



## Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan Teknologi Insinerasi pada Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan

Satriyo Aji\*, Dyah Hesti Wardhani, Widayat

Program Studi Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*Corresponding author: satriyoaj@gmail.com

(Received: January 25, 2024; Accepted: February 29, 2024)

### Abstract

*Processing of Hazardous and Toxic Waste (B3) with Incineration Technology at the Integrated Waste Management Facility (FPLT) in the Medan Area. Rapid industrial development has the potential to increase hazardous waste (B3). Based on data from the Ministry of Environment and Forestry regarding Hazardous Waste Management in 2022, there were 72,542,319.6 tons of hazardous waste produced and 70,732,757.54 tons of hazardous waste that had been managed. One of the hazardous waste managements that has been done is management using incinerators. This case study report discusses the hazardous waste management using an incinerator at the Medan Integrated Waste Management Facility (FPLT). The purpose of this study is to analyze the management of hazardous waste and the results of incinerator emissions at Medan Integrated Waste Management Facility. The method used is a comparison of hazardous waste management and incinerator emission results with valid regulations. The result of this study shows that the average incinerator emission results are below the maximum standards of Minister of Environment and Forestry Regulation Number 6 of 2021. Therefore, it can be concluded that the hazardous waste management at Medan Integrated Waste Management Facility is in accordance with Government Regulation Number 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management, and Regulation of the Minister of Environment and Forestry Number 6 of 2021 concerning Procedures and Requirements for Hazardous Waste Management.*

**Keywords:** hazardous waste management, incinerator, emission, Integrated Waste Management Facility Medan

### Abstrak

Perkembangan industri yang semakin pesat berpotensi meningkatkan timbulan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Tercatat dalam data Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2022, terdapat 72.542.319,6 ton limbah B3 yang dihasilkan dan 70.732.757,54 ton limbah B3 yang telah dikelola. Salah satu pengelolaan limbah B3 adalah pengolahan dengan insinerator. Laporan studi kasus ini membahas tentang pelaksanaan pengolahan limbah B3 dengan insinerator pada Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan. Tujuan dari laporan studi kasus ini adalah menganalisis pengelolaan limbah B3 dan hasil emisi insinerator pada FPLT Kawasan Medan. Metode yang digunakan adalah membandingkan pelaksanaan pengolahan limbah B3 dan hasil emisi insinerator dengan regulasi yang berlaku. Hasil studi kasus menunjukkan bahwa rata-rata hasil emisi insinerator di bawah baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 tahun 2021. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan kegiatan pengolahan limbah B3 di FPLT Kawasan Medan telah sesuai

dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

**Kata kunci:** *pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), insinerator, emisi, Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu Kawasan Medan*

**How to Cite This Article:** Satriyo, A., Wardhani, D. H., Widayat, W. (2024). Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan Teknologi Insinerasi pada Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan. *JPII*, 2(1), 17-25. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24112>

## PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia yang semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkat pertumbuhan industri dari berbagai sektor, seperti manufaktur, agroindustri, dan fasilitas pelayanan kesehatan. Seiring dengan meningkatnya jumlah industri, maka akan terjadi peningkatan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Tercatat dalam data Pengelolaan Sampah dan Limbah B3 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2022, terdapat 72.542.319,6 ton limbah B3 yang dihasilkan dan 70.732.757,54 ton yang telah dikelola.

Potensi dampak yang timbul dari limbah B3 adalah pencemaran terhadap lingkungan yang menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya (Hayuning, 2015). Upaya untuk meminimalkan dampak tersebut adalah dengan melakukan pengelolaan limbah B3.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, pengelolaan limbah B3 merupakan kegiatan yang mencakup penyimpanan limbah, pengumpulan limbah, pemanfaatan limbah, pengangkutan limbah, dan pengolahan limbah.

Pengolahan limbah B3 adalah kegiatan untuk mereduksi dan/atau mengeliminasi sifat berbahaya dari limbah B3. Salah cara pengolahan limbah B3 adalah dengan cara termal. Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan merupakan fasilitas pengelolaan limbah B3 dengan cara termal menggunakan alat insinerator.

Teknologi pengolahan limbah B3 salah satunya menggunakan insinerator yang dapat memusnahkan kontaminan limbah B3. Volume limbah B3 yang dapat direduksi dari proses insinerasi mencapai 80-90% volume limbah. Sisa dari proses insinerasi berupa *fly ash* dan *bottom ash* yang selanjutnya dilakukan proses pengelolaan lebih lanjut melalui pihak ketiga berizin.

Limbah B3 yang diolah dengan insinerator memiliki bentuk bervariasi dari fasa padat, lumpur/*sludge*, hingga cairan seperti infus. Sumber limbah B3 yang diolah merupakan hasil dari kegiatan prasarana rumah sakit dan industri yang menghasilkan limbah B3. Adapun tahapan proses pengolahan limbah

B3 di FPLT Kawasan Medan, yaitu penerimaan limbah, penimbangan limbah, dan proses pembakaran limbah dengan insinerator.

Tujuan dari laporan studi kasus ini adalah menganalisis pengelolaan limbah B3 dan hasil emisi insinerator pada FPLT Kawasan Medan. Metode yang digunakan adalah membandingkan pelaksanaan pengolahan limbah B3 dan hasil emisi insinerator dengan regulasi yang berlaku.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan adalah data analisis pembakaran limbah B3 pada insinerator 1, insinerator 2, insinerator 3, dan insinerator 4.

Metode pengambilan sampel untuk gas-gas seperti O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dilakukan analisis langsung di FPLT Kawasan Medan, untuk sampel logam berat dan gas-gas lainnya dikalukan analisis di Laboratorium PT Anugrah Analisis Sempurna, pengambilan sampel dan analisis mengacu pada metode sebagai berikut.

**Tabel 1.** Metode pengambilan sampel

No.	Parameter	Metode
1	Partikulat	SNI 7117.20:2009
2	Arsen (As)	SNI 7117.20:2009
3	Kadmium (Cd)	SNI 7117.20:2009
4	Krom (Cr)	SNI 7117.20:2009
5	Timbal (Pb)	SNI 7117.20:2009
6	Talium (Tl)	SNI 7117.20:2009
7	Merkuri (Hg)	SNI 7117.20:2009
8	Hidrogen Fluorida (HF)	SNI 19-7117.9:2005
9	Hidrogen Klorida (HCl)	SNI 19-7117.8:2005
10	Hidrokarbon sebagai (CH <sub>4</sub> )	USEPA Method 25B (NDIR Analyzer)
11	Karbon Monoksida (CO)	SNI 7119.10:2005
12	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	Method 6C USEPA
13	Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> ) sebagai (NO <sub>2</sub> )	Method 7E USEPA
14	Opasitas	SNI 19-7117.11:2005

### Metode Pengukuran Gas

*Gas analyzer* digunakan untuk mengukur parameter gas O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> yang

terkandung di dalam gas buang. *Gas analyzer* ini menggunakan sensor *electrochemical* untuk menganalisa gas tersebut. Alat *gas analyzer* ini bisa merepresentasikan beberapa metode uji untuk pengukuran gas di antaranya acuan SNI 19-7117. 10-2005 metode untuk pengukuran konsentrasi gas O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>. *USEPA Method 7E* metode pengukuran gas NO<sub>x</sub>, *USEPA Method 6C* metode pengukuran gas SO<sub>2</sub> dan *USEPA Method 25B* metode pengukuran hidrokarbon.

**Metode Pengambilan Sampel Partikulat dan Logam**

Pada pengambilan sample partikulat dan logam, gas buang dihisap melalui *nozzle* dengan menggunakan pompa vakum, dengan mengkondisikan kecepatan linear pada aliran gas buang sama seperti kecepatan hisap pada *nozzle* (isokinetis), dengan batas toleransi yang diperkenankan sebesar 90-110% terhadap nilai isokinetis. Jika nilai isokinetis berada di luar rentang nilai tersebut, maka pengambilan sampel dikategorikan tidak isokinetis, karena hasil tersebut tidak mewakili kondisi aliran pada gas buang. Nilai isokinetis ditentukan dari parameter sebagai berikut: *gas velocity*, temperatur gas, berat molekul gas buang, diameter *nozzle*, nilai hasil kalibrasi *dry gas meter*, tekanan udara ambien dan cerobong, dan kandungan air dalam gas buang.

Pada pengambilan sampel partikulat dan logam yang terkandung di dalam gas buang dihisap melalui *nozzle* dengan isokinetis. *Sample solid* akan terkumpulkan pada *probe* dan *glass fiber filter* yang masing-masing dikondisikan pada temperatur sekitar 120°C. *Sample gas* emisi akan terkumpul pada larutan asam penyerap *hydrogen peroxide* (untuk analisa seluruh logam termasuk Hg) dan larutan *potassium*

*permanganate* (hanya untuk analisa Hg). *Total particulate* yang terkumpul pada *probe* dan filter akan ditimbang di laboratorium, dan massa untuk parameter metal yang diukur dan terkumpul pada *filter*, *Aceton Rinse* dan larutan penyerap akan dianalisa dengan menggunakan *Atomic Absortion Spectrophotometry/Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*.

**Metode pengambilan sampel hidrogen fluorida**

Pengambilan sampel hidrogen fluorida (HF) mengikuti prosedur yang terdapat pada metode SNI 19-7117.9-2005. Prinsipnya adalah mengalirkan dengan menarik aliran gas buang pada cerobong melalui larutan penyerap natrium hidroksida. Ion fluorida yang terserap akan direaksikan dengan larutan *lanthanum (III) nitrate hexahydrate* dan senyawa *Alizarin* yang akan membentuk senyawa kompleks berwarna ungu. Hidrogen flourida akan diukur dengan spektofotometer pada panjang gelombang 620 nm.

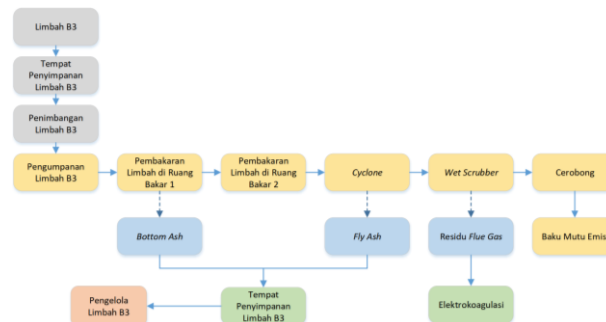
**Metode Pengukuran Opasitas**

Metode pengukuran opasitas emisi gas buang sumber tidak bergerak menggunakan metode standar SNI 19-7117.11:2005. Prinsip kerja yaitu membandingkan secara visual komparatif antara kepekatan asap hitam yang keluar dari cerobong dengan skala kepekatan asap hitam pada alat *opacity meter*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Proses Pengolahan Limbah B3**

Proses pengolahan pada FPLT Kawasan Medan dijelaskan pada diagram alir berikut:



**Gambar 1.** Alir pengolahan limbah B3 FPLT Kawasan Medan (Sumber: PT Adhi Karya (Persero) Tbk., 2022)

Tahapan proses pengolahan limbah B3 sebagai berikut:

- a. Limbah B3 yang datang akan dilakukan penyimpanan di area penyimpanan untuk limbah B3 dan/atau fasilitas pendingin (*cold storage*) untuk limbah B3 medis. Penyimpanan limbah B3 medis di FPLT Kawasan Medan pada *cold storage*. *Cold storage* digunakan untuk menyimpan limbah B3 medis yang bersifat infeksius. Kapasitas *cold storage* FPLT Kawasan

Medan sebesar 12 ton. Tersedianya *cold storage* ini sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2015 tentang Pengelolaan Limbah B3 dari Fasyankes. Penyimpanan limbah B3 di FPLT Kawasan Medan juga dilakukan pada area penyimpanan yang terletak pada bangunan tempat penyimpanan sementara limbah B3. Area untuk penyimpanan limbah B3 untuk insinerator yang memiliki luasan sebesar 237 m<sup>2</sup> dengan kapasitas 1.047,7 ton.

- b. Tahapan selanjutnya adalah penimbangan limbah B3 sebelum dilakukan pengumpanan ke dalam insinerator limbah B3. Proses penimbangan dilakukan sebelum pengumpanan limbah. Penimbangan dilakukan guna menentukan volume limbah saat pengumpanan.
- c. Dilakukan proses pengumpanan limbah B3 pada *bucket lift*.



**Gambar 2.** Pengumpanan limbah B3

Pengumpanan limbah B3 dilakukan secara mekanik dengan sistem *hydraulic*. Limbah B3 diumpankan ke insinerator melalui *bucket lift*. Pengumpanan dilakukan setiap 10-15 menit dengan volume limbah 50-75 kg. Pengumpanan ini sesuai dengan kapasitas dari insinerator di FPLT Kawasan Medan.

- d. Pembakaran pada ruang bakar 1.



**Gambar 3.** Proses pembakaran di ruang bakar 1

Proses pembakaran di ruang bakar 1 terjadi pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$ - $1.000^{\circ}\text{C}$ . Suhu tersebut telah sesuai dengan Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021 pada pasal 128 ayat (1) huruf b poin 1 yaitu suhu paling rendah untuk ruang bakar 1 adalah  $800^{\circ}\text{C}$ .

- e. Proses pembakaran gas-gas hasil pirolisa pada ruang bakar 2.



**Gambar 4.** Proses pembakaran di ruang bakar 2

Proses pembakaran pada ruang bakar 2 terjadi pada suhu  $1.000^{\circ}\text{C}$ - $1.200^{\circ}\text{C}$ . Proses pembakaran ini telah sesuai dengan Permen LHK Nomor 6 tahun 2021 pada pasal 128 ayat (1) huruf b poin 2 yaitu suhu ruang pembakaran 2  $850^{\circ}\text{C}$ - $1.200^{\circ}\text{C}$ . Terdapat monitoring untuk suhu pada ruang bakar 1 dan 2 pada *control panel* operator seperti pada gambar berikut:



**Gambar 5.** Monitoring suhu ruang bakar 1 dan 2

- f. Selanjutnya emisi pembakaran akan melewati alat pengendalian pencemaran udara yaitu *cyclone* dan *wet scrubber*. Peralatan tersebut telah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 pada pasal 128 ayat (2) yaitu memiliki alat pengendalian udara berupa cerobong dan peralatan pengendalian pencemaran udara.
- g. Selanjutnya gas hasil pembakaran menuju unit *cyclone*. Pada unit *cyclone* terjadi penyisihan partikel pada dalam aliran udara. Partikel yang tersisihkan pada unit *cyclone* akan menjadi abu sisa pembakaran (*fly ash*).





**Gambar 6.** *Cyclone*

- h. Selanjutnya terjadi proses penyisihan gas yang bersifat asam seperti asam klorida dan sulfur dioksida. Penyisihan tersebut dilakukan dengan metode adsorpsi dengan air pada *wet scrubber system*.



**Gambar 7.** *Wet scrubber system*

- i. Selanjutnya emisi yang dilepaskan ke udara dipastikan sudah sesuai dengan regulasi yang berlaku agar tidak terjadi pencemaran lingkungan.



**Gambar 8.** Cerobong insinerator

Tinggi cerobong insinerator adalah 30 meter dengan tinggi bangunan di sekitar 15 meter. Tinggi cerobong tersebut telah sesuai dengan persyaratan teknis tinggi cerobong minimal 14 meter di atas permukaan tanah atau 1.5 x tinggi dari bangunan paling tinggi di sekitar.

- j. Air dari *wet scrubber system* ditampung dalam bak *wet scrubber* yang selanjutnya akan digunakan kembali dan diolah menggunakan elektrokoagulasi.
- k. Sisa hasil pembakaran limbah di ruang bakar 1 akan menjadi abu sisa pembakaran (*bottom ash*). Pada *cyclone* dihasilkan abu sisa pembakaran (*fly ash*) yang selanjutnya dilakukan pengemasan dan pelabelan. Selanjutnya sisa hasil pembakaran disimpan di tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3. Penyimpanan abu insinerator di TPS telah memenuhi standar sesuai dengan regulasi PP Nomor 22 Tahun 2021.
- l. Abu insinerator yang merupakan limbah B3 dari kegiatan pengelolaan limbah wajib diserahkan ke pengelola limbah B3 yaitu penimbun limbah B3 yang berizin. Dalam hal ini pengelolaan abu sisa pembakaran telah sesuai dengan regulasi PP Nomor 22 Tahun 2021 Pasal 297, Permen LHK No 6 Tahun 2021 Pasal 133 ayat (2).



Gambar 9. Pengelolaan abu insinerator

FPLT Kawasan Medan memiliki kerja sama pengelolaan abu insinerator dengan PT Prasadha Pamunah Limbah Industri (PPLI). Pengelolaan abu insinerator yang dilakukan PT PPLI adalah dengan cara ditimbun.

### Analisis Emisi Proses Pengolahan Limbah B3

Berdasarkan metode pengambilan sampel di atas selanjutnya dilakukan proses analisis sampel yang sudah diambil pada laboratorium. Hasil analisis emisi dari insinerator akan dibandingkan terhadap baku mutu emisi pengolahan limbah B3 dengan cara termal sesuai Lampiran XIV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021.

Tabel 2. Hasil pengujian insinerator 1

No	Parameter	Hasil Pengujian						Rata-Rata	Baku Mutu*	Satuan	Deviasi
1	Partikel	34,6	34	28,5	36,3	34,4	31,8	33,27	50	mg/Nm <sup>3</sup>	2,51
2	Sulfur dioksida, SO <sub>2</sub>	3,6	3,7	2,7	4,2	8,84	8,31	5,23	250	mg/Nm <sup>3</sup>	2,41
3	Nitrogen dioksida, NO <sub>2</sub>	94,5	84,9	109	102	106	96,1	98,75	300	mg/Nm <sup>3</sup>	8,01
4	Hidrogen flourida, HF	1,73	3,08	<1,5	<1,5	<1,5	2,58	2,46	10	mg/Nm <sup>3</sup>	0,56
5	Karbon monoksida, CO	4,4	2,24	3,5	6,86	8,46	7	5,41	100	mg/Nm <sup>3</sup>	2,19
6	Hidrogen, klorida, HCl	24,1	17,6	11,8	20,1	28,4	10,5	18,75	70	mg/Nm <sup>3</sup>	6,34
7	Total hidrokarbon (sebagai CH <sub>4</sub> )	9,94	10,2	7,01	8,1	6,71	5,81	7,96	35	mg/Nm <sup>3</sup>	1,64
8	Arsen, As	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
9	Kadmium, Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
10	Kromium, Cr	0,404	0,235	0,163	<0,033	0,512	0,041	0,27	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,17
11	Timbal, Pb	<0,085	0,09	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085	0,09	5	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
12	Merkuri, Hg	0,004	0,003	0,002	<0,001	0,004	0,001	0,00	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,001
13	Talium, TI	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
14	Opasitas	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20	%	0,00

\*Lampiran IV Permen LHK No 6 Tahun 2021

Berdasarkan enam kali pengujian pada insinerator 1 diperoleh hasil rata-rata pengujian pada insinerator satu seperti pada Tabel 2. Terdapat deviasi yang signifikan pada pengujian nitrogen dioksida dan hidrogen klorida. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jenis limbah B3 dan waktu tinggal.

Limbah B3 yang dibakar memiliki karakteristik yang sejenis yaitu limbah B3 medis. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan terkait pengelolaan limbah B3 medis, pengelola tidak boleh melakukan segregasi limbah B3.

Pengaruh waktu tinggal berhubungan dengan kecepatan hisap *Induce Draft (ID) Fan*. Kecepatan hisap dari *ID Fan* mempengaruhi terjadinya proses pembakaran dalam unit insinerator. Semakin lambat kecepatan hisap *ID Fan* maka waktu tinggal gas pembakaran dalam unit insinerator semakin lama. Perbedaan nitrogen dioksida dan hidrogen klorida dalam enam kali pengambilan sampel disebabkan karena perbedaan *setting* kecepatan hisap pada *ID Fan* insinerator 1.

Tabel 3. Hasil pengujian insinerator 2

No	Parameter	Hasil Pengujian						Rata-Rata	Baku Mutu*	Satuan	Deviasi
1	Partikel	18,5	48,2	42,6	45,5	31,1	46,8	38,78	50	mg/Nm <sup>3</sup>	10,67
2	Sulfur dioksida, SO <sub>2</sub>	4,09	6,29	5,66	6,56	6,59	11,2	6,73	250	mg/Nm <sup>3</sup>	2,17
3	Nitrogen dioksida, NO <sub>2</sub>	118	79,5	80,7	83,5	86,6	85	88,88	300	mg/Nm <sup>3</sup>	13,24
4	Hidrogen flourida, HF	<1,5	2,3	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	2,30	10	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
5	Karbon monoksida, CO	4,17	2,58	4,33	5,15	3,78	3,19	3,87	100	mg/Nm <sup>3</sup>	0,82
6	Hidrogen, klorida, HCl	4,39	14,8	38,5	22,3	30	5,22	19,20	70	mg/Nm <sup>3</sup>	12,47
7	Total hidrokarbon (sebagai CH <sub>4</sub> )	15,7	10,8	9,45	9,12	10,2	9,27	10,76	35	mg/Nm <sup>3</sup>	2,29

8 Arsen, As	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
9 Kadmium, Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
10 Kromium, Cr	<0,033	<0,033	0,066	0,073	0,199	0,238	0,14	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,08
11 Timbal, Pb	0,174	0,316	0,164	0,183	0,382	0,313	0,26	5	mg/Nm <sup>3</sup>	0,08
12 Merkuri, Hg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
13 Talium, TI	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
14 Opasitas	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20	%	0,00

\*Lampiran IV Permen LHK No 6 Tahun 2021

Berdasarkan enam kali pengujian pada insinerator 2 diperoleh hasil rata-rata pengujian pada insinerator satu seperti pada Tabel 3. Terdapat deviasi yang signifikan pada pengujian partikel, nitrogen dioksida dan hidrogen klorida. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jenis limbah B3, waktu tinggal, dan suhu pada ruang bakar 2.

Limbah B3 yang dibakar memiliki karakteristik yang sejenis yaitu limbah B3 medis. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan terkait pengelolaan limbah B3 medis, pengelola tidak boleh melakukan segregasi limbah B3. Pengaruh waktu tinggal berhubungan dengan kecepatan hisap *Induce Draft (ID) Fan*. Kecepatan hisap dari *ID*

*Fan* mempengaruhi terjadinya proses pembakaran dalam unit insinerator. Semakin lambat kecepatan hisap *ID Fan* maka waktu tinggal gas pembakaran dalam unit insinerator semakin lama. Perbedaan partikel, nitrogen dioksida, dan hidrogen klorida dalam enam kali pengambilan sampel disebabkan karena perbedaan *setting* kecepatan hisap pada *ID Fan* insinerator 2. Suhu pada ruang bakar 2 mempengaruhi jumlah partikel-partikel gas yang belum sempurna terbakar sehingga terdapat perbedaan yang signifikan pada saat proses pengambilan sampel di insinerator 2.

Tabel 4. Hasil pengujian insinerator 3

No	Parameter	Hasil Pengujian						Rata-Rata	Baku Mutu*	Satuan	Deviasi
1	Partikel	42	45,2	24,7	34,2	45	39	38,35	50	mg/Nm <sup>3</sup>	7,17
2	Sulfur dioksida, SO <sub>2</sub>	30,5	54,6	16,8	61	60,3	60,3	47,25	250	mg/Nm <sup>3</sup>	17,28
3	Nitrogen dioksida, NO <sub>2</sub>	76,3	78,7	83,3	69,5	86,6	86,6	80,17	300	mg/Nm <sup>3</sup>	6,10
4	Hidrogen flourida, HF	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	10	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
5	Karbon monoksida, CO	4,52	1,46	1,19	2,92	3,62	3,62	2,89	100	mg/Nm <sup>3</sup>	1,20
6	Hidrogen, klorida, HCl	13	<0,104	21,7	38,2	<0,104	<0,104	24,30	70	mg/Nm <sup>3</sup>	10,45
7	Total hidrokarbon (sebagai CH <sub>4</sub> )	2,21	1,53	1,72	1,71	2,09	2,12	1,90	35	mg/Nm <sup>3</sup>	0,25
8	Arsen, As	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
9	Kadmium, Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
10	Kromium, Cr	<0,033	0,107	<0,033	<0,033	0,136	0,087	0,11	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,02
11	Timbal, Pb	<0,085	0,1	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085	0,10	5	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
12	Merkuri, Hg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
13	Talium, TI	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
14	Opasitas	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20	%	0,00

\*Lampiran IV Permen LHK No 6 Tahun 2021

Berdasarkan enam kali pengujian pada insinerator 3 diperoleh hasil rata-rata pengujian pada insinerator satu seperti pada Tabel 4. Terdapat deviasi yang signifikan pada pengujian sulfur dioksida, nitrogen dioksida, dan hidrogen klorida. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jenis limbah B3, waktu tinggal, dan suhu pada ruang bakar 2.

Limbah B3 yang dibakar memiliki karakteristik yang sejenis yaitu limbah B3 medis. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan terkait pengelolaan limbah B3 medis, pengelola tidak boleh melakukan segregasi limbah B3. Pengaruh waktu tinggal berhubungan dengan kecepatan hisap *Induce Draft (ID) Fan*. Kecepatan hisap dari *ID Fan* mempengaruhi terjadinya proses pembakaran dalam

unit insinerator. Semakin lambat kecepatan hisap *ID Fan* maka waktu tinggal gas pembakaran dalam unit insinerator semakin lama. Perbedaan sulfur dioksida dan hidrogen klorida dalam enam kali pengambilan sampel disebabkan karena perbedaan *setting* kecepatan hisap pada *ID Fan* insinerator 3. Suhu pada ruang bakar 2 mempengaruhi jumlah partikel-partikel gas yang belum sempurna terbakar sehingga terdapat perbedaan yang signifikan pada saat proses pengambilan sampel di insinerator 3. Selain itu faktor penggunaan bahan bakar juga mempengaruhi terbentuknya sulfur dioksida pada proses pembakaran. Jenis bahan bakar yang digunakan pada FPLT Kawasan Medan adalah solar industri.



Tabel 5. Hasil pengujian insinerator 4

No	Parameter	Hasil Pengujian						Rata-Rata	Baku Mutu*	Satuan	Deviasi
1	Partikel	9,5	23,7	20,3	17,2	29,7	36,8	22,87	50	mg/Nm <sup>3</sup>	8,75
2	Sulfur dioksida, SO <sub>2</sub>	38,5	38,9	51,9	52,1	47,6	56,5	47,58	250	mg/Nm <sup>3</sup>	6,79
3	Nitrogen dioksida, NO <sub>2</sub>	80,9	80,3	75,8	66,5	65,5	78,2	74,53	300	mg/Nm <sup>3</sup>	6,26
4	Hidrogen flourida, HF	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	10	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
5	Karbon monoksida, CO	1,22	1,32	2,45	2,24	1,4	1,41	1,67	100	mg/Nm <sup>3</sup>	0,48
6	Hidrogen, klorida, HCl	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	<0,104	33,8	33,80	70	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
7	Total hidrokarbon (sebagai CH <sub>4</sub> )	1,67	1,53	1,42	1,22	1,79	6,89	2,42	35	mg/Nm <sup>3</sup>	2,01
8	Arsen, As	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	<0,016	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
9	Kadmium, Cd	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
10	Kromium, Cr	<0,033	<0,033	<0,033	0,108	0,313	0,089	0,17	1	mg/Nm <sup>3</sup>	0,10
11	Timbal, Pb	<0,085	<0,085	0,1	<0,085	0,1	0,2	0,13	5	mg/Nm <sup>3</sup>	0,05
12	Merkuri, Hg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
13	Talium, TI	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	<0,042	0,2	mg/Nm <sup>3</sup>	0,00
14	Opasitas	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20	%	0,00

\*Lampiran IV Permen LHK No 6 Tahun 2021

Berdasarkan enam kali pengujian pada insinerator 4 diperoleh hasil rata-rata pengujian pada insinerator satu seperti pada Tabel 5. Terdapat deviasi yang signifikan pada pengujian sulfur dioksida, nitrogen dioksida, dan hidrogen klorida. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh jenis limbah B3, waktu tinggal, dan suhu pada ruang bakar 2.

Limbah B3 yang dibakar memiliki karakteristik yang sejenis yaitu limbah B3 medis. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan terkait pengelolaan limbah B3 medis, pengelola tidak boleh melakukan segregasi limbah B3. Pengaruh waktu tinggal berhubungan dengan kecepatan hisap *Induce Draft (ID) Fan*. Kecepatan hisap dari *ID Fan* mempengaruhi terjadinya proses pembakaran dalam unit insinerator. Semakin lambat kecepatan hisap *ID Fan* maka waktu tinggal gas pembakaran dalam unit insinerator semakin lama. Perbedaan sulfur dioksida dan hidrogen klorida dalam enam kali pengambilan sampel disebabkan karena perbedaan *setting* kecepatan hisap pada *ID Fan* insinerator 4. Suhu pada ruang bakar 2 mempengaruhi jumlah partikel-partikel gas yang belum sempurna terbakar sehingga terdapat perbedaan yang signifikan pada saat proses pengambilan sampel di insinerator 4. Selain itu faktor penggunaan bahan bakar juga mempengaruhi terbentuknya sulfur dioksida pada proses pembakaran. Jenis bahan bakar yang digunakan pada FPLT Kawasan Medan adalah solar industri.

Berdasarkan hasil pengujian pada 4 unit insinerator FPLT Kawasan Medan, proses pengolahan limbah B3 pada FPLT dipengaruhi oleh beberapa faktor suhu pembakaran, laju alir udara, jenis limbah B3, kecepatan *ID Fan*, jenis bahan bakar serta ketersediaan oksigen. Beberapa komponen tersebut menjadi analisis dalam menentukan prosedur pembakaran yang optimal.

## KESIMPULAN

Proses pengolahan limbah B3 di FPLT Kawasan Medan menggunakan cara termal (insinerasi) menggunakan alat insinerator. Proses pengelolaan limbah B3 dan hasil emisi insinerator FPLT Kawasan Medan telah sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, dimana proses pengolahan limbah harus menggunakan dua ruang bakar, tersedia alat pengendali pencemaran udara berupa *cyclone*, *wet scrubber system*, dan cerobong.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Patria Yudha Asmara dan kepada orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dalam proses pembelajaran sebagai mahasiswa Program Studi Profesi Insinyur. Terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abid, A. (2013) *Studi Pemrosesan Akhir Buangan Padat dengan Teknologi Konversi Termal*. (Skripsi Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Noverber). <http://repository.its.ac.id/id/eprint/82028>.
- Ari, P. (2010). *Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Sifat Pembakaran Minyak Residu Menggunakan Vaporizing Burner untuk Peleburan Aluminium*. (Skripsi Sarjana, Universitas Sebelas Maret). <https://core.ac.uk/download/pdf/12347788.pdf>.
- Culp, Archie W. 1985. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*.
- Daniel, A. (2008). *Control of Hazardous Air Pollutants. Fundamentals of Air Pollution Fourth Edition*.



- 825-851. <https://doi.org/10.1016/B978-012373615-4/50034-0>.
- Ditjen PSLB3 Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. *Pengelolaan Limbah B3*. Diakses 31 Mei 2023, dari <https://pslb3.menlhk.go.id/dashboard/pengelolaanLimbahB3>.
- Hayuning, T & Sudarmaji. (2015). Pengelolaan Limbah B3 dan Keluhan Kesehatan Pekerja di PT. INKA (Persero) Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*: Vol. 8 No. 1, 118-127.
- Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2015 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 598. Jakarta.
- Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 294. Jakarta.
- Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Istanto, T. & Juwana W. 2007. *Bahan Perkuliahan Generator Uap edisi pertama*.
- Lombardi, F. Torreta V., Cordiner S. (2013). Waste Incineration in Rotary Kilns: A New Simulation Combustion Tool to support design and technical change. *Waste Management & Research*. Vol. 31 (7). 739-750. DOI:10.1177/0734242X13484187.
- Naryono, E. *et al.* (2015). Simulasi Dan Evaluasi Insinerasi Sampah Organik Rumah Tangga Pada Reaktor Unggun Tetap (Fixed Bed). *Indonesian Green Technology Journal*. E-ISSN.2338-1787.
- Nurlani, M. (2019). Pengelolaan Lingkungan Hidup Akibat Limbah Industri Ditinjau Dari Sektor Hukum, Ekonomi, Sosial dan Budaya di Indonesia. *J Thengkyang*. Vol. 2(1), 64-84.
- Priyambada, Gunadi. (2004), Tentang Incinerator. Diakses 30 Mei 2023 dari <http://www.slideshare.net/savedfiles?stitle=incineration17954230&userlogin=yogiehen>.
- Raschka Engineering. (2013). Fluidized Bed Technology. Diakses 1 Juni 2023, dari <http://www.raschka-engineering.com>
- Setiyono. (2001). Dasar Hukum Pengelolaan Limbah B3. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1):72-77.
- United States Environmental Protection Agency. (1997). *National Air Quality and Emissions Trends Report*. Diakses pada 2 Juni 2023, dari <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-11/documents/>