

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Laju Udara Terhadap Kebutuhan Bakar Insinerator Limbah Medis *Dual Chamber*

I Gede Riski Ananta, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma dan I Putu Angga Yuda Pratama

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Studi eksperimental dilakukan pada insinerator limbah medis dual chamber yang bertujuan untuk mengetahui laju konsumsi dan kebutuhan bahan bakar limbah medis dan gas dengan variasi laju udara yang telah ditentukan. Sampel yang diuji merupakan sampel limbah medis dengan berat 1 kg untuk tiap sampel. Proses insinerasi ini dilakukan dengan durasi selama 3 menit pembakaran dan temperatur awal pada ruang bakar pertama diatur pada 800 °C serta temperatur awal ruang bakar kedua pada 1000 °C. Variasi laju udara yang digunakan pada penelitian ini yaitu 8,02 m/s, 10,05 m/s dan 12,06 m/s. Dari pengujian yang telah dilakukan, laju konsumsi bahan bakar limbah medis tertinggi diperoleh dengan variasi 10,05 m/s sebesar 19,04 kg/jam dan yang terendah yaitu pada variasi 8,02 m/s yaitu sebesar 18,66 kg/jam. Pada laju konsumsi bahan bakar gas mengalami penurunan dari variasi pertama hingga variasi ketiga dengan yang tertinggi yaitu 6,33 kg/jam dan yang terendah yaitu 6,13 kg/jam.

Kata kunci: Iinsinerator Dual Chamber, Suplai Udara, Laju Konsumsi Bahan Bakar

Abstract

An experimental study was conducted on a dual-chamber medical waste incinerator to determine the consumption rate and fuel requirements of medical waste and gas, with variations in the predetermined air flow rate. The tested samples consisted of 1 kg of medical waste for each sample. The incineration process was carried out for a duration of 3 minutes of burning, with an initial temperature set at 800°C in the first combustion chamber and an initial temperature of 1000°C in the second combustion chamber. The air flow rate variations used in this study were 8.02 m/s, 10.05 m/s, and 12.06 m/s. From the conducted tests, the highest consumption rate of medical waste fuel was obtained with the variation of 10.05 m/s, at 19.04 kg/h, while the lowest was at 8.02 m/s, at 18.66 kg/h. The consumption rate of gas fuel decreased from the first to the third variation, with the highest at 6.33 kg/h and the lowest at 6.13 kg/h.

Keywords: Dual Chamber Incinerator, Air Supply, Fuel Consumption Rate.

1. Pendahuluan

Sampah medis (*medical waste*) merupakan semua jenis sampah yang dihasilkan dari aktivitas yang berhubungan dengan kesehatan termasuk hal-hal yang menjadi sumber yang berhubungan langsung, seperti dari rumah sakit, klinik, panti jompo untuk orang tua, bank darah dan layanan pengumpulan, penelitian dan pengujian hewan laboratorium, dan pusat penelitian biomedis dan laboratorium [1]. Pengelolaan limbah medis memiliki potensi bahaya mulai dari tahap pengumpulan sampah, penampungan, pembuangan dan tahap pemusnahan. Beberapa dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh adanya limbah ini adalah terjadinya pencemaran yang berdampak pada penurunan kualitas lingkungan dan kesehatan.

Pada tahap pemusnahan limbah medis, salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan metode insinerasi. Metode insinerasi dapat mereduksi sebesar 85% dari volume awal sampah medis dan memberikan solusi tambahan terhadap bau dan lindi atau cairan yang

dihasilkan dari sampah medis, selain itu juga membantu mengurangi keterbatasan ruang pembuangan sampah, menyediakan sumber energi tambahan dan residu insinearto yang berpotensi untuk di daur ulang [2][3]. Selain itu, insinerator terbaru di Jepang dapat mereduksi limbah sebesar 97,5% dari total beratnya dengan memproduksi listrik dan panas dalam skala besar [4]. Namun insinerator memiliki kekurangan yaitu pada saat proses pembakaran yang dilakukan akan menghasilkan output berupa gas dengan partikel debu (*fly ash*) dan berbagai emisi gas buang [5]. Emisi gas buang tersebut dapat diminimalisir dengan melakukan pengontrolan pada proses pembakaran pada insinerator [6].

Salah satu alternatif pengontrolan yang dapat digunakan pada proses pembakaran insinerator yaitu dengan menggunakan suplai udara yang optimal. Pembakaran yang terjadi dengan suplai udara yang kurang dapat mengakibatkan terjadinya pembakaran tidak sempurna dengan produk pembakaran yang terbentuk berupa gas-gas pirolisis [7], namun

penggunaan udara yang berlebih pada proses pembakaran juga menjadi salah satu faktor terjadinya penurunan temperatur pada proses pembakaran [8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar yang optimal dalam proses pembakaran limbah medis menggunakan insinerator limbah medis dual chamber dengan variasi suplai udara. Permasalahan yang akan dikaji mencakup pengaruh variasi laju udara terhadap kebutuhan bakar insinerator limbah medis dual chamber. Untuk mencegah terjadinya penyimpangan arah dan tujuan dari topik permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini, maka beberapa batasan masalah yang digunakan yaitu:

1. Pengambilan data pengujian diasumsikan pada kondisi lingkungan yang steady state.
2. Kecepatan udara yang dialirkan blower diasumsikan konstan.
3. Bahan yang akan dibakar merupakan bahan yang berupa limbah medis seperti limbah masker, suntikan, perban, selang infus.
4. Udara yang ditambahkan ke ruang bakar primer insinerator disuplai dari blower pada satu titik saluran.

2. Dasar Teori

2.1 Insinerasi

Di dalam suatu proses pengolahan limbah, sistem pengolahan limbah dengan proses termal menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan [9]. Insinerasi merupakan suatu proses dalam pembakaran sampah dengan temperatur yang berkisar antara 800°C hingga 1100°C menggunakan alat insinerator yang terkontrol dengan hasil pembakaran yang berupa gas dan abu [6][10]. Di beberapa rumah sakit di Tanzania, metode insinerasi menjadi salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah medis [7].

2.2 Limbah Medis

Limbah medis (medical waste) merupakan semua jenis sampah yang dihasilkan dari aktivitas yang berhubungan dengan kesehatan termasuk hal-hal yang menjadi sumber yang berhubungan langsung, seperti dari rumah sakit, klinik, panti jompo untuk orang tua, bank darah dan layanan pengumpulan, penelitian dan pengujian hewan laboratorium, dan pusat penelitian biomedis dan laboratorium [1]. Jika ditinjau dari sumbernya, sebagian besar dari limbah medis digolongkan sebagai limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun).

2.3 Udara

Udara merupakan komponen yang menyusun atmosfer bumi yang di dalamnya terkandung berbagai zat dengan nitrogen sebesar 79% dan oksigen sebesar 21% sebagai penyusun kandungan terbesar [9]. Dalam proses insinerasi, udara digunakan sebagai suplai oksigen yang digunakan dalam proses pembakaran. Berikut merupakan tabel penyusun kandungan udara.

Tabel 1. Penyusun Kandungan Udara

Nitrogen	78.084%
Oksigen	20.946%
Argon	0.934%
Karbon dioksida	360 ppm (bervariasi)
Neon	18.18 ppm
Helium	5.24 ppm
Metana	1.6 ppm
Krypton	1.14 ppm
Hidrogen	0.5 ppm
Nitrous oxide	0.3 ppm
Xenon	0.087 ppm

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi eksperimental guna untuk mengetahui total kebutuhan bahan bakar yang diperlukan dalam proses insinerasi limbah medis pada insinerator limbah medis dual chamber.

Proses pengujian ini dilakukan dengan menggunakan tiga variasi suplai udara yaitu 8,02 m/s, 10,05 m/s dan 12,06 m/s dengan durasi waktu proses pembakaran limbah medis selama 3 menit untuk setiap variasi. Pada pengujian ini variasi udara disuplai pada ruang bakar pertama dengan temperatur awal pembakaran pada ruang bakar pertama di kontrol pada temperatur 800°C sedangkan pada ruang bakar kedua pembakaran dilakukan dengan menggunakan suplai oksigen dengan laju tetap untuk setiap variasi dan temperatur awal pembakaran di ruang bakar di kontrol pada suhu 1000°C.

3.1 Alat

1. Anemometer digunakan sebagai alat pengatur variasi laju kecepatan udara yang disuplai pada proses insinerasi
2. Insinerator limbah medis dual chamber sebagai alat yang digunakan untuk proses untuk pembakaran limbah medis.
3. Flowmeter sebagai alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran volume oksigen yang di suplai.
4. Timer untuk mengukur durasi yang digunakan pada proses insinerasi mulai

dari proses pemanasan hingga proses pembakaran limbah medis

5. Laptop sebagai alat untuk menampilkan dan mengolah data.
6. Timbangan sebagai alat yang digunakan untuk mengukur berat limbah medis, abu dan massa gas yang digunakan dalam proses insinerasi.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada proses insinerasi ini yaitu limbah medis dengan berat 1 kg dan komposisi yang sama untuk setiap sampel, udara dan gas LPG.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil pengujian

Hasil pengujian kebutuhan bahan bakar gas dengan variasi kecepatan suplai udara dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Data Pengujian

Variasi	Kebutuhan gas	Durasi(menit)
8,02 m/s	0,54 kg	05:07
10,05 m/s	0,555 kg	05:22
12,06 m/s	0,57 kg	05:35

4.2 Pembahasan

Dari tabel data hasil pengujian, dapat diketahui bahwa peningkatan variasi yang digunakan juga meningkatkan kebutuhan gas juga lama durasi pembakaran yang digunakan pada proses insinerasi. Pada variasi 8,02 m/s gas LPG yang digunakan yaitu sebesar 0,54 kg dengan durasi insinerasi 5 menit 7 detik, pada variasi 10,05 m/s gas LPG yang digunakan yaitu sebesar 0,555 kg dengan durasi insinerasi 5 menit 22 detik dan pada variasi 12,06 m/s gas LPG yang digunakan yaitu sebesar 0,57 kg dengan durasi insinerasi 5 menit 35 detik.

Peningkatan kebutuhan gas LPG pada setiap kenaikan variasi kecepatan suplai udara yang digunakan disebabkan karena penggunaan suplai udara yang berasal langsung dari lingkungan sehingga setiap peningkatan variasi yang digunakan akan semakin menghambat proses pemanasan dari pada setiap ruang bakar sehingga juga meningkatkan durasi dari proses pembakaran yang diperlukan dari setiap variasi.

Setelah proses pengujian dilakukan, data dari hasil pengujian tersebut diolah untuk mendapatkan laju konsumsi bahan bakar gas dan limbah medis. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan, diketahui bahwa peningkatan variasi yang digunakan menurunkan laju

konsumsi bahan bakar gas LPG. Penggunaan variasi kecepatan suplai udara 8,02 m/s menghasilkan laju konsumsi bahan bakar gas LPG yang paling tinggi yaitu sebesar 6,33 kg/jam. Dalam variasi tersebut proses dari pembakaran relatif lebih singkat dengan kebutuhan gas LPG lebih rendah dan penggunaan variasi sebesar 8,02 m/s tidak terlalu menghambat kenaikan temperatur yang digunakan pada variasi tersebut. Pada variasi tersebut menghasilkan laju konsumsi bahan bakar limbah medis yang paling rendah yaitu sebesar 18,66 kg/jam, hal tersebut diakibatkan karena penggunaan variasi suplai udara 8,02 m/s tidak mencukupi kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam proses insinerasi sehingga proses pembakaran yang terjadi tidak optimal.

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa adanya peningkatan variasi kecepatan suplai udara berpengaruh dalam proses pembakaran limbah medis dimana seiring dengan peningkatan variasi yang digunakan, terjadi penurunan laju konsumsi bahan bakar gas yang dihasilkan. Penggunaan variasi kecepatan suplai udara 8,02 m/s memiliki nilai laju konsumsi bahan bakar gas yang paling tinggi yaitu sebesar 6,33 kg/jam dan laju konsumsi bahan bakar limbah medis sebesar 18,66 kg/jam. Hal tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan kecepatan udara menghambat peningkatan laju kenaikan temperatur pada ruang bakar.

Daftar Pustaka

- [1] Tsai, W.T. (2021) 'Analysis of medical waste management and impact analysis of COVID-19 on its generation in Taiwan', *Waste Management and Research*, 39(1_suppl), pp. 27–33. DOI: 10.1177/0734242X21996803.
- [2] Yang, X. *et al.* (2022) 'Effects of air supply optimization on NOx reduction in a structurally modified municipal solid waste incinerator', *Applied Thermal Engineering*, 201(PA), p. 117706. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.117706.
- [3] Liu, A. *et al.* (2015) 'Gulf Organisation for Research and Development A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues', *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(2), pp. 165–188. DOI: 10.1016/j.ijbsbe.2015.11.002.
- [4] Chaowiang, S. *et al.* (2022) 'Key Points and Best Practices for Successful Municipal

- Solid Waste Incineration**’, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1008(1). DOI: 10.1088/1755-1315/1008/1/012020.
- [5] Jayadi, H., Hendrarinata, F. and Suyanto, B. (2021) ‘**Chimney Filter Model Wet Scrubber to Reduce Air Pollutant Emissions 41 | Publisher : Humanistic Network for Science and Technology Health Notions , Volume 5 Number 2 (February 2021) ISSN 2580-4936 42** ’, 5(2), pp. 41–45.
- [6] Wahyono, S. (2001) ‘**Pengolahan Sampah Organik dan Aspek Sanitasi**’, *Jurnal Teknologi lingkungan*, 2(2), pp. 113–118.
- [7] Mngoma, A. (2015) ‘**Operating Conditions of A Locally Made Fixed-Bed Incinerator , a Case Study of Bagamoyo – Tanzania**’. DOI: 10.11648/j.ijema.20150302.17.
- [8] Nnaemeka, S.P., Emeka, R. and State, E. (2018) ‘**ISSN : 2278-6252 DESIGN AND EVALUATION OF A DOUBLE CHAMBER ISSN : 2278-6252**’, 7(6), pp. 1–21.
- [9] Naryono, E. *et al.* (2015) ‘**Simulasi dan evaluasi insinerasi sampah organik rumah tangga pada reaktor unggun tetap (fixed bed)**’, *Indonesian Green Technology Journal*, 4(2), pp. 28–35.
- [10] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2018) ‘**Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi)**’, *Modul Pelatihan*, 1(09), pp. 1–124.

	<p>I Gede Riski Ananta menyelesaikan studi di Universitas Udayana sejak tahun 2019 pada program sarjana jurusan Teknik mesin. Topik penelitian yang diambil sebagai tugas akhir studi S1 tentang performansi dari insinerator limbah medis.</p>
<p>Memiliki minat di bidang penelitian terkait topik-topik yang berkaitan dengan mesin pembakaran dalam, gasifikasi dan topik yang berkaitan dengan termodinamika.</p>	

	<p>I Nyoman Suprapta Winaya 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>	