

Karakterisasi Limbah Medis dan *Bed Material* Pasir Alumina Pada Pembakaran *Fluidized Bed*

Claudia Elsha Alvince, I Nyoman Suprapta Winaya, I Putu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penanganan masalah limbah medis penting untuk diperhatikan terutama dimasa pandemi Covid-19. Penelitian ini menunjukkan teknologi yang tepat untuk mengurangi volume dan sifat infeksius dari limbah medis adalah pembakaran menggunakan reaktor *fluidized bed*, dimana karakteristik limbah medis yang mengandung senyawa karbon sebanyak 47,54% dan kandungan yang mudah menguap tinggi, serta memiliki nilai kalor sebesar 38,147 MJ/kg dapat direduksi dikarenakan limbah bersentuhan dengan *bed material*, sangat mudah untuk mengolah limbah dengan kadar air tinggi dan bernilai kalor rendah. Selain itu, pada penelitian pasir alumina diameter 0,8 dapat mendistribusikan temperatur pada ruang bakar secara merata karena ukurannya yang lebih kecil dari 1,1 mm dapat berfluidisasi dengan baik serta lebih besar dari 0,2 dan 0,5 dapat mempertahankan panas lebih baik.

Kata kunci: Limbah Medis, Pembakaran, Fluidisasi, Pasir Alumina

Abstract

Handling the problem of medical waste is important to pay attention to, especially during the Covid-19 pandemic. This study shows the right technology to reduce the volume and infectious properties of medical waste are combustion using a *fluidized bed* reactor, where the characteristics of medical waste contain 47.54% carbon compounds and high volatile content, and have a heating value of 38.147 MJ / kg can be reduced because the waste is in contact with the *bed material*, it is very easy to treat waste with high moisture content and low calorific value. Also, in this research, 0.8 diameter alumina sand can evenly distribute the temperature in the combustion chamber because it size which is smaller than 1.1 mm can fluidize well and is greater than 0.2 and 0.5 can retain heat better.

Keywords: Medical Waste, Combustion, Fluidized Bed, Alumina Sand

1. Pendahuluan

Limbah medis sangat penting untuk dikelola secara baik dan benar karena berpotensi membahayakan lingkungan dan memiliki resiko bagi kesehatan masyarakat [1], selain itu mengingat kandungan limbah medis lebih banyak anorganik seperti plastik dan karet, yang memiliki sifat kadar air dan kandungan materi yang mudah menguap yang tinggi [2].

Saat ini pembakaran adalah cara mengatasi limbah medis yang tepat. Karena pembakaran terjadi padat temperatur tinggi dapat mengurangi limbah infeksius serta mereduksi volume limbah menjadi abu [3]. Hal ini menjadi penting ditengah daruratnya masalah penanganan limbah medis . Pada penelitian ini digunakan *fluidized bed combustor*.

Prinsip kerja dari *fluidized bed combustor* (FBCs) yaitu menggunakan media pengaduk berupa pasir sebagai *bed material*, hamparan pasir tersuspensi ke atas aliran udara, sehingga akan terjadi pencampuran yang homogen antara udara dengan butiran-butiran pasir tersebut. Turbulensi tinggi yang diciptakan meningkatkan pembakaran dan perpindahan panas yang efisien dan pencampuran yang merata [4]. Dalam hal ini digunakan pasir alumina sebagai *bed material* .

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik limbah medis dan pasir alumina dalam pembakaran dengan menggunakan reaktor *fluidized bed*. Adapun variasi dalam penelitian ini adalah diameter pasir alumina yaitu 0,2 mm; 0,5 mm; 0,8 mm; dan 1,1 mm.

2. Dasar Teori

2.1. Limbah Medis

Limbah medis mengacu pada setiap limbah yang dihasilkan dari industri perawatan kesehatan seperti rumah sakit dan laboratorium medis.

Termasuk limbah anatomi, limbah patologis, limbah infeksius, limbah berbahaya, dan limbah lainnya. Semua limbah yang tergolong ke dalam limbah B3 harus memiliki pengelolaan khusus agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar limbah B3 tersebut.

2.2. *Fluidized Bed Combustor*

Reaktor *fluidized bed* berkarakter proses lebih pendek yang melibatkan pengeringan, gasifikasi, dan pembakaran limbah. Hal ini dilakukan dengan membuat kondisi statis dimana hamparan pasir panas atau material semacamnya dicampur ke material dasar untuk menciptakan panas potensial.

Dikarenakan limbah bersentuhan dengan *bed material*, sangat mudah untuk mengolah limbah dengan kadar air tinggi dan bernilai kalor rendah. Selain itu, aliran limbah plastik dan sampah bernilai kalor tinggi lainnya menyebarkan panas secara merata di seluruh dasar ruang bakar.

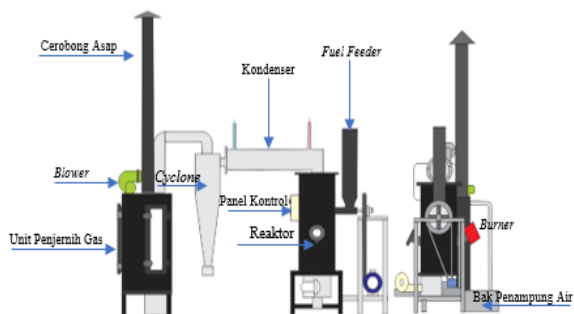
2.3. Pasir Alumina

Aluminium Oksida (Al_2O_3) atau yang sering dikenal alumina adalah substansi butiran berpori yang digunakan sebagai substrat untuk katalis dan sebagai adsorben untuk menghilangkan air dari gas dan cairan. Alumina berbentuk zat kristal putih atau hampir tidak berwarna, sifat fisik yang dimiliki alumina antara lain yaitu konduktivitas listrik rendah, ketahanan terhadap serangan kimia, kekuatan tinggi, kekerasan ekstrim, dan titik leleh tinggi [5].

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, limbah medis yang digunakan adalah spoit suntikan, masker, kasa, dan kantong infus yang telah dicacah. Pasir alumina yang digunakan melewati proses penyaringan menggunakan *wire mesh* untuk mendapatkan diameter yang diinginkan yaitu 0,2 mm; 0,5 mm; 0,8 mm; dan 1,1 mm. Pembakaran dilakukan pada temperatur operasi yaitu 650°C.

Gambar dibawah menampilkan skematik alat yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 1. Skematik *Fluidized Bed Incinerator*

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakterisasi Limbah Medis

Karakterisasi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui karakteristik limbah medis yang akan digunakan. Karakterisasi limbah medis dilakukan melalui beberapa pengujian yaitu uji *proximate* kalor dan *thermo gravimetric analysis* (TGA), analisis nilai kalor, dan uji *ultimate*.

- Uji *Proximate dan Thermo Gravimetric Analysis*

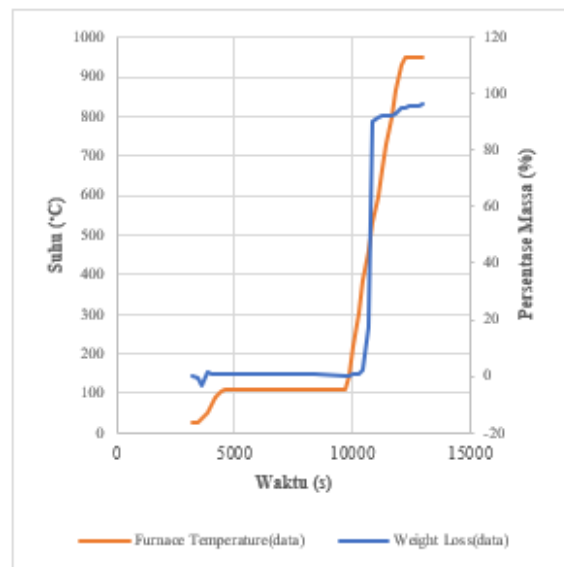
Uji *proximate* bertujuan untuk mengetahui unsur fisika dari bahan bakar sampah medis yang berupa kadar air (moisture), abu (ash), karbon tetap (fixed carbon) dan bahan menguap (volatile). Sedangkan *Thermo Gravimetric Analysis* atau uji TGA dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat fisik dan kimia dari bahan yang diukur sebagai fungsi

dari meningkatnya suhu. Uji *proximate* dan *Thermo Gravimetric Analysis* atau TGA diuji menggunakan alat Leco TGA701 dengan standar ISO-9001:2008 HQ-Q-994. Berikut adalah hasil uji *proximate* dan TGA dari limbah medis.

Tabel 1. Tabel Uji *Proximate* Bahan Bakar Limbah Medis

Bahan Bakar	Moisture (%)	Volatile (%)	Fixed Carbon (%)	Ash (%)
Limbah Medis	0,54	95,67	0,41	3,38

Dari tabel diketahui kadar air dari bahan bakar limbah medis sebesar 0,54%, kandungan abu 3,38%, karbon tetap 0,41%, dan kandungan yang mudah menguap sebesar 95,67%. Hal ini mengindikasikan bahwa limbah medis mudah terbakar dan sangat cocok untuk bahan bakar.



Gambar 2. Grafik TGA

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa pada 50 menit pertama terjadi proses pengeringan atau pengurangan kadar air dari limbah medis yaitu pada temperatur 120°C. Kemudian penurunan massa limbah medis terjadi pada temperatur 200-900°C Berdasarkan data pengujian TGA, pembakaran limbah medis dikontrol pada temperatur 650°C

- Analisis nilai kalor

Analisis Nilai Kalor digunakan untuk mengetahui jumlah energi panas yang terlepas untuk tiap satuan massa bahan bakar, pengujian ini juga dikenal dengan uji bom kalorimeter. Berikut adalah tabel hasil pengujian nilai kalor limbah medis. Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan alat *Parr 1341 Oxygen Bomb Calorimeter* dengan standar ASTM *Standard Test Method D5865*. Berikut adalah hasil pengujian nilai kalor dari limbah medis.

Tabel 2. Tabel Nilai Kalor Bahan Bakar Limbah Medis

Bahan Bakar	Berat Sampel (gram)	Nilai Kalor Sampel Limbah Medis			
		Suhu (ΔT_2)		Nilai Kalor (Q_c)	
		T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	Sampel (Cal/gr)	MJ/kg
Limbah Medis I	0,524	30,569	33,104	8799,120	38,147
Limbah Medis II	0,525	30,492	33,210	9423,604	

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa limbah medis memiliki nilai kalor sebesar 38,147 MJ/gr.

• Uji *Ultimate*

Uji *Ultimate* dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada limbah medis. Pengujian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui kebutuhan udara pembaruan. Berikut merupakan tabel kandungan unsur kimia dari limbah medis.

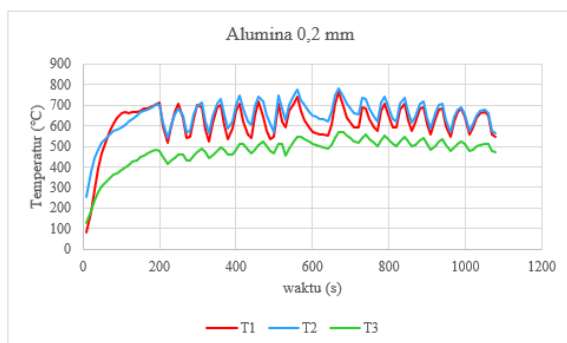
Tabel 3. Tabel Uji *Ultimate* Bahan Bakar Limbah Medis[6]

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

Berdasarkan tabel di atas diketahui limbah medis mengandung 47,54% karbon, 7,99% Hidrogen, 18,54% Oksigen, 2,02% Nitrogen, dan 0,5% Sulfur.

4.2. Distribusi Temperatur Ruang Bakar Pada Setiap Variasi Diameter

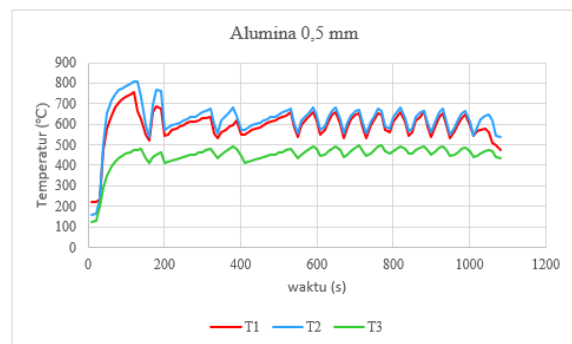
Digunakan 3 buah *thermocouple* yang diletakkan secara bertingkat didalam reaktor. *Thermocouple* 1 berada didasar reaktor untuk mengukur temperatur pada bed material kemudian secara berurutan dengan jarak setiap 10 cm untuk mengukur temperatur diatas bed material pada ruang bakar terdapat *thermocouple* 2 dan 3.



Gambar 3. Grafik Temperatur Diameter 0,2 mm

Grafik di atas menunjukkan pada variasi 0,2 mm pembakaran berlangsung pada rentang temperature 500°C-700°C dan stabil sampai pada limbah medis habis terbakar. Melihat pada data

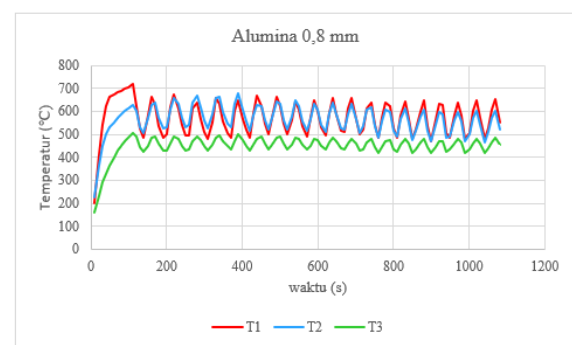
temperature 1 dan 2 yang relatif sama menunjukkan bahwa panas di dalam ruang bakar terdistribusi secara merata dikarenakan terjadinya fluidisasi dengan baik.



Gambar 4. Grafik Temperatur Diameter 0,5 mm

Grafik distribusi temperatur pada variasi 0,5 mm menunjukkan pada awal pembakaran terjadi lonjakan pada temperatur 2 mencapai 807,7 °C namun berikutnya terjadi penurunan temperatur. Kemudian pembakaran berlangsung pada rentang temperatur 500-680°C sampai limbah medis habis terbakar. Pada grafik di atas juga terlihat perbedaan temperatur 1 dan

2 yang kecil karena terjadi fluidisasi sehingga temperatur pada ruang bakar terdistribusi secara merata.

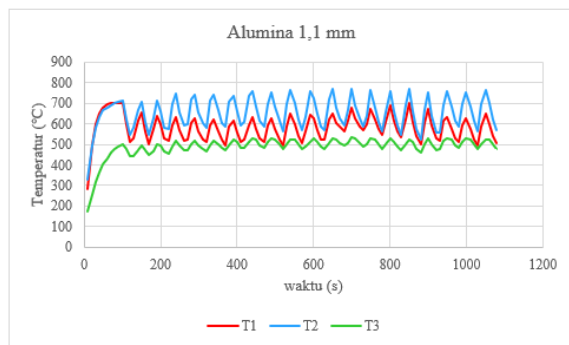


Gambar 5. Grafik Temperatur Diameter 0,8 mm

Grafik distribusi tekanan untuk variasi 0,8mm di atas menunjukkan di awal pembakaran temperatur 1 berada pada 716,6°C, kemudian turun dan berangsur stabil pada temperature 500-680°C. Pada variasi ini terjadi fluidisasi dengan sangat baik yang ditunjukkan pada data temperatur 1 yang relatif sama bahkan melebihi temperatur 2 dikarenakan bed material mengalami peristiwa *bubbling* dengan baik, sehingga distribusi temperatur pada ruang bakar juga merata yang mengakibatkan pembakaran lebih sempurna dan lebih cepat.

Berdasarkan grafik distribusi temperature pada variasi 1,1 mm terlihat bahwa pembakaran berlangsung pada rentang temperature antara 500-760°C, terjadi fluidisasi namun tidak sebaik yang terjadi pada variasi lainnya terlihat dari temperatur 1 dan 2 yang memiliki selisih cukup banyak pada rentang waktu 220 detik sampai 650 detik

mengindikasikan pembakaran kurang sempurna karena distribusi temperatur yang tidak merata.



Gambar 6. Grafik Temperatur Diameter 1,1 mm

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- Limbah medis memiliki kandungan yang mudah menguap sebesar 95,67%, dan kandungan senyawa karbon sebesar 47,54% serta memiliki nilai kalor sebesar 38,147 MJ/kg.
- Pasir alumina diameter 0,8 sebagai bed material dapat berfluidisasi dengan baik dibuktikan dengan temperatur pada ruang bakar terdistribusi secara merata karena ukurannya yang lebih kecil dari 1,1 mm dapat berfluidisasi dengan baik serta lebih besar dari 0,2 dan 0,5 dapat mempertahankan panas lebih baik sehingga pembakaran pada variasi ini lebih baik dan membutuhkan waktu yang relatif lebih cepat untuk mereduksi limbah medis.

Daftar Pustaka

- [1] Jang, Y.-C., Lee, C., Yoon, O.-S., & Kim, H., 2006, *Medical waste management in Korea*, Journal of Environmental Management, 80(2): 107–115.
- [2] Lee, C. C., & Huffman, G. L., 1996, *Medical waste management/incineration.*,

Journal of Hazardous Materials, 48(1-3): 1–30.

- [3] Winaya, I. N. S., 2012, *Fluidized Bed Combustion of High Volatile Matter Fuels – Porous Bed Material*, Heinrich-Bocking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG.
- [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] Anonymous, 2018, *Alumina Chemical Compound*, Encyclopaedia Britannica, inc <https://www.britannica.com/science/alumina> (diakses 07 September 2020)
- [6] Xie, R., Lu, J., Li, J., & Yin, J., 2010, *A Burning Experiment Study of an Integral Medical Waste Incinerator*, Energy and Power Engineering, 2(03), 175.

	<p>Claudia Elsha Alvince menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin, Tahun 2021.</p>
<p>Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi.</p>	