

# Karakterisasi Limbah Medis dan *Bed Material* Pasir Silika pada *Fluidized Bed Combustion*

Olan Rexcy Sanderan, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Lokantara  
*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

## Abstrak

Saat ini limbah medis menjadi masalah yang harus segera diatasi. Peningkatan volume limbah medis saat ini juga disebabkan oleh pandemi covid-19 yang masih terjadi sampai sekarang. Limbah medis dapat direduksi dengan berbagai cara salah satunya menggunakan pembakaran dengan teknologi *fluidized bed combustion* (FBC). Ukuran diameter *bed material* menjadi salah satu indikator dalam proses pembakaran karena mempengaruhi proses fluidisasi dalam ruang bakar. Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan studi eksperimental yang mencari karakteristik dari limbah medis dan *bed material* pasir silika pada pembakaran *fluidized bed*. Diameter *bed material* pasir silika akan divariasikan dengan ukuran 0.2 mm, 0.5 mm, 0.8 mm dan 1.1 mm. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, proses pembakaran terbaik terjadi pada ukuran diameter 0.2 mm hal ini dikarenakan ukuran *bed material* yang lebih kecil mampu terfluidisasi lebih baik sehingga temperatur ruang bakar dapat terdistribusi secara merata.

*Kata kunci: Limbah Medis, Pasir Silika, Pembakaran, Fluidisasi*

## Abstract

*Currently, medical waste is a problem that must be handled immediately. The current increase in the volume of medical waste is also caused by the Covid-19 pandemic which is still happening today. Medical waste can be reduced in various ways, one of which is combustion with fluidized bed (FBC) technology. The size of bed material diameter is an indicator in the combustion process because it affects the fluidization process in the combustion chamber. This research was conducted using an experimental study approach that looked for the characteristics of medical waste and silica sand bed material in fluidized bed combustion. The bed diameter of the silica sand material will be varied with sizes 0.2 mm, 0.5 mm, 0.8 m, and 1.1 mm. Based on the tests that have been done, the best combustion process occurs at a diameter of 0.2 mm. This is because the smaller bed material can fluidize better so that the temperature of the combustion chamber can be evenly distributed.*

*Keywords: Medical Waste, Silica Sand, Combustion, Fluidized Bed*

## 1. Pendahuluan

Pandemi covid-19 yang terjadi sampai saat ini berpengaruh terhadap kondisi lingkungan yang dapat disebabkan oleh limbah dari alat medis yang digunakan, Peningkatan limbah khususnya limbah medis adalah dampak dari adanya peningkatan kegiatan pada rumah sakit [1]. Pengelolaan limbah medis secara baik dan benar sangat penting karena berpotensi membahayakan lingkungan dan memiliki resiko bagi kesehatan masyarakat [2].

Limbah medis yang memiliki dampak berbahaya dapat dapat direduksi menggunakan insinerator. *Incinerator* dengan teknologi *Fluidized Bed* memiliki kelebihan untuk mencampur *bed material* dan massa limbah hingga dapat bersirkulasi penuh di dalam ruang bakar [3]. *Fluidized Bed Combustion* menggunakan hamparan berupa *bed material* yang pada umumnya ialah pasir silika, berfungsi sebagai media penghantar dan penyimpan panas di dalam ruang bakar dimana panas yang di simpan akan dihantarkan melalui kontak langsung dengan bahan bakar sehingga akan terjadi proses pembakaran. *Bed material* akan membantu pembakaran menjadi lebih baik karena pencampuran dengan bahan bakar yang baik, perpindahan panas yang tinggi serta kontak dengan area permukaan yang luas [4].

Pada pembakaran *fluidized bed*, ukuran diameter dari *bed material* akan mempengaruhi proses fluidisasi serta pembakaran dalam reaktor. Partikel *bed material* yang lebih besar tidak akan bercampur sebaik partikel *bed material* yang lebih kecil [5]. hal ini karena ukuran *bed material* akan mempengaruhi kebutuhan udara yang digunakan untuk proses fluidisasi dalam ruang bakar [6]. untuk partikel *bed material* yang lebih besar membutuhkan kecepatan fluidisasi minimum yang lebih tinggi sehingga rasio  $U/U_{mf}$  atau angka fluidisasi lebih rendah untuk kecepatan fluidisasi tertentu.

Oleh sebab itu, pada penelitian kali ini penulis akan menguji karakterisasi limbah medis dan *bed material* pasir silika dengan ukuran diameter 0.2 mm, 0.5 mm, 0.8 mm, serta 1.1mm menggunakan unit *fluidized bed combustion*.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Insinerator

Insinerator merupakan seluruh perangkat tertutup yang menggunakan nyala pembakaran yang terkontrol dan memenuhi kriteria untuk klasifikasi bagian bawah boiler, *output* sisa maupun hasil pembakaran, atau unit regenerasi karbon, juga tidak terdaftar sebagai tungku industri.

Insinerasi ialah proses konversi *biomass* atau limbah padatan apa pun menjadi panas menggunakan

teknologi pembakaran. Pada proses pengkonversian energi dengan teknologi FBC (*Fluidized Bed Combustion*), Awalnya ruang bakar dipanasi secara eksternal sampai mendekati temperatur operasi. Material hamparan (*Bed Material*) fluidisasi yang akan dipakai untuk mengabsorpsi panas adalah pasir silika. Pasir silika dan bara api bahan bakar bercampur dan mengalami turbulensi di dalam ruang bakar sehingga keseragaman temperatur sistem menjadi terjaga.

### 2.2. Bed Material

Material hamparan (*bed material*) yang digunakan pada *fluidized bed combustion* adalah pasir silika. Pasir silika yang telah panas memindahkan panas tersebut ke bahan bakar. Salah satu persyaratan yang harus dimiliki oleh *bed material* adalah nilai konduktifitas termal yang baik dan kalor jenis yang rendah dimana hanya membutuhkan energi yang sedikit untuk meningkatkan temperatur. Fungsi partikel dalam *fluidized bed combustion* ialah untuk membantu pembakaran di dalam ruang bakar dan membantu mempertahankan temperatur ruang bakar. Partikel-partikel tersebut harus mampu menjadi penahan *thermal shock* (lonjakan suhu). Partikel yang umumnya digunakan adalah pasir silika atau kuarsa, dengan ukuran partikel 20 - 50 mesh.

### 3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan menggunakan pendekatan studi eksperimental yang mencari karakteristik dari limbah medis dan *bed material* pasir silika pada pembakaran *fluidized bed* dan dibatasi dengan variabel variabel yang ada seperti dibawah ini:

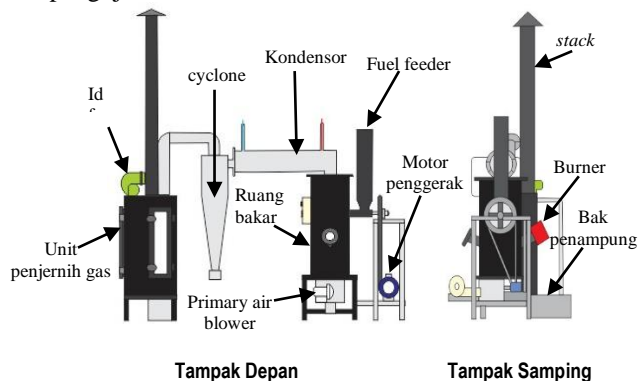
#### 1. Variabel bebas

Dalam penelitian ini variable bebas ialah variasi diameter dari *bed material* yang digunakan dengan ukuran 0.2mm, 0.5mm, 0.8mm dan 1.1mm.

#### 2. Variabel terikat

Dalam penelitian kali ini variabel terikat yang dipengaruhi oleh variabel bebas ialah distribusi temperatur ruang bakar.

Berikut merupakan gambar skematik dari alat *Fluidized Bed combustor* yang akan digunakan dalam pengujian.



Tampak Depan Tampak Samping  
Gambar 1. Skematik *Fluidized bed combustor*

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1 Karakterisasi Limbah Medis dan Pasir Silika

Sebelum pengujian dilakukan, limbah medis dan *bed material* akan dikarakterisasi terlebih dahulu. Karakterisasi pasir silika dilakukan menggunakan *wire mesh* dengan 4 hasil ukuran diameter yaitu 0.2mm, 0.5mm, 0.8mm dan 1.1mm. Sedangkan karakterisasi limbah medis dilakukan dengan 3 pengujian yaitu uji *proximate*, uji *Thermo Gravimetric Analysis (TGA)* dan uji nilai kalor. Namun sebelum dikarakterisasi, limbah medis akan dicacah terlebih dahulu hingga berukuran kecil.



Gambar 2 limbah Medis yang Sudah Dicacah

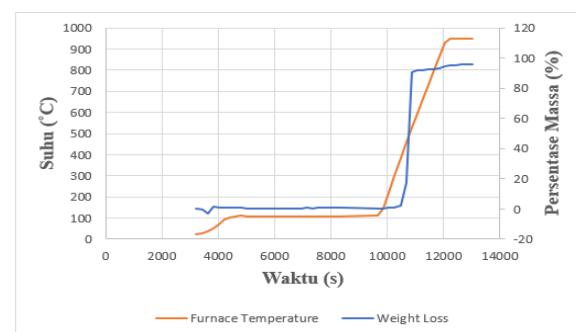
Uji *Proximate* dilakukan guna menentukan presentase kadar air (*moisture content*), zat yang mudah menguap (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed carbon*), dan kadar abu (*ash*) dari limbah medis. Uji *proximate* dilakukan menggunakan alat uji LECO TGA701 dengan standar ISO-9001:2008 HQ-Q-994 yang datanya ditampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1 Uji *Proximate* Limbah Medis

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

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan limbah medis memiliki kadar air sebesar 0,54%, zat volatile sebesar 95,67%, karbon tetap sebesar 0,41% dan kadar abu sebesar 3,38%. Kadar air yang rendah dan zat volatil yang tinggi mengindikasikan bahwa limbah medis mudah terbakar sehingga dapat dijadikan sebagai bahan bakar.

*Thermo gravimetric analisis (TGA)* adalah metode analisis thermal dimana perubahan dalam bentuk fisik dan kimia dari bahan bakar yang diukur sebagai fungsi dari meningkatnya suhu (laju pemanasan konstan). Hasil dari uji TGA digambarkan dalam bentuk grafik di bawah ini.



Gambar 3 Grafik TGA

Berdasarkan gambar 3, limbah medis akan mulai mengalami penurunan massa pada temperatur 200°C-900°C sedangkan pada temperatur 120°C kadar air pada limbah medis akan mulai berkurang.

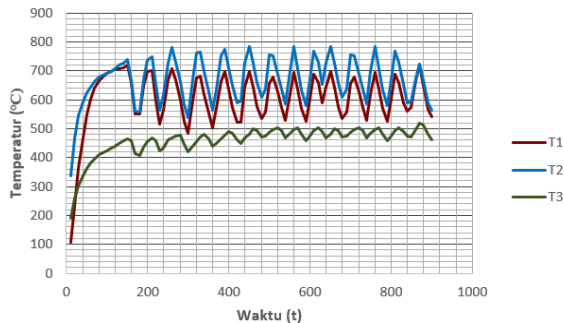
Analisis nilai kalor digunakan untuk mengetahui jumlah energi panas yang terlepas untuk tiap satuan massa bahan bakar. Pada pengujian ini, digunakan alat uji *Parr Oxygen Bomb Calorimeter* dengan *ASTM Standard Test Method D5865*. Berikut tabel dari analisis nilai kalor yang didapatkan.

**Tabel 2** Nilai Kalor Limbah Medis

Bahan Bakar	Massa Sampel (gram)	Nilai Kalor Sampel Limbah Medis				
		Suhu ( $\Delta T_2$ )		Nilai Kalor ( $Q_c$ )		
		T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	Sampel (Cal/gr)	Rata-Rata (Cal/gr)	(MJ/kg)
Limbah Medis I	0,52389	30,569	33,104	8799,120	9111,362	38,1474515
Limbah Medis II	0,52534	30,492	33,210	9423,604		

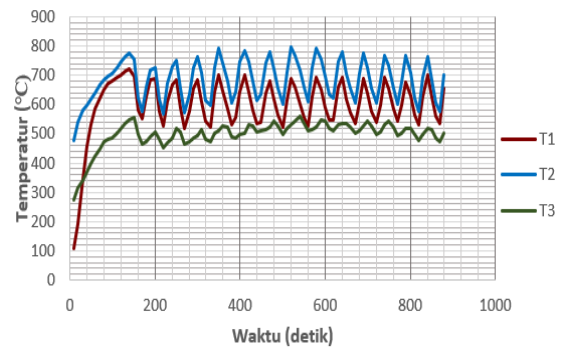
#### 4.2 Distribusi Temperatur Reaktor

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil berupa distribusi temperatur ruang bakar yang berbeda beda dari setiap variasi ukuran diameter *bed material*. 3 buah *thermocouple* yang digunakan diletakkan secara bertingkat di dalam reaktor. Distribusi temperatur reaktor pada setiap ukuran diameter *bed material* dengan rentang waktu selama 15 menit dapat digambarkan melalui grafik di bawah ini:



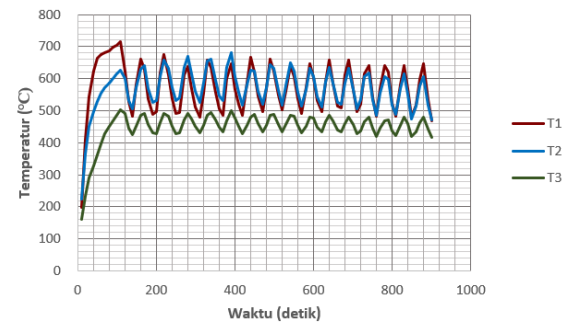
**Gambar 4.** Grafik distribusi temperatur pada variasi 0,2 mm

Gambar 4 menunjukkan grafik temperatur pembakaran pada ukuran diameter *bed material* 0.2 mm. pada diameter ini, sampah medis dapat terbakar dengan sangat baik dan stabil selama waktu pembakaran, salah satu penyebab temperatur yang tinggi pada reaktor disebabkan proses fluidisasi yang baik sehingga *bed material* yang menyimpan panas dapat dengan mudah membakar sampah medis di dalam ruang bakar.



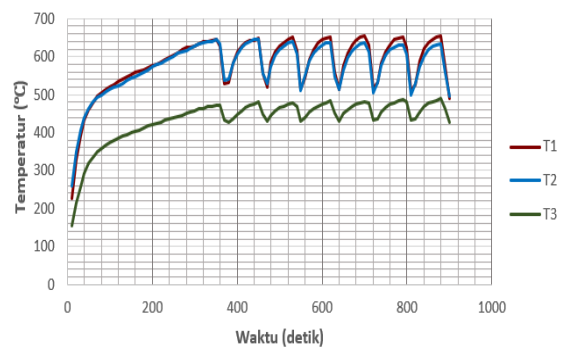
**Gambar 5.** Grafik distribusi temperatur pada variasi 0,5 mm

Gambar 5 menunjukkan grafik temperatur pembakaran pada variasi ukuran diameter *bed material* 0.5 mm. pembakaran yang terjadi pada variasi diameter 0.5 mm terpantau berlangsung dengan baik dimana temperatur pada ruang bakar menunjukkan nilai yang tinggi dan stabil selama pembakaran. Ukuran diameter yang tepat menyebabkan *bed material* lebih mudah terfluidisasi sehingga pembakaran yang terjadi akan jauh lebih baik.



**Gambar 6.** Grafik distribusi temperatur pada variasi 0,8 mm

Gambar 6 menunjukkan grafik temperatur pembakaran pada variasi ukuran diameter *bed material* 0.8 mm. Pada *thermocouple* 1 dan 2 menunjukkan setelah beberapa waktu awal pembakaran suhu reaktor tidak mampu kembali mencapai temperatur 700°C. Hal ini menunjukkan variasi ukuran diameter 0.8 mm tidak dapat memindahkan panas ke sampah medis sebaik variasi 0.5 mm dan 0.2 mm sehingga pembakaran yang terjadi tidak maksimal.



**Gambar 7.** Grafik distribusi temperatur pada variasi 1,1 mm

Gambar 7 menunjukkan grafik temperatur pembakaran pada variasi ukuran diameter *bed material* 1.1 mm yang cukup stabil namun masih memiliki persamaan dengan variasi 0.8 mm yaitu pada *thermocouple* 1 dan 2 temperatur yang tercatat tidak melebihi 700°C seperti pada variasi yang lain. Ukuran *bed material* yang lebih besar dari variasi lain menyebabkan fluidisasi yang terjadi tidak maksimal sehingga panas yang tersimpan pada *bed material* untuk membantu pembakaran sampah medis tidak berpindah sebaik variasi ukuran diameter yang lain.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan mengenai karakterisasi limbah medis dan *bed material* pasir silika pada *fluidized bed combustion* maka diambil kesimpulan bahwa :

- Berdasarkan hasil karakterisasi limbah medis dapat dijadikan sebagai bahan bakar sebab memiliki kadar air yang rendah dan zat volatil serta nilai kalor yang tinggi sehingga mudah terbakar.
- Pasir silika dengan diameter 0.2 mm dapat terfluidisasi lebih baik di dalam ruang bakar hal ini dapat dilihat dari distribusi temperatur yang lebih baik dibandingkan ukuran 0.5 mm, 0.8 mm dan 1.1 mm sehingga dapat lebih efektif dalam mereduksi limbah medis.

## Daftar Pustaka

- [1] Hidayah, E.N., (2007), *Uji Kemampuan Pengoperasian Insinerator Untuk Mereduksi Limbah Klinis Rumah Sakit Umum Haji Surabaya*, Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jatim. Jurnal Rekayasa Perencanaan, Vol. 4, No.1, Oktober 2007, Surabaya
- [2] Windfeld. Elliott Steen, Marianne Su-Ling Brooks. 2015. *Medical waste management: A review*. Journal of Environmental Management 163 : 98-108.
- [3] Jawahar, B. Z., et al. "Design and Fabrication of Fluidized Bed Incinerator". 2019 *IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN)*. IEEE, 2019.
- [4] Zhong, Y., Wang, Z., Guo, Z., & Tang, Q. (2013). *Prevention of agglomeration /defluidization in fluidized bed reduction of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by CO: The role of magnesium and calcium oxide*. Powder technology, 241, 142-149.
- [5] Lin, C. L., Peng, T. H., & Wang, W. J. (2011). *Effect of particle size distribution on agglomeration/defluidization during fluidized bed combustion*. Powder technology, 207(1-3), 290-295.

- [6] Sudarmanta, B., Wijayanto, R. M., Syaifudin, A., & Nugroho, G. (2017). *Studi numerik pengaruh diameter bed material terhadap karakteristik fluidisasi pada circulating fluidized bed boiler beban 28, 6 MW*. Dalam Seminar Nasional Teknik Mesin (Vol. 12).

