

# Analisa Laju Konsumsi Bahan Bakar Gas LPG pada Insinerator Limbah Medis *Dual Chamber* dengan Variasi Durasi Waktu Injeksi Oksigen

I Ketut Sakya Sanatana, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma, I Putu Angga Yuda Pratama, dan I Gusti Ngurah Putu Tenaya

*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali*

## Abstrak

*Limbah medis termasuk dalam kategori limbah B3 yang memiliki tingkat bahaya yang tinggi dan berpotensi menimbulkan risiko terhadap kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, penanganan limbah medis harus dilakukan dengan serius dan sungguh-sungguh. Salah satu metode efektif untuk mengolah limbah medis, terutama yang termasuk dalam kategori limbah B3 berbahaya, adalah melalui proses insinerasi dengan alat yang bernama insinerator. Dalam metode ini, limbah medis diolah melalui proses pembakaran pada suhu yang sangat tinggi, dengan harapan dapat mengurangi limbah secara optimal. Pada penelitian ini dilakukan penambahan injeksi oksigen di ruang bakar kedua pada insinerator limbah medis dual chamber dengan memvariasikan durasi waktu injeksi oksigen dengan tujuan untuk mengetahui laju konsumsi bahan bakar gas LPG selama pembakaran. Penelitian ini dilakukan dengan tiga variasi durasi waktu injeksi oksigen yaitu selama 2 menit, 3 menit dan 4 menit dengan limbah medis seberat 1 kg. Proses insinerasi dilakukan pada temperatur chamber 1 sebesar 800 °C dan chamber 2 sebesar 1000 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi durasi waktu injeksi oksigen, suplai oksigen yang masuk ke ruang bakar kedua akan meningkat. Hal ini mengakibatkan penurunan laju konsumsi bahan bakar gas, di mana laju konsumsi bahan bakar gas paling optimal ditemukan pada variasi durasi waktu injeksi oksigen selama 4 menit, yaitu sebesar 6,17 kg/jam.*

*Kata Kunci: Insinerator Dual Chamber Fix Grate, Oxy-fuel*

## Abstract

*Medical waste falls under the category of hazardous waste, known as B3 waste, which poses a high level of danger and potential risks to health and the environment. Therefore, the handling of medical waste must be taken seriously and diligently. One effective method for managing medical waste, especially hazardous B3 waste, is through the process of incineration using a device called an incinerator. In this method, medical waste is treated through high-temperature combustion, aiming to achieve optimal waste reduction. In this study, oxygen injection was introduced into the second combustion chamber of a dual-chamber medical waste incinerator, with varying durations of oxygen injection. The objective was to determine the rate of LPG gas fuel consumption during the combustion process. The research conducted three variations of oxygen injection duration: 2 minutes, 3 minutes, and 4 minutes, using 1 kg of medical waste. The incineration process was carried out at a temperature of 800°C in chamber 1 and 1000°C in chamber 2. The results of the study indicated that as the duration of oxygen injection increased, the supply of oxygen entering the second combustion chamber also increased. This resulted in a decrease in the rate of gas fuel consumption. The most optimal rate of gas fuel consumption was found in the variation with a 4-minute duration of oxygen injection, which amounted to 6.17 kg/hour.*

*Keywords: Dual Chamber Fixed Grate Incinerator, Oxy-fuel.*

## 1. Pendahuluan

Limbah medis termasuk dalam kategori limbah B3 yang sangat berbahaya dan berpotensi menimbulkan risiko terhadap kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, penanganan limbah medis harus dilakukan dengan serius. Menurut Peraturan Pemerintah

Nomor 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, pengelolaan limbah B3 harus menggunakan metode yang aman dan ramah lingkungan, seperti metode pembakaran atau insinerasi [1].

Insinerasi adalah suatu metode pengolahan limbah yang melibatkan proses pembakaran dengan suhu lebih dari 800°C.

Tujuan dari proses ini adalah untuk mengurangi volume limbah yang mudah terbakar sehingga tidak dapat didaur ulang, serta untuk membunuh virus, bakteri, dan zat kimia berbahaya. Proses insinerasi dilakukan di dalam sebuah mesin yang disebut insinerator [2].

Insinerator yang dilengkapi dengan ruang bakar ganda memiliki keunggulan dalam meningkatkan efektivitas pembakaran dan mengurangi emisi yang dihasilkan [3]. Namun, penggunaan insinerator dengan ruang bakar ganda juga membutuhkan konsumsi bahan bakar gas yang tinggi [4]. Dalam upaya untuk mengoptimalkan pembakaran, penambahan oksigen pada proses pembakaran dapat meningkatkan puncak suhu di ruang bakar insinerator. Hal ini berkontribusi pada pengurangan konsumsi bahan bakar yang diperlukan oleh burner. Selain itu, suplai oksigen pada proses pembakaran juga dapat secara signifikan mengurangi emisi CO dan HC [5]. Bu, dkk, 2016 menyatakan bahwa partikel bahan bakar yang terpapar oksigen memiliki temperatur puncak yang lebih tinggi daripada yang terpapar udara konvensional. Hal ini menyebabkan pengurangan konsumsi bahan bakar gas yang digunakan [6].

Berdasarkan penelitian yang sudah dijelaskan di atas, oksigen digunakan dalam proses pembakaran untuk mengurangi emisi polutan yang dihasilkan dan mereduksi limbah medis, namun pemakaian oksigen yang berlebih akan meningkatkan biaya operasional yang diperlukan dikarenakan harga oksigen yang cukup mahal. Oleh karena itu, penentuan durasi waktu injeksi oksigen yang tepat perlu dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencapai pemusnahan limbah medis secara maksimal dengan konsumsi bahan bakar yang rendah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan durasi waktu injeksi oksigen pada ruang bakar kedua dari insinerator limbah medis dual chamber, dengan fokus pada laju konsumsi bahan bakar gas LPG. Untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan pembatasan masalah yang meliputi:

1. Pada penelitian ini, digunakan alat insinerator limbah medis dual chamber dengan kapasitas 38,8 kg untuk

melakukan proses pembakaran limbah medis.

2. Pengambilan data pengujian diasumsikan dilakukan dalam kondisi lingkungan steady state.
3. Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa kecepatan udara blower tetap konstan sepanjang percobaan.
4. Toleransi deviasi atau kesalahan dari nilai kecepatan udara blower pembakaran yang diperbolehkan adalah antara 0,01 hingga 0,2 m/s.
5. Oksigen yang ditambahkan ke ruang bakar kedua disuplai pada satu titik

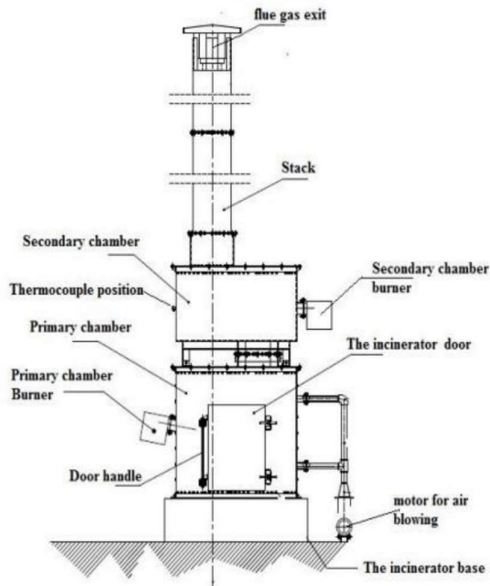
## 2. Dasar Teori

### 2.1. Limbah Medis

Limbah medis adalah salah satu jenis limbah yang termasuk dalam kategori limbah B3 yang memerlukan penanganan khusus dalam pengelolaannya. Jenis limbah medis mencakup limbah infeksius, limbah patologis, limbah benda tajam, limbah kimia, limbah farmasi, limbah sitotoksik, dan limbah radioaktif. Sesuai dengan ketentuan Kemenkes Nomor 1204 Tahun 2004, limbah medis dapat dikelompokkan menjadi tujuh kategori yang meliputi limbah infeksius, limbah patologis, limbah benda tajam, limbah kimia, limbah farmasi, limbah sitotoksik, dan limbah radioaktif [7].

### 2.2. Insinerator *Fixed Grate*

Insinerasi adalah proses termal oksidasi limbah padat yang dilakukan di dalam sebuah alat pembakaran yang disebut insinerator. Fixed grate insinerator adalah jenis insinerator konvensional yang memiliki grate yang tidak bergerak dan terletak di bagian bawah insinerator. Insinerator ini dilengkapi dengan jalur bukaan di bagian atas atau samping untuk memasukkan sampah, serta bukaan lainnya untuk memindahkan bahan yang tidak terbakar seperti abu dan logam. Di bawah grate terdapat ash pit, yang berfungsi sebagai tempat penampungan abu [8].



Gambar 1. Skematik insinerator *fixed grate*

### 2.3. Oxyfuel Combustion

Performa insinerator dapat ditingkatkan dengan penambahan oksigen. Oxyfuel combustion adalah proses pembakaran yang menggunakan oksigen murni dengan konsentrasi tinggi, mencapai 95%. Tujuan dari pembakaran dengan oksigen murni adalah mencapai pembakaran yang sempurna, di mana sebagian besar gas buang terdiri dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Hal ini memungkinkan pemisahan atau penangkapan CO<sub>2</sub> dari gas buang [9]. Meskipun peningkatan konsentrasi gas oksigen yang kecil, namun memiliki dampak yang signifikan pada operasi insinerator dan pengendalian zona pembakaran, terutama ketika menggunakan bahan bakar dengan nilai kalor yang relatif rendah [10].

### 3. Metode penelitian

Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari variabel tertentu terhadap variabel lainnya. Pengujian dilakukan menggunakan limbah medis seberat 1 kg. sebelum proses insinerasi dimulai, tabung gas LPG di timbang terlebih dahulu. Selanjutnya laju aliran massa oksigen diatur sebesar  $6,5 \times 10^{-4}$  kg/s dan kecepatan udara blower sebesar 10 m/s. Dilanjutkan mengatur temperatur ruang bakar pertama dan ruang bakar kedua sebesar 800°C dan 1000°C serta mengatur

variabel bebas yaitu durasi waktu injeksi oksigen 2 menit pada PLC. Ketika semua variabel sudah diatur, limbah medis dimasukkan ke dalam insinerator dan proses insinerasi dimulai. Setelah insinerasi selesai dilakukan, timbang kembali tabung gas LPG yang telah digunakan untuk mengetahui kebutuhan gas yang diperlukan, sehingga dapat menghitung laju konsumsi bahan bakar gas LPG. Pengujian serupa juga dilakukan untuk durasi waktu injeksi oksigen selama 3 menit dan 4 menit.

### 3.1. Alat

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Incinerator fix grate* limbah medis *dual chamber*.
2. Anemometer berfungsi untuk mengukur dan mengatur kecepatan udara blower.
3. Timbangan digunakan untuk mengukur berat tabung gas LPG, limbah medis, dan abu.
4. Flowmeter untuk mengukur laju aliran massa dari oksigen.
5. *Timer* untuk mengukur waktu insinerasi.
6. Laptop sebagai pembaca grafik temperatur dari bacaan untuk menampilkan dan menyimpan sekaligus mengolah data temperatur dari *data logger*.

### 3.2. Bahan

Bahan pada penelitian ini adalah limbah medis, oksigen dan gas LPG.

### 4. Hasil dan Pembahasan

Data hasil penelitian menunjukkan kebutuhan bahan bakar gas terendah terletak di variasi durasi waktu injeksi oksigen 2 menit sebesar 0,452 kg selama 4 menit 18 detik, hal ini dikarenakan durasi yang singkat. Begitu juga dengan variasi ketiga yang memiliki nilai kebutuhan bahan bakar gas yang tinggi sebesar 0,674 kg selama 6 menit 33 detik disebabkan durasi yang lama. Dengan menggunakan data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mendapatkan hasil laju konsumsi bahan bakar gas. Hasil perhitungan menunjukkan semakin tinggi durasi waktu injeksi oksigen maka laju konsumsi bahan bakar gas LPG menurun. Pada variasi durasi waktu injeksi oksigen 4 menit nilai konsumsi bahan bakar gas LPG terendah

sebesar 6,17 kg/jam. Rendahnya nilai konsumsi bahan bakar gas LPG disebabkan suplai oksigen yang masuk keruang bakar kedua lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya sehingga mengakibatkan puncak temperatur pada ruang bakar kedua juga meningkat dan waktu mati *burner* lebih lama karena puncak temperatur melebihi temperatur yang dikontrol.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa durasi waktu injeksi oksigen dapat mempengaruhi laju konsumsi bahan bakar gas LPG. Nilai laju konsumsi bahan bakar gas LPG menurun seiring meningkatnya durasi waktu injeksi oksigen, hal itu disebabkan waktu mati *burner* yang lebih lama karena puncak temperatur yang tinggi. Variasi durasi waktu injeksi oksigen 4 menit memiliki nilai laju konsumsi bahan bakar gas LPG terendah sebesar 6,17 kg/jam. Dengan demikian, hasil tersebut menunjukkan bahwa durasi waktu injeksi oksigen dapat menurunkan laju konsumsi bahan bakar gas LPG pada *burner* insinerator.

## Daftar Pustaka

- [1] P. R. Indonesia, “PP No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun,” 2014.
- [2] Sukamta, A. Wiranata, and Thoharuddin, “Pembuatan Alat Incinerator Limbah Padat Medis Skala Kecil,” *Semesta Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 147–153, 2017.
- [3] 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.
- [4] A. T. Lando, I. Djamaludin, A. N. Arifin, N. Oktorina, R. Danah, and M. F. Sulistyowati, “The Effectiveness of Incinerator at the Integrated Waste Treatment Plant in the Campus of Engineering Faculty-Hasanuddin University,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 875, no. 1, 2020.
- [5] Nidhi and K. A. Subramanian, “Experimental investigation on effects of oxygen enriched air on performance, combustion and emission characteristics of a methanol fuelled spark ignition engine,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 147, no. July 2018, pp. 501–508, 2019.
- [6] C. Bu et al., “Oxy-fuel combustion of a single fuel particle in a fluidized bed: Char combustion characteristics, an experimental study,” *Chem. Eng. J.*, vol. 287, no. March 2019, pp. 649–656, 2016.
- [7] R. Adhani, *Pengelolaan Limbah Medis*, vol. 44, no. 2. 2018.
- [8] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, “Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi),” *Modul Pelatih.*, vol. 1, no. 09, pp. 1–124, 2018.
- [9] M. Saleh and A. Hedén Sandberg, “Implementation Of Oxyfuel Combustion In A Waste Incineration CHP Plant: A Techno-Economic Assessment,” no. June, 2021.
- [10] R. Febyanasari, “Studi Numerik Karakteristik Aliran Dan Pembakaran Pada Tangentially Fired Pulverized Coal Boiler Dengan Menggunakan Oxy-Fuel Pada Kasus Coal Blending Antara Medium Rank Coal (MRC) Dan Low Rank Coal (LRC),” pp. 1–117, 2014.



Bidang penelitian yang diminati terkait teknologi mesin pembakaran dalam dan termodinamika



**I Nyoman Suprpta Winaya** merupakan seorang profesor di Program Studi Teknik Mesin, yang berada di Fakultas Teknik, Universitas Udayana. Meraih gelar Sarjana dari Universitas Udayana pada tahun 1994, gelar Master dari Dalhousie University di Kanada, dan gelar Ph.D. dari Niigata University di Jepang.

Bidang penelitian yang diminati adalah *new and renewable energy*, teknologi *fluidized bed*, pembakaran, gasifikasi, pirolisis dan *energy management*