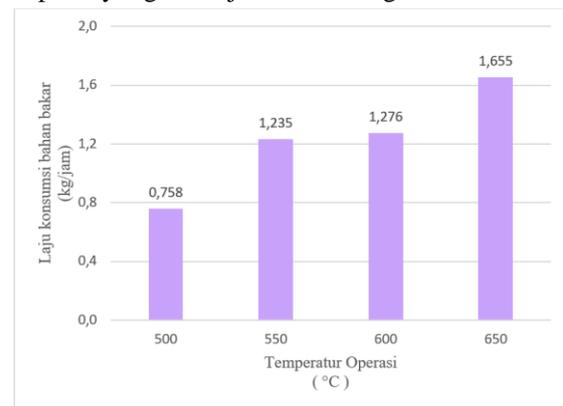
4.2. Pengolahan Data

Laju konversi bahan bakar dapat diperoleh dengan perhitungan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

• Temperatur Operasi 500°C

$$FCR = \frac{m}{t} = \frac{0.5 \text{ kg} - 0.337 \text{ kg}}{0.215 \text{ jam}} = 0,7581 \text{ kg/jam}$$

Dengan perhitungan serupa pada setiap variasi diperoleh laju konversi bahan bakar seperti yang ditunjukkan dalam gambar 3.



Gambar 3. Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai laju konversi bahan bakar pada setiap variasi secara berurutan variasi 500°C adalah 0,758 kg/jam, 550°C adalah 1,235 kg/jam, 600°C adalah 1,276 kg/jam, dan 650°C sebesar 1,655 kg/jam.

Fuel conversion rate atau laju konversi bahan bakar merupakan jumlah bahan bakar yang dikonversi pada proses pembakaran persatuan waktu. Penambahan temperatur operasi menyebabkan pertambahan laju konversi energi. Hal ini terjadi dikarenakan semakin tinggi temperatur pada ruang bakar, semakin bagus distribusi panas yang terjadi, dan mengakibatkan volume limbah yang tereduksi semakin banyak. Selain dari jumlah bahan bakar yang terkonversi meningkat, waktu yang dibutuhkan pada proses pembakaran juga berkurang setiap kali temperatur operasi ditingkatkan, sehingga kedua faktor ini menyebabkan laju konversi bahan bakar meningkat seiring dengan penambahan pada temperatur operasi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan, nilai laju konversi bahan bakar terbesar didapatkan dari variasi 650°C yaitu sebesar 1,655kg/jam. Dapat disimpulkan bahwa temperatur operasi berpengaruh

terhadap laju konversi bahan bakar, dimana semakin tinggi temperatur operasi semakin tinggi nilai laju konversi bahan bakar, hal ini dikarenakan ketika temperatur yang tinggi terjadi distribusi panas merata, dan mengakibatkan limbah medis yang tereduksi semakin banyak dan waktu pembakaran yang lebih singkat.

Daftar Pustaka

- [1] Oruonye, E. D., & Ahmed, Y. M. 2020. Covid-19 and Challenges of Management of Infectious Medical Waste in Nigeria: A Case of Taraba State. *International Journal of Waste Resource*, 10 (3), hal. 381-385.
- [2] Ren, G., Yang, L., Zhang, Z., Zhong, B., Yang, X., & Wang, X. 2017. A new green synthesis of porous magnetite nanoparticles from waste ferrous sulfate by solid-phase reduction reaction. *Journal of Alloys and Compounds*, 710, hal. 875-879.
- [3] 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.
- [4] Xue, Z., Zhong, Z., & Lai, X. 2020. Investigation on gaseous pollutants emissions during co-combustion of coal and wheat straw in a fluidized bed combustor. *Chemosphere*, 240, hal.12485.
- [5] 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.
- [6] Jawahar B. Z, Naresh V, Prithiviraj R, Vignesh C, Sugumaran J. 2019. Design and Fabrication of Fluidized Bed Incinerator. *Proceeding of International Conference on Systems Computation Automation and Networking*.



Zony Migra,
menyelesaikan studi S1
di Universitas Udayana,
program studi Teknik
Mesin pada tahun 2022

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi