

Studi Efisiensi Pembakaran Pada Pembakaran *Fluidized Bed* Limbah Medis

Febyoga Pratama Ginting, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Limbah medis merupakan limbah infeksius, sehingga perlu dilakukan pengelolaan limbah medis untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah medis tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah medis dengan menggunakan teknologi pembakaran *fluidized bed* untuk menghitung efisiensi pembakarannya. Pembakaran *fluidized bed* merupakan teknologi yang mampu mereduksi limbah medis menjadi abu serta memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan studi eksperimental untuk mengetahui pengaruh jenis partikel *bed material* (pasir silika, pasir alumina, dan pasir zeolit) terhadap efisiensi pembakaran pada pembakaran *fluidized bed*. Hasil penelitian ini menunjukkan pembakaran dari ketiga variasi *bed material* dengan ukuran diameter *bed material* 0,5 mm, pasir silika merupakan *bed material* yang memiliki efisiensi pembakaran tertinggi sebesar 96,73 %.

Kata Kunci : Efisiensi, Limbah Medis, Fluidized Bed, Pembakaran

Abstract

Medical waste is infectious waste, so it is necessary to manage medical waste to reduce the negative impact caused by medical waste. This study aims to reduce medical waste by using fluidized bed combustion technology to calculate its combustion efficiency. Fluidized bed combustion is a technology that is able to reduce medical waste to ash and has a high combustion efficiency. This study was conducted by applying experimental studies to determine the influence of bed material particles (silica sand, alumina sand, and zeolite sand) on combustion efficiency in fluidized bed combustion. The result of this study showed the combustion of the three variations of bed material with a diameter of bed material 0,5 mm, silica sand is a bed material that has the highest combustion efficiency of 96,73 %.

Keywords : Efficiency, Medical Waste, Fluidized Bed, Combustion

1. Pendahuluan

Limbah medis adalah limbah yang dihasilkan oleh institusi medis seperti rumah sakit, klinik, dan laboratorium). Limbah medis dikategorikan ke dalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan kode limbah A337-1 karena memiliki karakteristik infeksius, sehingga pengelolaan limbah medis yang tidak tepat dapat menyebabkan penyakit infeksi serta cedera di tempat kerja [1]. *Fluidized bed combustion* merupakan proses pembakaran dengan efisiensi pembakaran yang tinggi, sehingga dapat dicapai dengan rasio udara berlebih yang lebih rendah dan temperatur yang lebih rendah, serta memenuhi persyaratan pengolahan limbah medis [2]. Masalah utamanya adalah TPA limbah medis akan menyebabkan pencemaran lingkungan dan menimbulkan penyakit.

Dari beberapa teknologi pengelolaan limbah medis, teknologi pembakaran *fluidized bed* adalah pilihan yang tepat untuk diandalkan saat ini. Dimana pembakaran *fluidized bed* dapat mengurangi limbah infeksius menjadi abu yang tidak dapat dikenali serta dapat mengurangi penimbunan sampah [3]. Namun kekurangan dari proses insinerasi limbah medis adalah menghasilkan gas beracun yang dapat merusak atmosfer seperti dioksin, furan, PAH [4,5]. Silika merupakan pasir yang memiliki kemampuan hidrofobik yang stabil [6].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis menguji pengaruh jenis partikel *bed material* terhadap efisiensi pembakaran pada pembakaran *fluidized bed*.

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh jenis partikel *bed material* terhadap efisiensi pembakaran pada pembakaran *fluidized bed* ?

Beberapa batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian antara lain : reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor unggun terfluidisasi; jenis partikel *bed material* yang digunakan adalah pasir silika, pasir alumina dan pasir zeolit; limbah medis mengacu pada limbah medis padat bukan logam, seperti; masker, kain kasa, spuit, botol dan selang infus; temperatur operasi pembakaran 650°C; ukuran *bed material* yang digunakan 0,5 mm.

2. Metode Penelitian

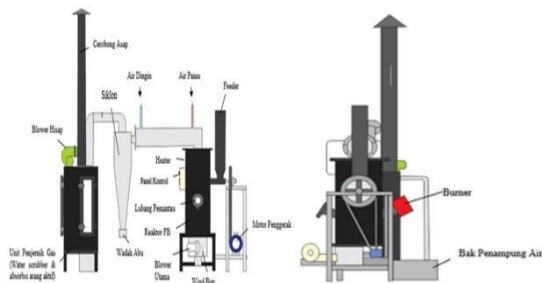
Dalam penelitian ini material yang digunakan berupa limbah medis padat bukan logam dengan berbagai partikel *bed material*, bahan bakar yang digunakan akan dicacah dan kemudian dimasukkan kedalam ruang pembakaran. Pencacahan dilakukan dengan memotong limbah medis padat non logam menjadi potongan-potongan kecil dan dilakukan proses pengeringan terlebih dahulu. Limbah

medis yang telah dicacah dimasukkan ke dalam ruang pembakaran melalui *feeder*, yang akan digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran *fluidized bed*.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Flow meter* : 1 buah
2. *Burner* : 1 buah
3. *Heater* : 3 buah
4. *Blower* : 3 buah
5. *Thermocouple* : 3 buah
6. *Thermostart* : 1 buah
7. *Water Scrubber* : 1 buah
8. *Gas Analyzer* : 1 buah

Penelitian dilakukan pada prototipe unit *fluidized bed combustion* (FBC) yang dirancang untuk menguji limbah medis di laboratorium. Diagram skema unit FBC yang akan dirancang dan alat ukur yang digunakan ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Skematik Reaktor *Fluidized Bed Combustion*

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Siapkan semua alat pengujian dan pastikan area pengujian bersih dan tidak ada asap di udara sekitar alat FBC.
2. Menguji karakteristik limbah medis.
3. Masukkan *bed material*.
4. Gunakan *blower* untuk menghembuskan udara dari dasar reaktor melalui nosel yang ada sampai *bed material* benar-benar terfluidisasi dengan baik.
5. Hidupkan burner untuk memanaskan *bed material* dalam reaktor hingga temperatur operasi mencapai 650°C.
6. Masukkan bahan bakar limbah medis yang telah dipotong-potong ke dalam ruang bakar, dimana telah ditentukan berat dan komposisinya.
7. Setelah pembakaran selesai dilakukan, hitung energi panas yang masuk dan energi panas yang keluar.
8. Kemudian hitung efisiensi pembakaran dari masing-masing jenis partikel *bed material*.
9. Gunakan pasir silika, pasir alumina, dan

pasir zeolit untuk poin pertama hingga poin delapan dalam penelitian.

10. Kesimpulan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Karakteristik Limbah Medis

Tujuan pengujian karakteristik limbah medis adalah untuk mengetahui kandungan bahan bakar limbah medis yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pengujian karakteristik limbah medis memerlukan 4 jenis pengujian, yaitu : analisis *proximate*, analisis *ultimate*, analisis nilai kalor, dan analisis *thermogravimetri* (TGA). Analisis *proximate* bertujuan untuk mengetahui kadar air, bahan mudah menguap, karbon tetap dan abu dari limbah medis.

Tabel 1 Hasil Uji *Proximate*

Bahan Bakar	Kadar Air (%)	Zat Volatil (%)	Karbon Tetap (%)	Kadar Abu (%)
Limbah Medis	0,54	95,67	0,41	3,38

Analisis *ultimate* merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui kandungan unsur kimia dalam limbah medis.

Tabel 2 Hasil Uji *Ultimate*

Bahan Bakar	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)
Limbah Medis	47,54	7,99	18,54	2,02	0,5

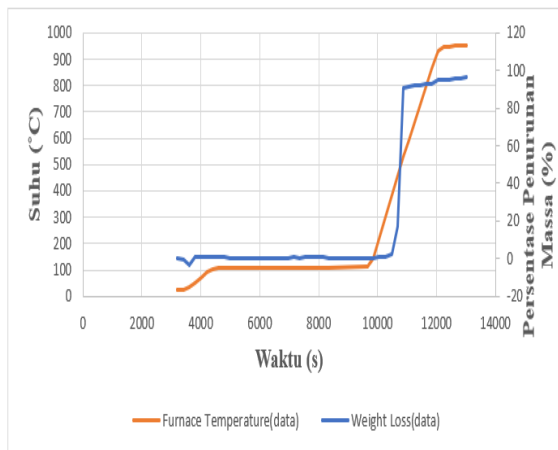
Analisis nilai kalor digunakan untuk mengetahui energi panas yang dilepaskan per satuan masa bahan bakar.

Tabel 3 Hasil Uji Nilai Kalor

Bahan Bakar	Berat Sampel 1 (gram)	Nilai Kalor Sampel Limbah Medis			
		Suhu (ΔT_2)		Nilai Kalor (Q_c)	
		T1 (°C)	T2 (°C)	Sampel (Cal/gr)	(MJ/gr)
Limbah Medis I	0,52389	30,569	33,104	8799,120	38,1474515
Limbah Medis II	0,52534	30,492	33,210	9423,604	

Thermo gravimetric analysis (TGA) adalah

pengujian yang digunakan untuk mengetahui perubahan sifat fisik dan kimia dari limbah medis dengan meningkatnya suhu.

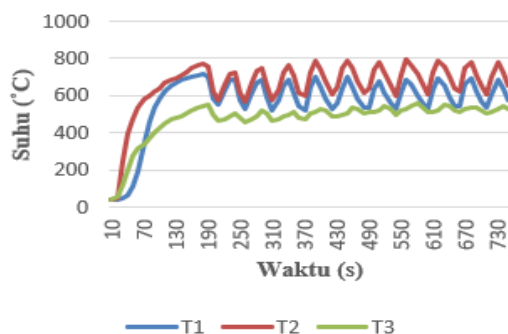


Gambar 2 Uji TGA Limbah Medis

Berdasarkan gambar grafik, hasil uji TGA di atas menunjukkan bahwa kualitas limbah medis berkurang pada suhu 200-800°C. bersamaan dengan itu, pada suhu 100°C akan terjadi proses pengeringan atau pengurangan kadar air dari limbah medis.

3.2 Grafik Distribusi Temperatur Pembakaran Bed Material Pasir Silika

Dalam pengujian ini, didapat suhu operasi reaktor (T_1 , T_2 , dan T_3) yang dibaca menggunakan termokopel yang dipasang secara vertikal dari atas ke bawah pada sisi reaktor. Dimana T_1 terdapat pada 10 cm diatas *bed material*, T_2 berjarak 10 cm diatas T_1 , dan T_3 berjarak 10 cm diatas T_2 . Berikut merupakan profil temperatur pembakaran limbah medis dari pembakaran *bed material* pasir silika yang terdapat pada gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3 Grafik Distribusi Temperatur Pembakaran Pasir Silika

3.3 Efisiensi Pembakaran Bed Material

Efisiensi pembakaran dihitung dengan

membandingkan kalor masuk dalam proses pembakaran dengan kalor yang keluar dalam proses pembakaran. Dimana efisiensi akan menunjukkan seberapa besar kalor yang dipergunakan dalam proses pembakaran.

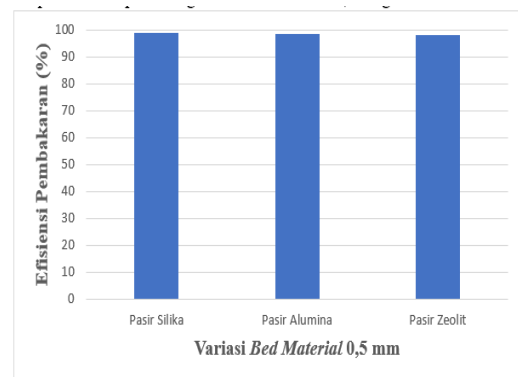
Dimana rumus efisiensi sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \times 100 \%$$

Tabel 4 Efisiensi Pembakaran

Variasi Bed Material (0,5 mm)	Q_{in} (MJ/s)	Q_{loss} (MJ/s)	Efisiensi Pembakaran (%)
Pasir Silika	55,5775	0,62356	98,87
Pasir Alumina	81,4975	1,31630	98,38
Pasir Zeolit	59,5195	1,05738	98,22

Dari data yang diperoleh sesuai dengan Tabel 4, maka diperoleh hasil efisiensi pembakaran pada masing-masing jenis partikel *bed material*. Hasil data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4 Diagram Efisiensi Pembakaran

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada pengaruh jenis partikel *bed material* terhadap efisiensi pembakaran pada pembakaran *fluidized bed* dapat disimpulkan bahwa :

- Pasir silika merupakan pasir yang memiliki efisiensi tertinggi pada suhu pembakaran 650°C yaitu sebesar 98,87 %. Sedangkan pada pasir alumina dan pasir zeolit secara berurutan sebesar 98,38 %, 98,22 %.

Daftar Pustaka

[1] Hossain, M. S., Santhanam, A., Nik

- Norulaini, N. A., & Omar, A. K. M., 2011, *Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment - A review*. Waste Management, 31(4), 754–766.
- [2] Duan, F., Wan, H., Han, Y., Chyang, C., Chen, H., & Tso, J., 2012, *Characteristics of fluidized bed combustion with intermittent feeding using woodblocks and rubber*. 2. Pollutant emissions. Energy and Fuels, 26(9).
- [3] Lee, C. C., & Huffman, G. L., 1996, *Medical waste management / incineration*. Journal of Hazardous Materials, 48(1-3), 1-30.
- [4] Schecter, A., Birnbaum, L., Ryan, J. J., & Constable, J. D., 2006, *Dioxins: An overview*. Environmental Research, 101(3), 419 - 428
- [5] Insa, E., Zamorano, M., & López, R., 2010, *Critical review of medical waste legislation in Spain. Resources, Conservation and Recycling*, 54(12),1048–1059.
- [6] Kobayashi, J., Kawamoto, K., & Kobayashi, N., 2019, *Effect of porous silica on the removal of tar components generated from waste biomass during catalytic reforming*. Fuel Processing Technology, 194(June), 106104.



Febyoga Pratama Ginting
menyelesaikan studi S1 di
Universitas Udayana, Program
Studi Teknik Mesin, Tahun
2021.

Konversi energi merupakan bidang penelitian yang
menjadi konsentrasi pada penelitian ini