

Studi Pendahuluan Penangkapan Dioksin/Karbon Sampah Medis Pada Pembakaran *Fluidized Bed* Menggunakan *Bed Material* Pasir Zeolit Alam

I Made Bagus Panji Aditya, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Lokantara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

*Sampah medis adalah salah satu sumber pencemaran lingkungan di Indonesia setelah pemukiman dan industri. Insinerator adalah sebuah teknologi pengolahan limbah medis yang dapat digunakan untuk memusnahkan komponen berbahaya. Namun gas hasil pembakaran sampah medis masih banyak mengandung karbon yang berbahaya bagi lingkungan. Karbon merupakan gas yang dianggap berbahaya jika dihirup oleh makhluk hidup. Selain itu, gas karbon juga dianggap sebagaipemicu utama terjadinya efek rumah kaca yang akhirnya menimbulkan pemanasan global. Agar karbon tersebut tidak dilepas ke udara langsung maka dilakukan penangkapan karbon menggunakan material berpori melalui pembakaran *fluidized bed*. Penelitian ini menguji penangkapan dioksin/karbon sampah medis pada pembakaran *fluidized bed* menggunakan *bed material* pasir zeolit alam. Pembakaran pasir zeolit tanpa bahan bakar sampah medis kandungan gas hasil pembakaran dengan media O_2 pada temperatur $600^{\circ}C$ adalah CO (Karbon Monoksida) sebesar 0,033%, CO_2 (Karbon Dioksida) sebesar 0,02% dan HC (Hidrokarbon) sebesar 111 ppm vol. Sedangkan pada saat pembakaran dengan bahan bakar sampah medis gas hasil pembakaran dengan media O_2 pada temperatur $600^{\circ}C$ kandungan dioksin/karbon yg berhasil ditangkap adalah CO sebesar 15%, CO_2 sebesar 20% dan HC sebesar 4262 ppm vol.*

Kata kunci: Penangkapan Karbon, Sampah medis, Fluidized bed, Bed Material, Pasir zeolit alam

Abstract

*Medical waste is one of the sources of environmental pollution in Indonesia after settlement and industry. Incinerator is a waste treatment technology that can destroy harmful components. But the gas from combustion waste still contains carbon which is dangerous for the environment. Carbon is a gas that is considered dangerous if inhaled by living things. In addition, carbon gas is also considered as the main trigger of greenhouse gases that ultimately lead to global warming. So that carbon is not released into the air, carbon capture is carried out using porous material through the combustion of *fluidized beds*. This research examines the capture of dioxin / carbon medical waste in the combustion of *fluidized beds* using natural zeolite sand *bed material*. Combustion of zeolite sand without medical waste fuel combustion gases with O_2 media at a temperature of $600^{\circ}C$ are 0,033% of CO (Carbon Monoxide), 0,02% of CO_2 (Carbon Dioxide) and 111 ppm vol. of HC (Hydrocarbons). When burning with medical waste fuel the combustion gas with O_2 media at a temperature of $600^{\circ}C$ the content of dioxin / carbon captured was 15% CO, 20% CO_2 and HC 1959 ppm vol.*

Keywords: Carbon capture, medical waste, fluidized bed, bed material, natural zeolite sand.

1. Pendahuluan

Limbah medis merupakan limbah yang bersifat infeksi dan juga dapat menyebabkan kematian. Limbah medis dihasilkan dari kegiatan rumah sakit atau lembaga kesehatan lainnya dalam bentuk padat, cair, dan gas. Oleh sebab itu, limbah medis merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan di Indonesia setelah pemukiman dan industri [1].

Insinerator adalah teknologi pengolahan limbah medis yang digunakan untuk memusnahkan komponen berbahaya [2]. Volume limbah berupa abu yang dihasilkan dari proses reduksi sebesar 5 –15% yang selainnya menghasilkan energi. Pada suhu pembakaran $1200^{\circ}C$ hal tersebut dapat diperoleh secara bersamaan, sehingga insinerasi dianggap sebagai salah satu cara mengolah limbah yang ideal[3].

Dewasa ini limbah medis di Indonesia masih banyak mengalami penimbunan yang belum layak

untuk ditimbun dan juga menghasilkan gas hasil pembakaran yang mengandung unsur berbahaya [3].

Saat ini pengolahan sampah medis belum maksimal. Karena pada pengoperasian alat insinerator masih tetap menghasilkan gas buang yang mengandung dioksin/karbon.

Oleh sebab itu, dioksin/karbon tersebut sebaiknya ditangkap menggunakan material berpori [5]. Partikel berpori menangkap material yang mudah menguap pada suhu tinggi (efek kapasitansi); deposit karbon terbentuk dalam pori-pori pasir zeolit alam [6]. Oleh sebab itu pada penelitian ini penulis menguji penangkapan dioksin/karbon sampah medis pada pembakaran *fluidized bed* menggunakan *bed material* pasir zeolit alam.

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah berapa besar dioksin/karbon yang berhasil ditangkap oleh *bed material* pasir zeolit alam pada proses pembakaran *fluidized bed* sampah medis ?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fluidized bed*.
2. Limbah yang dimaksud adalah seluruh limbah rumah sakit non logam.
3. Parameter yang di uji pada penelitian ini adalah penangkapan dioksin/karbon sampah medis pada pembakaran *fluidized bed* menggunakan *bed material* pasir zeolit alam.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan berupa sampah medis padat dengan variasi temperatur, bahan bakar yang akan digunakan akan melalui proses pencacahan sebelum dimasukkan kedalam tabung reaktor.

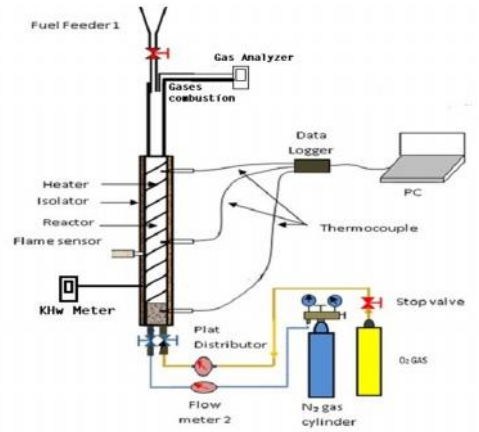
Pencacahan dilakukan dengan cara menggiling bahan bakar sampah medis padat yang telah dikeringkan sebelumnya. Sampah medis yang sudah digiling kemudian dimasukkan ke *feeder* yang selanjutnya akan dijadikan bahan bakar dalam proses insinerasi *fluidized bed*.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- | | |
|------------------|----------|
| a. Flow meter | : 2 buah |
| b. Flame Sensor | : 1 buah |
| c. Heater | : 2 buah |
| d. Thermo start | : 1 buah |
| e. Thermo couple | : 3 buah |
| f. Gas Analyzer | : 1 buah |

Penelitian dilakukan pada unit insinerasi skala kecil yang didesain untuk keperluan laboratorium. Diagram skematik unit FB yang akan didesain serta alat ukur yang dipakai dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini

Pada proses pengkonversian energi dengan teknologi FB, material hamparan pasir zeolit dimasukkan dalam *combustor* dengan ketinggian 10 cm, fluidisasi dilakukan dengan menggunakan gas, umumnya menggunakan gas oksigen (O_2) dan nitrogen (N_2), namun dalam penelitian ini menggunakan udara lingkungan yang mempunyai kadar oksigen (O_2) 21 %. Gas nitrogen (N_2) digunakan untuk menetralsir keadaan didalam *combustor*. Reaktor dipanasi secara eksternal mencapai temperatur operasi yang diinginkan, setelah mencapai temperatur tersebut bahan bakar limbah medis dimasukkan dalam *combustor*. Partikel fluidisasi yang lumrah dipakai untuk menyerap panas pembakaran adalah pasir zeolit. Pengujian dan analisis meliputi, analisis terhadap gas hasil pembakaran yang terjadi selama pembakaran. Gambar 1 menunjukkan skema dan bagian-bagian dari alat insinerator *fluidized bed*.



Gambar 1 Skema alat Incinerator *Fluidized Bed*

Adapun langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Siapkan semua peralatan pengujian dan pastikan tempat melakukan penelitian bersih dan udara sekitar tempat penelitian bebas dari asap yang bukan dari unit FB.
2. Masukkan bahan material hamparan pasir zeolit alam kedalam *Bed*.
3. Pengujian kandungan dioksin/karbon dari pasir zeolit alam dengan pembakaran pada suhu $600^{\circ}C$ sebelum dimasukkan bahan bakar limbah medis lalu mengambil sampel gas hasil pembakaran.
4. Masukkan bahan bakar sample limbah medis yang sudah dicacah (massa dan komposisi bahan bakar sudah ditentukan).
5. Hembuskan gas nitrogen (N_2) untuk memberikan perlakuan pirolisis terhadap bahan bakar sampah medis.
6. Setelah diberikan perlakuan pirolisis dalam waktu 120 menit dengan variasi temperatur pirolisis 200° , 300° , 400° , 500° , 600° , hembuskan gas O_2 , dan mengatur kecepatan fluidisasi dengan mengatur/menyetting angka yang ada pada alat *Flow meter* sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.
7. Tampung gas hasil penelitian dalam tabung.
8. Kemudian catat hasil emisi gas buang yang dihasilkan.
9. Lakukan poin 1 sampai 7 pada penelitian dengan waktu pengambilan data pada pembakaran 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit.
10. Kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Karakteristik Sampah Medis

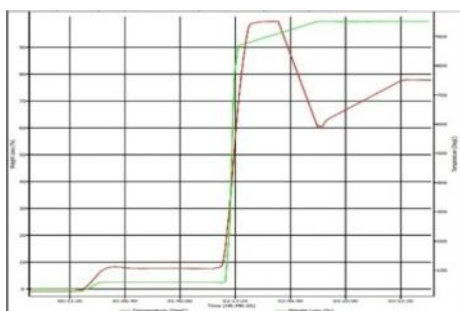
Pengujian bahan bakar bertujuan untuk mengetahui kandungan bahan bakar sampah medis

yang akan digunakan pada penelitian. Pengujian sampah medis dilakukan dalam 2 pengujian yaitu analisis proxymate dan thermo gravimetric analisis (TGA). Analisis 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). Pada tabel 1 berikut adalah hasil dari uji proxymate sampah medis.

Tabel 1 Hasil Uji Proxymate

Nama	Moisture (%)	Volatile (%)	Ash (%)	Fixed Carbon (%)
Limbah Medis	2.51	92.24	0.29	4.96

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 dibawah ini.



Gambar 2 Grafik TGA

Dari hasil uji TGA yang digambarkan pada grafik diatas menunjukkan bahwa penurunan massa sampah medis terjadi pada temperatur 200-600°C sedangkan pada temperatur 120°C terjadi proses pengeringan atau pengurangan kadar air dari sampah medis tersebut.

3.2. Pengujian Kandungan Karbon Bed Material Pasir Zeolit Alam

Pada penelitian ini pengujian kandungan karbon bed material pasir zeolit alam dilakukan dengan pembakaran bed material tersebut pada temperatur 600°C. Gas hasil pembakaran diuji dengan menggunakan alat gas analyzer uji emisi. Berikut adalah hasil uji gas hasil pembakaran bed material pasir zeolit alam. Pada tabel 2 dibawah ini dapat dilihat persentase karbon pada pasir zeolit alam.

Tabel 2 Hasil Uji Pembakaran Bed Material

Temperatur Pembakaran	Persentasi Kandungan Karbon		
	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm vol)
600	0,033	0,02	111

3.3. Data Hasil Pengujian Penangkapan Karbon Pembakaran Sampah Medis

Pengujian dari penangkapan gas hasil pembakaran sampah medis oleh bed material pasir zeolit alam dilakukan dengan alat gas analisis uji emisi. Gas yang di uji adalah gas pembakaran dari bed material pasir zeolit alam yang telah menyerap/menangkap karbon hasil pembakaran sampah medis tersebut. Berikut data hasil pengujian gas hasil pembakaran. Pada tabel 3 dibawah ini dapat dilihat persentase kandungan karbon hasil pengujian dari penangkapan karbon sampah medis

Tabel 3. Data hasil pengujian gas pembakaran

Variasi Temperatur (°C)	Persentase Kandungan Karbon		
	CO (%)	CO ₂ (%)	HC (ppm vol)
200	14.691	17.87	4222.5
300	14.125	14.91	3240.5
400	14.484	16.46	4323.2
500	14.575	13.4	17855.7
600	15	18.3	2378.7

Persentase kandungan karbon yang terdapat pada gas hasil pengujian bed material pasir zeolit alam dengan bahan bakar sampah medis yang tertinggi adalah pada variasi temperatur 600°C dengan pengambilan data pada menit ke 45.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan penangkapan dioksin/karbon sampah medis pada pembakaran fluidized bed dengan menggunakan bed material pasir zeolit alam, disimpulkan bahwa :

Bed material pasir zeolit alam berhasil menangkap dioksin/karbon sampah medis pada pembakaran fluidized bed. Dapat dikatakan berhasil karena pada pengujian pembakaran pasir zeolit tanpa bahan bakar sampah medis kandungan gas hasil pembakaran dengan media O₂ pada temperatur 600°C adalah CO (Karbon Monoksida) sebesar 0,033%, CO₂ (Karbon Dioksida) sebesar 0,02% dan HC (Hidrokarbon) sebesar 111 ppm vol. Sedangkan pada saat pembakaran dengan bahan bakar sampah medis gas hasil pembakaran dengan media O₂ pada temperatur 600°C kandungan dioksin/karbon yg berhasil ditangkap adalah CO sebesar 15%, CO₂ sebesar 20% dan HC sebesar 4262 ppm vol.

5. Daftar Pustaka

[1] Adriyani, Retno. 2013. **Incenerator Pengelolaan Limbah Program Studi Kesehatan Masyarakat**. Universitas Airlangga Surabaya. Tersedia pada <https://slideplayer.info/slide/3674747/>. (Diakses pada 20 Maret 2019)

- [2] Pratiwi, R. & Dahani, W. 2015. **Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenis Hdpe Menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin.** Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [3] Saragih, J. L., & Herumurti, W. 2013. **Evaluasi Fungsi Insinerator Dalam Memusnahkan Limbah B3 di Rumah Sakit TNI Dr. Ramelan Surabaya.** Jurnal Teknik Pomits, 2:138-143.
- [4] Hidayah, Euis Nurul. 2007. **Uji Kemampuan Pengoperasian Insinerator untuk Mereduksi Limbah Klinis Rumah Sakit Umum Haji Surabaya.** Jawa Timur. Jurnal Rekayasa Perencanaan.
- [5] Winaya, I. N.S. & Shimizu, T. 2007. *Reduction of the Volatile Matter Evolution Rate from a Plastic during Bubbling Fluidized Bed Pyrolysis by Using Porous Bed Material.* Chem. Eng. Techno., 30, 1003-1009.
- [6] 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.*



I Made Bagus Panji Aditya
Telah menyelesaikan studi program sarjana di Teknik Mesin, Universitas Udayana pada tahun 2019. Degan topik penelitian yang diminati adalah Konversi Energi.