

Kajian Kebutuhan Bahan Bakar Gas Pada Insinerator Limbah Medis *Dual Chamber* Dengan Variasi Laju Volume Injeksi Oksigen Dan Penambahan Injeksi Air

Nyoman Sadhu Waskita, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma, I Putu Angga Yuda Pratama

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini melakukan proses insinerasi limbah medis pada insinerator limbah medis dual chamber dengan penginjeksian oksigen dan penambahan injeksi air di ruang bakar kedua. Penelitian ini memvariasikan laju aliran volume oksigen yaitu 4, 6, 8 dan 10 L/menit dengan limbah medis seberat 1 kg, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju konsumsi bahan bakar gas LPG selama pembakaran. Proses insinerasi ini dilakukan dengan temperatur ruang bakar pertama 800°C dan temperatur ruang bakar kedua 1000°C. Hasil yang didapat menunjukkan semakin meningkat laju aliran volume oksigen maka laju konsumsi bahan bakar gas LPG yang dibutuhkan semakin menurun, dimana laju konsumsi bahan bakar gas paling optimal ditemukan pada variasi laju aliran volume oksigen 8 L/menit yaitu sebesar 6,5 kg/jam

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

Abstract

This study conducted the process of medical waste incineration in a dual-chamber medical waste incinerator with oxygen injection and the addition of water injection in the second combustion chamber. The study varied the oxygen flow rate at volumes of 4, 6, 8, and 10 L/minute, using medical waste weighing 1 kg. The aim of this research was to determine the consumption rate of LPG gas fuel during combustion. The incineration process was carried out with a temperature of 800°C in the first combustion chamber and 1000°C in the second combustion chamber. The results obtained indicate that as the flow rate of oxygen volume increases, the consumption rate of LPG gas fuel required decreases. The optimal consumption rate of fuel gas was found at a variation of oxygen volume flow rate of 8 L/minute, which amounted to 6.5 kg/hour.

Keywords: Dual Chamber Fixed Grate Incinerator, Oxy-fuel, Water Injection

1. Pendahuluan

Di dunia kesehatan sampah medis adalah salah satu jenis limbah B3 yang sifatnya berbahaya dan dapat berpotensi menimbulkan penyakit jika tidak diolah dengan baik. Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun diatur dalam PP nomor 101 tahun 2014, dimana pengolahan limbah B3 harus dilakukan dengan kewaspadaan dan menggunakan metode yang aman dan ramah lingkungan serta perlu mendapat perhatian khusus dari limbah itu dihasilkan, disimpan hingga limbah itu dimusnahkan [1].

Salah satu contoh cara mengurangi jumlah limbah medis yang tergolong ke dalam limbah B3 ini adalah dengan cara membakarnya yaitu menggunakan Insinerator. Insinerasi adalah proses pembakaran limbah

yang mengubahnya menjadi panas, abu, dan gas buang. Proses ini mengurangi massa limbah sebesar 80-85% dan volume sebesar 95-96% [2].

Selain beberapa keunggulan yang disebutkan sebelumnya, metode insinerasi juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satunya adalah volume gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran yang besar dan berpotensi berbahaya. Gas buang yang dihasilkan melalui metode ini termasuk logam berat dan karbon monoksida (CO) [3][4]. Dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi, teknologi pembakaran *Oxy-fuel* dapat menjadi solusi yang efektif. *Oxy-fuel combustion* sering digunakan dalam sistem pembangkit daya, di mana bahan bakar tidak bercampur dengan

udara, melainkan dengan oksigen (O_2) hampir murni untuk menghasilkan CO_2 dan meningkatkan suhu pembakaran [5].

Penelitian-penelitian terkait menunjukkan bahwa penggunaan *oxy-fuel combustion* dalam proses pembakaran dapat meningkatkan efisiensi termal. Dengan menggunakan oksigen murni sebagai agen oksidasi daripada udara, pembakaran *oxy-fuel* menghasilkan gas buang dengan konsentrasi CO_2 yang tinggi. Hal ini mengakibatkan proses pembakaran menjadi lebih efisien, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem. Temuan ini menjelaskan bahwa teknologi *oxy-fuel* efektif dalam mengurangi emisi gas buang pembakaran dan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar gas [6].

Water Injection atau *Anti Detonant Injection* (ADI) adalah metode yang digunakan dalam mesin pembakaran internal, di mana air ditambahkan ke dalam silinder atau campuran bahan bakar yang masuk. Tujuannya adalah untuk mengendalikan suhu dan meningkatkan rasio kompresi [7]. Dimana pada penginjeksian sampel *pure H₂O* dan AE10 yaitu Air (90%) Etanol (10%) menghasilkan emisi gas CO yang paling rendah yaitu 0,05%,. Secara keseluruhan penginjeksian campuran udara murni, udara/metanol, dan udara/etanol pada pembakaran secara keseluruhan memiliki dampak positif terhadap emisi mesin dengan mengurangi emisi gas CO [8].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mereduksi limbah medis secara maksimal dengan konsumsi bahan bakar gas yang rendah. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan laju aliran volume oksigen dan penambahan injeksi air pada ruang bakar kedua dari insinerator limbah medis *dual chamber*, dengan berfokus pada hasil dari laju konsumsi bahan bakar gas LPG. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan dalam mengatasi permasalahan tersebut, maka dilakukan pembatasan masalah yang mencakup:

1. Proses insinerasi limbah medis *dual chamber* menggunakan insinerator limbah medis *dual chamber* yang berkapasitas bahan bakar padat sebesar 38,8 kg.

2. Kecepatan udara pada *blower* diasumsikan konstan sepanjang percobaan
3. Kondisi lingkungan pada saat melakukan penelitian diasumsikan *steady state*
4. Oksigen yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar kedua hanya pada satu titik.
5. Toleransi deviasi atau *error* dari nilai kecepatan udara *blower* pembakaran yang diizinkan berada pada rentang 0,01 – 0,2 m/s.

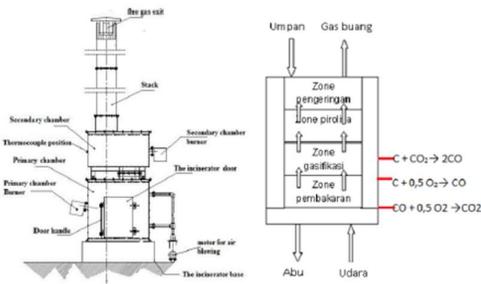
2. Dasar Teori

2.1. Limbah Medis

Limbah medis adalah sisa material dari layanan medis yang berasal dari rumah sakit, klinik, laboratorium medis, puskesmas, dan klinik hewan. Biasanya, limbah medis mengandung bahan beracun, infeksius, dan berbahaya. Mayoritas limbah medis termasuk dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sesuai dengan peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor 56 Tahun 2015. Limbah medis B3 meliputi limbah infeksius, benda tajam, patologis, bahan kimia kadaluarsa, tumpahan atau sisa kemasan, radioaktif, farmasi, sitotoksik, peralatan medis dengan kandungan logam berat dan tinggi, serta tabung gas atau kontainer bertekanan [9].

2.2. Insinerator *Fixed Grate*

Insinerasi adalah proses oksidasi termal limbah padat yang dilakukan dalam suatu alat pembakaran yang disebut insinerator. Tipe insinerator yang umum digunakan adalah tipe *fixed grate*, di mana *grate* yang tidak bergerak terletak di bagian bawah insinerator dengan bukaan di bagian atas atau samping untuk memasukkan sampah, serta bukaan lain untuk memindahkan bahan yang tidak terbakar seperti abu dan logam. Di bagian bawah *grate* atau piringan terdapat *ash pit* yang berfungsi sebagai tempat penampungan abu [10].



Gambar 1. Skematik insinerator *fixed grate*
2.3. *Oxyfuel Combustion*

Pembakaran *oxy-fuel* adalah proses pembakaran bahan bakar di dalam lingkungan yang kaya akan nitrogen (N) dan karbon dioksida (CO₂), dengan menggunakan oksigen yang hampir murni dengan konsentrasi melebihi 95%. Oksigen tersebut dapat diperoleh melalui pemisahan O₂ dari udara atau melalui unit pemisahan oksigen dari air (ASU), atau melalui metode kriogenik untuk memisahkan oksigen dari udara. Tujuan dari pembakaran dengan oksigen murni adalah menghasilkan gas buang yang terutama terdiri dari CO₂ dan H₂O (pembakaran yang sempurna), sehingga memungkinkan untuk memisahkan atau menangkap CO₂ dari gas buang [11].

3. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mempelajari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel lainnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan limbah medis seberat 1 kg dan memvariasikan laju aliran volume oksigen pada tingkat 4 L/menit, 6 L/menit, 8 L/menit, dan 10 L/menit. Pengujian insinerator pada temperatur ruang bakar pertama sebesar 800°C dan ruang bakar kedua sebesar 1000°C, serta kecepatan udara blower sebesar 10 m/s..

3.1. Alat

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

1. Insinerator limbah medis *dual chamber fix grate*
2. Anemometer berfungsi dalam mengukur dan mengendalikan kecepatan udara pada blower.
3. Timbangan digunakan untuk menimbang berat pada tabung gas LPG, limbah medis, dan juga abu.
4. Flowmeter digunakan untuk mengukur laju aliran volume dari oksigen.

5. *Timer* digunakan untuk mengukur lama waktu proses insinerasi.

6. Laptop berfungsi sebagai perangkat untuk menampilkan dan menyimpan data suhu yang direkam oleh *data logger*.

3.2. Bahan

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

4. Hasil dan Pembahasan

Data yang didapat dari penelitian menunjukkan kebutuhan bahan bakar gas tertinggi terdapat pada variasi laju volume oksigen 8 L/menit yaitu sebesar 0,65 kg selama 6 menit, sedangkan kebutuhan bahan bakar gas terendah diperoleh pada variasi laju aliran volume oksigen 10 L/menit dengan nilai sebesar 0,634 kg selama 5 menit 50 detik. Dengan menggunakan data yang telah diperoleh, maka selanjutnya data tersebut bisa digunakan untuk menghitung hasil dari laju konsumsi bahan bakar gas. Hasil dari perhitungan menunjukkan seiring meningkatnya laju aliran oksigen, maka laju konsumsi bahan bakar gas semakin rendah. Laju konsumsi bahan bakar gas terendah dicapai pada variasi laju aliran volume oksigen 8 L/menit dengan nilai sebesar 6,5 kg/jam, hal tersebut disebabkan karena dengan meningkatnya laju aliran volume oksigen maka pembakaran yang terjadi pada ruang bakar kedua juga lebih optimal yang mengakibatkan puncak temperatur pada ruang bakar kedua juga semakin tinggi sehingga waktu mati *burner* pada ruang bakar kedua lebih lama karena temperatur telah melebihi dari temperatur kontrol yang berdampak pada berkurangnya konsumsi bahan bakar gas LPG.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa laju aliran volume oksigen memiliki pengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar gas LPG. Semakin tinggi laju aliran volume oksigen, maka laju konsumsi bahan bakar gas LPG semakin menurun karena disebabkan waktu mati *burner* yang lebih lama akibat puncak temperatur yang tinggi. Pada variasi laju aliran volume oksigen sebesar 8 L/menit, didapat laju konsumsi bahan bakar gas LPG terendah sebesar 6,5 kg/jam. Dengan demikian, hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi laju

aliran volume oksigen dapat mengurangi kebutuhan konsumsi bahan bakar gas LPG pada *burner* selama proses insinerasi limbah medis pada insinerator.

Daftar Pustaka

[1] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101, “**Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun,**” 2014.

[2] P. G. Nidoni, “**Incineration Process For Solid Waste Management And Effective Utilization Of By Products,**” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 04, no. 12, pp. 378–382, 2017, [Online]. Available: www.irjet.net

[3] M. Yuliani, “**Incineration for Municipal Solid Waste Treatment,**” *J. Rekayasa Lingkungan.*, vol. 9, no. 2, pp. 89–96, 2016, doi: 10.29122/jrl.v9i2.1997.

[4] Yusrizal and M. Qadri, “**Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 1000 WATT dengan Proses Insinerasi,**” *Semdi Unaya*, vol. 2017, no. November, pp. 212–222, 2017.

[5] R. Stanger *et al.*, “**Oxyfuel combustion for CO2 capture in power plants,**” *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 40, pp. 55–125, 2015, doi: 10.1016/j.ijggc.2015.06.010.

[6] S. J. Self, M. A. Rosen, and B. V. Reddy, “**Effects of Oxy-Fuel Combustion on Performance of Heat Recovery Steam Generators,**” *Eur. J. Sustain. Dev. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2018, doi: 10.20897/ejosdr/69787.

[7] A. Boretti, “**Water injection in directly injected turbocharged spark ignition engines,**” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 52, no. 1, pp. 62–68, 2013, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.11.016.

[8] J. Marbun and D. Dahlan, “**Analisis Sistem Injeksi Air/Metanol Dan Air/Etanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas buang,**” *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 5, no. 1, pp. 109–115, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i3.518.

[9] M. Y. Yusti and O. Endriar, “**Evaluasi Operasional Sistem Pengelolaan Limbah Padat Medis Di Rumah Sakit Garut,**” *Envirosan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2019.

[10] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, “**Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi),**” *Modul Pelatih.*, vol. 1, no. 09, pp. 1–124, 2018.

[11] M. Saleh and A. Hedén Sandberg, “**Implementation Of Oxyfuel Combustion In A Waste Incineration Chp Plant: A Techno-Economic Assessment,**” no. June, 2021, [Online]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1575012&dswid=-2997>

[12] 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.

	<p>Nyoman Sadhu Waskita adalah seorang mahasiswa di Universitas Udayana sejak tahun 2019, dengan program studi sarjana Teknik Mesin. Sebagai tugas akhir studi S1, fokus penelitian adalah performansi insinerator limbah medis.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati terkait teknologi mesin pembakaran dalam dan termodinamika</p>	

	<p>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.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah <i>new and renewable energy</i>, teknologi <i>fluidized bed</i>, pembakaran, gasifikasi, pirolisis dan <i>energy management</i></p>	