

# Kajian Analitis Kebutuhan Bahan Bakar Gas Insinerator Limbah Medis *Dual Chamber* Dengan Variasi Temperatur Pada *Chamber* Kedua

I Made Pujanu Ary Shantika, I Nyoman Suprapta Winaya, I Wayan Arya Darma, dan I Putu Angga Yuda Pratama

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui laju bahan bakar gas dari insinerator limbah medis *dual chamber fix grate* dengan memvariasi temperatur pembakaran pada ruang bakar kedua yang telah ditentukan dan dapat memberi efek langsung terhadap pengolahan limbah medis. Setiap sampel limbah medis yang digunakan seberat 1 kg yang terdiri dari masker, kantong infus, spuit, latex dan kasa. Proses insinerasi dilakukan pada temperatur ruang bakar pertama sebesar 800 °C, dengan durasi pembakaran selama 3 menit, dan aliran oksigen sebesar 23,07 liter/menit. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali dengan variasi temperatur pembakaran ruang bakar kedua berurutan-turut yaitu: 950 °C, 1000 °C, 1050 °C, dan 1100 °C. Hasil penelitian menunjukkan, nilai laju konsumsi bahan bakar gas tertinggi berada pada variasi keempat, yaitu sebesar 7,33 kg/jam. Sedangkan laju konsumsi bahan bakar gas terendah pada variasi pertama, sebesar 6,15 kg/jam.

**Kata Kunci:** *Insinerator Dual Chamber Fix Grate, Temperatur, Ruang Bakar Kedua, Performansi, Laju Konsumsi Bahan Bakar*

## Abstract

This research was conducted to determine the gas fuel consumption rate of a dual chamber fixed grate medical waste incinerator by varying the combustion temperature in the second combustion chamber, which has been predetermined and can have a direct effect on medical waste treatment. Each sample of medical waste used weighed 1 kg and consisted of masks, infusion bags, syringes, latex, and gauze. The incineration process was carried out at a temperature of 800 °C in the first combustion chamber, with a burning duration of 3 minutes and an oxygen flow rate of 23.07 liters/minute. The testing was performed four times with sequential variations of combustion temperatures in the second combustion chamber: 950 °C, 1000 °C, 1050 °C, and 1100 °C. The research results showed that the highest gas fuel consumption rate occurred in the fourth variation, amounting to 7.33 kg/hour. Meanwhile, the lowest gas fuel consumption rate was observed in the first variation, at 6.15 kg/hour.

**Keywords:** *Fix Grate Dual Chamber Incinerator, Temperature, Second Combustion Chamber, Performance, Fuel Consumption Rate*

## 1. Pendahuluan

Limbah medis merupakan hasil buangan dari suatu aktivitas medis yang umumnya telah terkontaminasi oleh bakteri, virus, racun, dan bahan radioaktif yang berpotensi berbahaya bagi manusia maupun makhluk lain. Jika tidak diolah dengan baik, limbah medis akan sangat berbahaya dan penyimpanan menjadi jalan terakhir apabila tidak dapat diolah secara langsung[1]. Jumlah limbah medis terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah rumah sakit dan berbagai fasilitas kesehatan di Indonesia. Menurut Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2021, Selama tahun 2017-2021, jumlah rumah sakit di Indonesia mengalami peningkatan

sebesar 9,6%. Pada tahun 2017 terdapat 2.776 rumah sakit yang meningkat menjadi 3.042 pada tahun 2021[2]. Oleh karena itu, limbah penting untuk mengolah limbah medis untuk menghindari pencemaran lingkungan dan penyebaran penyakit.

Dalam pengolahan limbah medis, metode yang paling umum digunakan di berbagai negara di dunia saat ini adalah insinerasi[3]. Alat yang digunakan dalam proses insinerasi yaitu insinerator yang merupakan tungku pembakaran dengan temperatur pembakaran mencapai 800°C hingga 1600°C yang digunakan untuk membakar limbah medis menjadi gas dan abu (*bottom ash* dan *fly ash*)[4]. Insinerator limbah medis dengan ruang bakar ganda(*dual*

*chamber*) merupakan salah satu teknologi untuk mengoptimalkan pembakaran sehingga dapat mengurangi emisi yang dapat menimbulkan pencemaran dan menghancurkan limbah dengan lebih efektif[5][6].

Namun dalam proses insinerasi dengan insinerator terdapat beberapa kekurangan, salah satunya yaitu konsumsi bahan bakar yang berlebihan. Hal ini dapat terjadi ketika tidak ada kontrol temperatur dan waktu siklus insinerasi yang tepat[7]. Temperatur memiliki peran yang sangat penting dalam proses insinerasi. Pada saat proses insenerasi dengan insinerator, temperatur harus selalu diperhatikan karena keberhasilan proses pembakaran ditentukan tergantung pada tercapainya temperatur yang diinginkan. Namun perlu dicatat bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan, pembakaran yang terjadi tentu semakin baik namun konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat[8].

Dilakukannya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar yang optimal pada proses pembakaran limbah medis menggunakan insinerator limbah medis *dual chamber*. Permasalahan yang akan dikaji meliputi pengaruh variasi temperatur pembakaran pada *chamber* kedua terhadap kebutuhan bahan bakar insinerator limbah medis *dual chamber*. Maka dari itu untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam menyelesaikan permasalahan ini, diberlakukan beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Proses insinerasi limbah medis dilakukan dengan alat insinerator limbah medis *dual chamber* berkapasitas bahan bakar padat sebesar 38,8 kg.
2. Data pengujian diambil dengan kondisi lingkungan yang diasumsikan *steady state*.
3. Kecepatan dari udara *blower* diasumsikan konstan.
4. Oksigen yang ditambahkan ke ruang bakar kedua disuplai pada satu titik.
5. Toleransi deviasi atau *error* dari nilai kecepatan udara *blower* pembakaran yang diizinkan yaitu berada pada rentang 0,01 – 0,2 m/s.

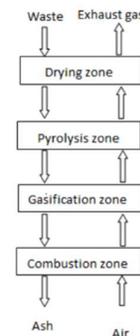
## 2. Dasar Teori

### 2.1. Limbah Medis

Limbah medis merupakan limbah infeksius dan berbahaya yang berasal dari berbagai aktifitas kesehatan baik itu rumah sakit maupun fasilitas kesehatan lainnya. Limbah ini harus dikelola dengan baik untuk mencegah terjadinya penularan infeksi bagi masyarakat di sekitar fasilitas kesehatan serta para tenaga kesehatan yang bekerja di dalamnya[9].

### 2.2. Insinerasi

Insenerasi adalah proses pembakaran yang dilakukan pada temperatur lebih dari 800°C, dengan tujuan untuk mengurangi volume dan massa dari limbah yang mudah terbakar serta sifat berbahaya dari limbah tersebut seperti bakteri, virus, dan kimia toksik. Insinerasi limbah medis merujuk pada proses pengolahan limbah medis yang mengandung bahan infeksius dengan menggunakan pembakaran bertemperatur tinggi, dalam suatu sistem yang terkontrol dan terisolir dari lingkungannya sehingga sifat berbahayanya dapat dihilangkan atau dikurangi[10]



Gambar 1. Skematik proses kerja pada insinerator

### 2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Insenerasi

Terdapat 3 faktor yang mempengaruhi proses insinerasi (3T) yaitu:

1. Temperatur

Temperatur pembakaran merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi nilai bakar (*heating value*) limbah dan bahan bakar tambahan dari luar, insinerator, suplai udara dan kontrol pembakaran. Proses pembakaran yang optimal memerlukan temperatur yang tinggi

untuk mencapai pembakaran yang sempurna.

2. Waktu (*Time*)  
Proses pembakaran yang sempurna memerlukan waktu tinggal yang cukup agar udara dan bahan bakar dapat beraksi dengan optimal.
3. Turbulensi  
Turbulensi pada proses pembakaran meliputi turbulensi dari pencampuran antara gas yang terbakar dan udara yang diperlukan untuk menjamin terjadinya reaksi yang cukup antara bahan bakar dan udara.

### 3. Metode penelitian

Dalam penelitian ini, metode pendekatan eksperimental diterapkan untuk mengidentifikasi kebutuhan bahan bakar dari insinerator limbah medis yang menggunakan dua ruang bakar.

Pengujian dilakukan dalam empat kali percobaan yang berbeda, dengan variasi temperatur pembakaran pada ruang bakar kedua berturut-turut sebesar 950°C, 1000°C, 1050°C, dan 1100°C. Pada pengujian ini, temperatur ruang bakar pertama dikontrol menjadi 800°C. Debit oxy-fuel yang digunakan pada ruang bakar kedua sebesar 23,077 liter/menit. Sampel limbah medis yang diujikan seberat 1 kg, durasi proses pembakaran limbah medis berlangsung selama 3 menit, durasi masuknya oksigen ke *chamber* 2 selama 3 menit, dan kecepatan udara blower input sebesar 10 m/s.

Berikut merupakan alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

#### 3.1. Alat

1. Insinerator limbah medis *dual chamber fix grate* sebagai alat utama untuk melakukan insinerasi.
2. Anemometer yang berfungsi untuk menghitung kecepatan udara dari blower *input* dan *output*.
3. Timbangan digital yang berfungsi untuk mengukur berat dari limbah medis, abu hasil insinerasi, dan tabung LPG.
4. Flowmeter yang berfungsi untuk mengukur laju aliran volume dari oksigen yang masuk pada ruang bakar kedua

5. *Timer* yang berfungsi untuk mengukur waktu dari proses insinerasi limbah medis.

6. Laptop sebagai alat untuk menampilkan dan menyimpan sekaligus mengolah data.

#### 3.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi limbah medis dengan komposisi yang tetap pada setiap sampel, oksigen, dan gas LPG.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian didapatkan kebutuhan bahan bakar gas paling tinggi berada pada temperatur pembakar ruang bakar kedua sebesar 1100°C dengan massa limbah medis seberat 1,258 kg dan massa abu hasil insinerasi seberat 0,086 kg selama 5 menit 38 detik. Hal ini disebabkan pada variasi ini menggunakan temperatur pada ruang bakar kedua yang paling tinggi sehingga memerlukan konsumsi bahan bakar gas untuk menyalakan *burner* lebih banyak yang dikarenakan waktu pemanasan ruang bakar yang lebih lama untuk mencapai temperatur yang telah ditentukan sebelum dilakukannya pembakaran limbah medis. Kebutuhan bahan bakar gas terendah didapatkan pada temperatur pembakar ruang bakar kedua sebesar 950°C dengan massa limbah medis seberat 1,231 kg dan massa abu hasil insinerasi seberat 0,086 kg selama 5 menit 25 detik. Hal ini disebabkan karena pada pengujian ini menggunakan variasi tempertur yang paling rendah sehingga waktu nyala *burner* saat proses pemanasan untuk mencapai temperatur yang diinginkan berlangsung singkat sehingga bahan bakar gas yang dibutuhkan lebih sedikit.

Setelah dilakukan pengujian, data yang diperoleh lalu diolah untuk mendapatkan laju konsumsi bahan bakar gas dan limbah medis. Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa laju konsumsi bahan bakar gas LPG meningkat seiring dengan peningkatan temperatur pembakaran pada ruang bakar kedua. Pada variasi temperatur pembakaran pada ruang bakar kedua sebesar 1100°C, diperoleh laju konsumsi bahan bakar gas paling tinggi yaitu 7,88 kg/jam. Meskipun demikian, pada variasi tersebut limbah medis mampu terbakar lebih cepat dibandingkan

variasi yang lain, dengan laju konsumsi limbah medis sebesar 18,78 kg/jam. Hal ini bisa terjadi dikarenakan temperatur yang telah mencukupi secara teoritis sehingga proses pembakaran yang terjadi lebih baik dibandingkan dengan variasi yang lain. Selain itu, dengan temperatur tersebut oksigen yang dialirkan ke ruang bakar kedua mampu bereaksi dengan baik selama proses pembakaran sehingga emisi gas yang dihasilkan menurun.

## 5. Kesimpulan

Pada penelitian ini, didapatkan bahwa peningkatan temperatur pada ruang bakar kedua berpengaruh pada laju konsumsi bahan bakar gas. Dengan meningkatnya temperatur ruang bakar kedua, maka waktu nyala burner semakin lama sehingga laju konsumsi dan kebutuhan bahan bakar gas pun semakin meningkat. Variasi temperatur pembakaran pada ruang bakar kedua sebesar 1100°C memiliki laju konsumsi bahan bakar gas paling tinggi yaitu 7,88 kg/jam dengan laju pembakaran limbah medis sebesar 19,036 kg/jam.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] A. M. Asrun, L. A. Sihombing, and Y. Nuraeni, "Dampak Pengelolaan Sampah Medis Dihubungkan dengan Undang- Undang No 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan dan Undang- Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," *PAJOUL (Pakuan Justice J. Law)*, vol. 1, no. 1, pp. 33–46, 2020.
- [2] Kemenkes RI, *Profil Kesehatan Indonesia 2021*. 2022.
- [3] Z. M. Shareefdeen, "Medical Waste Management and Control," *J. Environ. Prot. (Irvine, Calif.)*, vol. 03, no. 12, pp. 1625–1628, 2012, doi: 10.4236/jep.2012.312179.
- [4] R. D. Utami, O. DG, and M. M, "Meningkatkan Kinerja Incenerator Pada Pemusnahan Limbah Medis RSUD dr. Soetomo Surabaya," *J. Ilm. Tek. Lingkungan.*, vol. 7, no. 2, pp. 115–123, 2017, [Online]. Available: [http://eprints.upnjatim.ac.id/7207/1/7.\\_Rahayu%2C\\_Oka\\_dan\\_Mirwan.pdf](http://eprints.upnjatim.ac.id/7207/1/7._Rahayu%2C_Oka_dan_Mirwan.pdf)
- [5] A. Mngoma Omari, "Operating Conditions of A Locally Made Fixed-Bed Incinerator, a Case Study of Bagamoyo – Tanzania," *Int. J. Environ. Monit. Anal.*, vol. 3, no. 2, p. 80, 2015, doi: 10.11648/j.ijema.20150302.17.
- [6] Griselda González, Berenice Quintana, and Alfonso Espitia, "Incinerability Index of Municipal Solid Waste and Its Correlation with Carbon Monoxide and Nitrogen Oxides Emissions," *J. Environ. Sci. Eng. B*, vol. 6, no. 4, pp. 209–217, 2017, doi: 10.17265/2162-5263/2017.04.004.
- [7] S. V. Manyele, "Analysis of Medical Waste Incinerator Performance Based on Fuel Consumption and Cycle Times," *Engineering*, vol. 04, no. 10, pp. 625–635, 2012, doi: 10.4236/eng.2012.410080.
- [8] V. E. Matee and S. V. Manyele, "Analysis of Temperature Profiles and Cycle Time in a Large-Scale Medical Waste Incinerator," *Engineering*, vol. 07, no. 10, pp. 717–732, 2015, doi: 10.4236/eng.2015.710063.
- [9] M. Welliana, I. Efendi, and N. Aini, "Analisis Pengelolaan Limbah Medis di Puskesmas Kabupaten Aceh Timur," *J. Heal. Technol. Med.*, vol. 8, no. 1, pp. 216–227, 2022.
- [10] P. Pungut, M. Al Kholif, and A. A. P. N. Sugianto, "Pengaruh Tekanan Blower pada Proses Pembakaran Sampah Medis Menggunakan Insinerator Statis terhadap Kualitas Abu," *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 2601–2606, 2021, doi: 10.32672/jse.v7i1.3821.
- [11] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, "Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi)," *Modul Pelatih.*, vol. 1, no. 09, pp. 1–124, 2018.
- [12] M. Saleh and A. Hedén Sandberg, "IMPLEMENTATION OF OXYFUEL COMBUSTION IN A WASTE INCINERATION CHP PLANT : A Techno-Economic Assessment," no. June, 2021.

	<p><b>I Made Pujanu Ary Shantika</b> menyelesaikan studi di Universitas Udayana sejak tahun 2019 pada program sarjana jurusan Teknik Mesin. Topik penelitian yang diambil sebagai tugas akhir studi S1 mengenai performansi dari insinerator limbah medis.</p>
<p>Memiliki minat di bidang penelitian terkait topik-topik yang berkaitan dengan perpindahan panas dan topik yang berkaitan dengan termodinamika.</p>	
	<p><b>I Nyoman Suprpta Winaya</b> adalah seorang profesor di Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Udayana. menerima gelar Sarjana dari Universitas Udayana tahun 1994, gelar Master dari Dalhousie University Kanada dan gelar Ph.D dari Niigata University Jepang.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati terkait teknologi <i>fluidized bed, new and renewable energy</i>, pembakaran, gasifikasi, pirolisis, dan topik-topik yang berkaitan dengan manajemen energi.</p>	