

# PENGUJIAN ALAT *INCINERATOR* UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH PADAT RUMAH SAKIT TANPA MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR MINYAK DAN GAS

Ardi Dwi Prasetyono

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta, 55183, Indonesia  
[Dwipras.ardi@gmail.com](mailto:Dwipras.ardi@gmail.com)

## Abstrak

Abu hasil pembakaran mesin *incinerator* melebihi nilai batas maksimum baku mutu dan *incinerator* masih memerlukan bahan bakar minyak maupun gas sehingga menambah tingkat emisi udara yang dihasilkan dan biaya operasional sangat tinggi. Penelitian yang dilakukan yaitu menguji kemampuan *incinerator* dalam mengolah limbah padat medis tanpa menggunakan bahan bakar minyak maupun gas, sehingga diperoleh suatu kerja yang efektif, hemat energi, ramah lingkungan dan biaya operasional yang murah. Pengujian dilakukan pada *Incinerator* kapasitas 0,0381 m<sup>3</sup> dengan bahan bakar menggunakan Batok Kelapa dengan berat 8 kg serta limbah padat rumah sakit dengan berat 5 kg. Parameter pengujian meliputi suhu maksimum *incinerator*, laju pembakaran, rendemen arang, rendemen abu, kandungan abu hasil pembakaran. Dari pengujian tersebut didapatkan bahwa suhu *incinerator* mencapai 998°C dengan laju pembakaran 7,5 kg/jam, rendemen arang yang dihasilkan yaitu 2,6% dari 13 kg bahan yang dibakar termasuk limbah dan batok kelapa, sedangkan rendemen abu yaitu 2,1%. Kandungan abu dari parameter Zn yaitu 9221,22 ppm, nilai tersebut masih melebihi nilai maksimum baku mutu yaitu >5000 ppm.

**Kata kunci :** *Incinerator*, suhu *incinerator*, kandungan abu.

## I Pendahuluan

### I.I. Latar Belakang

Masalah lingkungan saat ini menjadi perhatian dunia termasuk di lingkungan rumah sakit yang menghasilkan berbagai limbah yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Sehubungan dengan hal tersebut, perlu adanya pengendalian dan pengawasan terhadap upaya pengelolaan limbah di rumah sakit (Djohan dan Halim, 2014) [1].

Pada pengujian kandungan parameter logam abu *incinerator* didapatkan bahwa parameter logam Pb dan Zn melebihi baku mutu, masing-masing kadarnya 5209,38 ppm dan 6355,31 ppm [2].

Sumingkrat dkk. (2014) melakukan penelitian pengolahan limbah cair dengan limbah padat abu hasil pembakaran *incinerator*. Pada proses pembakaran digunakan bahan bakar LPG agar tercapai suhu pembakaran sekitar 900°C untuk mendapatkan aktivasi abu hasil pembakaran [3].

Namun yang sering jadi masalah dalam insinerasi ialah abu yang dihasilkan dari pembakaran melebihi nilai batas maksimum baku mutu dan *incinerator* masih memerlukan bahan bakar minyak maupun gas sehingga menambah tingkat emisi udara yang dihasilkan dan biaya operasional sangat tinggi. Penelitian yang dilakukan yaitu menguji kemampuan *incinerator* dalam mengolah limbah padat medis tanpa

menggunakan bahan bakar minyak maupun gas, sehingga diperoleh suatu kerja yang efektif, hemat energi, ramah lingkungan dan biaya operasional yang murah.

## II Dasar Teori

### Pengolahan dan Pemusnahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit mengandung bahan yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Untuk itu, diperlukan pengolahan lebih lanjut supaya bahan yang terdapat pada limbah tersebut dapat terurai dengan baik sehingga aman bagi kesehatan manusia. Adapun tata cara pengolahan limbah rumah sakit yang telah digolongkan sebagai berikut (KepMenKes R.I.

No.1204/MENKES/SK/X/2004) :

#### 1. Limbah Infeksius dan Benda Tajam

Limbah yang sangat infeksius seperti biakan dan persediaan agen infeksius dari laboratorium harus disterilisasi dengan pengolahan panas dan basah seperti dalam *autoclave* sedini mungkin. Untuk limbah infeksius yang lain cukup dengan cara disinfeksi. Benda tajam harus diolah dengan *incinerator* bila memungkinkan, dan dapat diolah bersama dengan limbah infeksius lainnya. Setelah insinerasi atau disinfeksi, residunya dapat dibuang ke tempat

pembuangan B3 atau dibuang ke *landfill* jika residunya sudah aman.

2. Limbah Farmasi

Limbah farmasi dalam jumlah kecil dapat diolah dengan insinerator pirolitik (*pyrolitic incinerator*), *rotari kiln*, dikubur secara aman, *sanitary landfill*, dibuang ke sarana air limbah atau insersasi. Limbah padat farmasi dalam jumlah besar harus dikembalikan kepada distributor, sedangkan bila dalam jumlah sedikit dan tidak memungkinkan dikembalikan, supaya dimusnahkan melalui *incinerator* pada suhu diatas 800 - 1.000 °C.

3. Limbah Sitotoksis

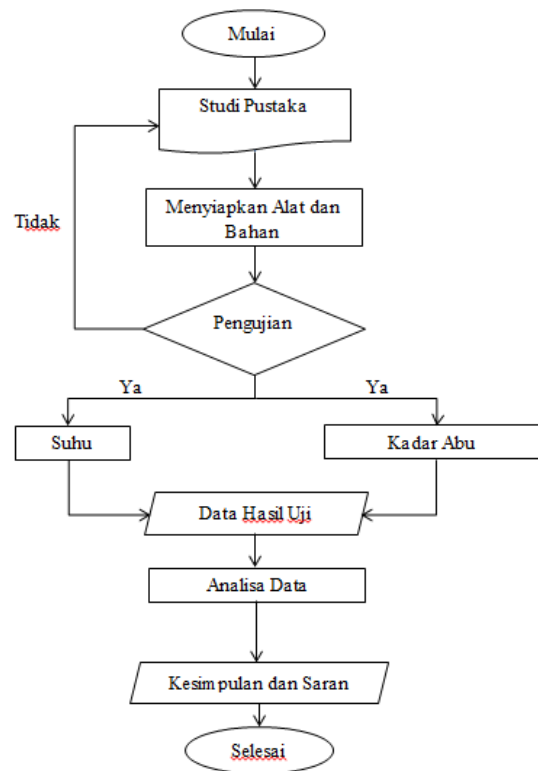
Limbah sitotoksis sangat berbahaya dan tidak boleh dibuang dengan penimbunan (*landfill*) atau kesaluran limbah umum. Pembuangan harus melalui insinerasi pada suhu tinggi sekitar 1200°C dibutuhkan untuk menghancurkan semua bahan sitotoksik. *Incinerasi* pada suhu rendah dapat menghasilkan uap sitotoksik yang berbahaya ke udara.

**Tabel 2.1.** Total Kadar Maksimum abu dan Tempat Penimbunannya

Bahan Pencemar	Total Kadar Maksimum (mg/kg berat kering)	Total Kadar Maksimum (mg/kg berat kering)
	KOLOMA	KOLOMB
<i>Catatan:</i>	Lebih Besar Dari atau Sama Dengan - Tempat Penimbunannya di Landfill KATEGORI I Lebih Kecil Dari - Tempat Penimbunannya di Landfill KATEGORI II	Lebih Kecil Dari atau Sama Dengan - Tempat Penimbunannya di Landfill KATEGORI I
1.	2.	3.
Arsenic	300	30
Barium	-	-
Cadmium	50	5
Chromium	2500	250
Copper	1000	100
Cobalt	500	50
Lead	3000	300
Mercury	20	2
Molybdenum	400	40
Nickel	1000	100
Tin	500	50
Selenium	100	10
Silver	-	-
Zinc	5000	500
Cyanide	500	50
Fluoride	4500	450

**III METODOLOGI PENGUJIAN**

**Diagram Alir Pengujian Alat**



**Penentuan Parameter Unjuk Kerja Alat Pembakar Limbah Padat Medis (*Incinerator*)**

Parameter-parameter unjuk kerja alat pembakar limbah padat medis (*Incinerator*) yang diukur dalam uji unjuk kerja tersebut ditentukan berdasarkan analisa unjuk kerja alat. Analisis unjuk kerja alat meliputi

1. Penyebaran suhu
2. Laju pembakaran
3. Rendemen arang dan abu
4. Kandungan abu hasil pembakaran.

**Pengukuran Suhu**

Pengukuran suhu dilakukan langsung oleh peneliti. Pengukuran suhu menggunakan Termokopel dan pembacaan hasil pengukuran suhu menggunakan Termokontrol dengan ketelitian maksimum 1000°C.

**Laju Pembakaran ( $B_{bt}$ )**

Parameter yang diukur untuk analisis laju pembakaran adalah bobot limbah dan lama pembakaran. Laju pembakaran dihitung dengan membandingkan bobot limbah yang dibakar (m) dengan lamanya proses pembakaran (t). Rumus menghitung laju pembakaran :

$$B_{bt} = \frac{m}{t} \left( \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)$$

### Rendemen Arang

Rendemen arang digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur untuk analisis rendemen arang adalah parameter bobot arang yang dihasilkan oleh proses pembakaran dan bobot sampah yang dibakar. Nilai rendemen arang dihitung dengan presentase perbandingan bobot arang dan bobot sampah.

$$\text{Rendemen Arang (\%)} = \frac{\text{bobot arang}}{\text{bobot sampah}} \times 100\%$$

### Rendemen Abu

Rendemen abu digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur untuk analisis rendemen abu adalah bobot abu hasil pembakaran dan bobot sampah. Nilai rendemen abu dihitung dengan presentase perbandingan bobot abu dan bobot sampah.

$$\text{Rendemen Abu (\%)} = \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampah}} \times 100\%$$

### Analisis kandungan Abu Sisa Pembakaran

Pengujian kadar abu menggunakan metode *Gravimetri*. Hasil uji tersebut dibandingkan dengan total kadar maksimum B3 untuk mengetahui kelayakan mesin incinerator dalam mengolah limbah padat medis berdasarkan Kep Bapedal No. 4 tahun 1995.

Pemusnahan limbah padat rumah sakit dilakukan dengan dibakar pada *incinerator* dengan suhu 998°C. Pengujian pembakaran limbah oleh *incinerator* dilakukan pada hari Sabtu, 18 Juni 2016 yaitu mulai jam 09.00 WIB sampai 13.00 WIB. Pengujian dimulai dengan membakar batok kelapa sampai menjadi bara api yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk membakar limbah padat rumah sakit. Pada saat pembakaran juga dibantu sedikit jerami yang berfungsi sebagai sumbu api. Pembakaran batok kelapa memerlukan waktu 20 menit untuk mencapai suhu tertentu sehingga siap digunakan saat membakar limbah padat rumah sakit.

Prosedur uji kadar abu sebagai berikut :

1. Menimbang krus kosong (A).
2. Menimbang sampel homogen, memasukkan dalam *krus porselen* (B).
3. Menutup *krus porselen*, memasukkan dalam *furnace*, lalu memanaskan pada suhu 600°C selama 8 jam (jadi abu), hingga berat konstan.
4. Memasukkan desikator, menimbang (D).
5. Menghitung kadar abu dengan rumus :

$$\text{Kadar Abu} = \frac{(D-A)}{B} \times 100\%$$

Prosedur uji komposisi abu sebagai berikut :

- a. Homogenkan sampel, timbang dengan Erlenmeyer
- b. Tambahkan 15 mL HCL + 5 ml HNO<sub>3</sub>
- c. Destuksi diplate pemanas hingga mendekati kering
- d. Tambah 10 mL air suling
- e. Saring dilabu 25 mL, tambah air suling hingga tanda
- f. Baca dengan AAS

### Waktu dan Tempat Pengujian *Incinerator*

Proses pengujian *incinerator* limbah padat medis dilaksanakan mulai hari Sabtu, 18 Juni 2016.

Adapun pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

- a. Pengukuran temperatur *incinerator* dilakukan dirumah.
- b. Uji kadar abu hasil insinerasi dilakukan di LPPT UGM.

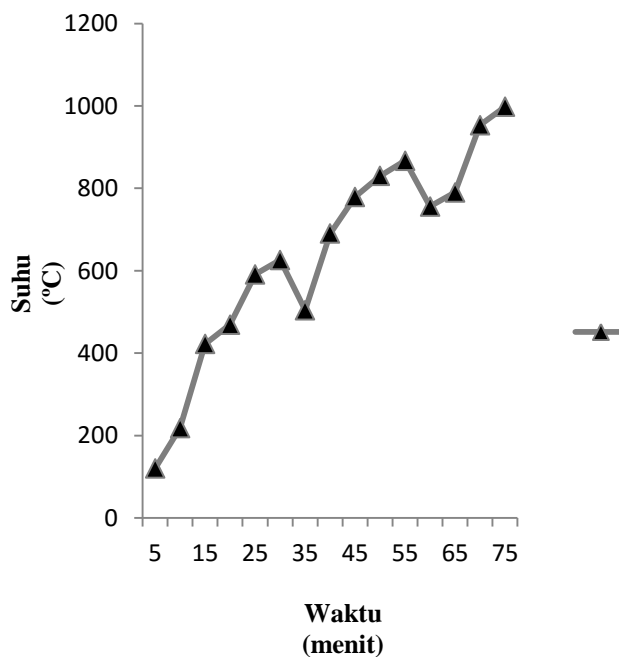
## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengukuran Suhu *Incinerator*

Pengukuran suhu *incinerator* dilakukan guna mengetahui nilai suhu maksimum pada *incinerator* dalam mengolah limbah padat rumah sakit. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapat kenaikan suhu setiap 5 menit dan diikuti penurunan suhu setiap dilakukan pengisian ulang limbah. Pada saat percobaan dilakukan dua kali pengisian ulang limbah medis yaitu pada menit ke 30 dan 55. **Lihat tabel 4.1.**

**Tabel 4.1.** Hasil pengukuran suhu *incinerator*

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)
1	5	120
2	10	218
3	15	422
4	20	469
5	25	591
6	30	626
7	35	504
8	40	690
9	45	779
10	50	830
11	55	867
12	60	756
13	65	790
14	70	953
15	75	998



**Gambar 4.1.** Grafik perbandingan suhu dengan lama pembakaran *incinerator*

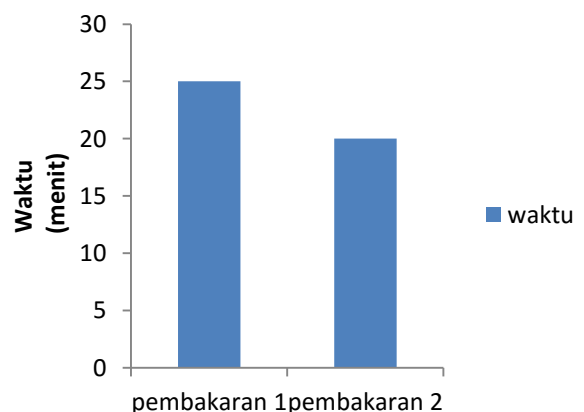
Dari **Gambar 4.1.**, pada menit ke 5 sampai menit ke 30 merupakan tahap untuk membuat bara api dengan menggunakan Batok Kelapa. Pada tahap tersebut suhu terus meningkat yaitu mencapai 626°C. Namun, Pada menit ke 35 suhu ruang bakar *incinerator* turun karena terjadi pengisian limbah dan kembali naik saat limbah mulai terbakar. Suhu kembali turun pada menit ke 60 karena terjadi pengisian ulang limbah dan kembali naik hingga suhu *incinerator* mencapai titik maksimum yaitu 998°C, sedangkan

*incinerator* yang ada di Industri Klor Alkali, pada proses pembakaran digunakan bahan bakar LPG agar tercapai suhu pembakaran sekitar 900°C untuk mendapatkan aktivasi abu hasil pembakaran (Sumingkrat dkk. 2014)[3]. Dengan suhu yang hampir sama, jika dibandingkan antara keduanya maka *incinerator* hasil rancangan lebih ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan bakar LPG, disamping itu biaya pengoperasian lebih murah karena bahan bakar menggunakan Batok Kelapa.

Unjuk kerja *incinerator* dengan kapasitas 0,294 m<sup>3</sup>, berat limbah 18,3 kg. Pada penelitian tersebut, suhu *incinerator* hanya mencapai 478°C [5]. Berdasarkan data tersebut maka *incinerator* hasil rancangan lebih efisien karena suhu mencapai 998°C, disamping itu dalam proses pembakaran tidak memerlukan bahan bakar seperti minyak dan gas. Namun yang menjadi kekurangan *incinerator* tanpa menggunakan bahan bakar minyak dan gas yaitu memerlukan waktu yang lebih lama agar bisa mencapai tertentu sampai bisa digunakan untuk membakar limbah.

#### Waktu Pembakaran

Proses pembakaran bertujuan untuk merubah karbon (C) dalam suatu bahan bakar menjadi CO<sub>2</sub> dalam selang waktu tertentu. Waktu pembakaran dipengaruhi oleh bahan yang dijadikan umpan dan kesempurnaan proses pembakaran yang terjadi. Kesempurnaan pembakaran dipengaruhi oleh jumlah udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Sehingga secara umum semakin luas lubang udara, maka waktu pembakaran akan lebih kecil.



**Gambar 4.2.** Grafik Perbandingan Waktu Pengujian Pembakaran

### Laju Pembakaran

Total waktu yang dibutuhkan *incinerator* untuk membakar habis limbah dengan bobot 2,5 kg menjadi abu yaitu 20 menit (0,333 jam). Data tersebut diambil dari pembakaran ke II. Laju pembakaran dihitung dengan membandingkan bobot sampah yang dibakar (m) dengan lamanya proses pembakaran (t).

$$\begin{aligned} \text{Laju Pembakaran (kg/jam)} &= \frac{m}{t} \\ &= \frac{2,5 \text{ kg}}{0,333 \text{ jam}} \\ &= 7,5 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi, dalam waktu 1 jam *incinerator* mampu membakar sampah sebanyak 7,5 kg.

### Rendemen Arang

Nilai rendemen arang dihitung dengan presentase perbandingan bobot arang dan bobot sampah. Bobot arang hasil pembakaran limbah pada *incinerator* yaitu 0,34 kg, sedangkan bobot limbah yaitu 5 kg. Bahan bakar *incinerator* menggunakan batok kelapa 8 kg, jadi total bahan yang dibakar 13 kg.

$$\begin{aligned} \text{Rendemen arang (\%)} &= \frac{\text{bobot arang}}{\text{bobot sampah}} \\ &= \frac{0,34 \text{ kg}}{13 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 2,6 \% \end{aligned}$$

Jadi, rendemen arang hasil pembakaran limbah padat rumah sakit yaitu 2,6 %.

### Rendemen Abu

Nilai rendemen abu dihitung dengan presentase perbandingan bobot abu dan bobot sampah. Bobot abu hasil pembakaran limbah pada *incinerator* yaitu 0,28 kg, sedangkan bobot limbah yaitu 5 kg. Bahan bakar *incinerator* menggunakan batok kelapa 8 kg, jadi total bahan yang dibakar 13 kg.

$$\begin{aligned} \text{Rendemen abu (\%)} &= \frac{\text{bobot abu}}{\text{bobot sampah}} \\ &= \frac{0,28 \text{ kg}}{13 \text{ kg}} \times 100\% \\ &= 2,1 \% \end{aligned}$$

### Hasil Pengujian kandungan Abu Hasil Pembakaran

Abu *incinerator* hasil pembakaran limbah padat rumah sakit yang suhunya mencapai 998 °C diambil dan diuji kandungannya dengan parameter yang telah ditentukan yaitu Zn, Pb, Cu, dan Cd. Hasil pengujian kandungan abu bisa dilihat pada **tabel 4.2**.

**Tabel 4.2.** Hasil Lab. Pengujian Kandungan Abu *Incinerator*

No.	Parameter Uji	Hasil	Satuan	Metode
1	Zn (Seng)	9221,22	mg/Kg	SSA-Nyala
2	Pb (Timbal)	5,08	mg/Kg	SSA-Nyala
3	Cu (Tembaga)	297,6	mg/Kg	SSA-Nyala
4	Cr (Kromium)	34,36	mg/Kg	SSA-Nyala
5	Cd (Kadmium)	0,59	mg/Kg	SSA-Nyala

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian abu seperti pada **Tabel 4.2**, dapat disimpulkan bahwa limbah abu sisa *incinerator* dapat ditimbun pada landfill kategori I dikarenakan nilai Zinc (Zn) > 5000 ppm sesuai dengan Keputusan Kepala Bapedal No. 4 Tahun 1995 tentang Tata Cara Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan Dan Lokasi Bekas Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Adapun tingginya kadar Zn diakibatkan oleh banyaknya jarum suntik yang ada pada limbah rumah sakit.

Penelitian unjuk kerja *incinerator* di Rumah Sakit TNI Dr. Ramelan Surabaya didapat parameter Zn yang terkandung dalam abu sisa insinerasi nilainya 6046,27 ppm [5]. Sedangkan pada mesin *incinerator* hasil rancangan didapat kandungan abu dengan parameter Zn nilainya 9221,22 ppm. Dari data tersebut mesin *Incinerator* yang ada pada Rumah Sakit TNI Dr. Ramelan Surabaya lebih efisien dibandingkan dengan mesin *incinerator* hasil rancangan karena nilai kandungan Zn lebih kecil dibandingkan dengan *incinerator* hasil rancangan.

## V PENUTUP

### Kesimpulan

Dari semua yang telah diuraikan dalam Laporan Tugas Akhir dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari pengujian yang telah dilakukan didapat suhu pada mesin *incinerator* mencapai 998°C. Nilai tersebut sudah sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh KepMenKes R.I. No.1204/MENKES/SK/X/2004 yaitu pengolahan aman limbah rumah sakit pada *incinerator* harus mencapai suhu antara 800-1000°C. Namun, kemampuan pada mesin yang kami buat hanya berlaku untuk limbah farmasi, limbah infeksius dan benda tajam sedangkan untuk limbah sitotoksik tidak

termasuk karena dibutuhkan suhu tinggi sekitar 1200 °C untuk menghancurkan semua bahan sitotoksik. Insinerasi pada suhu rendah dapat menghasilkan uap sitotoksik yang berbahaya ke udara.

2. Kandungan abu dengan parameter Zn (9221,2 ppm), Pb (5,08 ppm), Cu (297,6 ppm), Cr (34,36 ppm) dan Cd (0,59 ppm). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa abu sisa *incinerator* dapat ditimbun pada landfill kategori I dikarenakan nilai Zinc (Zn) > 5000 ppm sesuai dengan Keputusan Kepala Bapedal No. 4 Tahun 1995 tentang Tata Cara Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan Dan Lokasi Bekas Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Adapun tingginya kadar Zn diakibatkan oleh banyaknya jarum suntik yang ada pada limbah rumah sakit.

### Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah perlu adanya kajian berikutnya tentang kualitas udara yang dihasilkan dari *incinerator* dan perlu adanya modifikasi pada *incinerator* guna meningkatkan unjuk kerja mesin sehingga lebih efisien.

### Daftar Pustaka

- [1] Djohan, A.J. & Halim, D. (2013). *Pengelolaan Limbah Rumah Sakit*. Indonesia : Salemba Medika.
- [2] Girsang, V.E. & Herumurti, W. (2013). *Evaluasi Pengelolaan Limbah Padat B3 Hasil Insinerasi di RSUD Dr Soetomo Surabaya*: Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS (Surabaya, Indonesia).
- [3] Sumingkrat & Yusuf, A. (2014). *PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN LIMBAH PADAT ABU HASIL PEMBAKARAN INSINERATOR DI INDUSTRI KLOOR ALKALI*. Jurnal Teknologi dan Manajemen Volume 12 No. 1. [http://p3m.stmi.ac.id/jurnal/detail\\_artikel/NDI-pengolahan-limbah-cair-dengan-limbah-padat-abu-hasil-pembakaran-insinerator-di-industri-klor-alkali](http://p3m.stmi.ac.id/jurnal/detail_artikel/NDI-pengolahan-limbah-cair-dengan-limbah-padat-abu-hasil-pembakaran-insinerator-di-industri-klor-alkali).
- [4] Pradipta, A. N. G. (2011). *Desain dan Uji Kinerja Alat Pembakar Sampah (Incinerator) Tipe Batch Untuk Perkotaan Dilengkapi dengan Pemanas Air*: Department of Mechanical & Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology ( IPB Darmaga Campus, Bogor, West Java, Indonesia ).
- [5] Saragih, J. L., & Herumurti, W. (2013). *Evaluasi Fungsi Insinerator Dalam Memusnahkan Limbah B3 Di Rumah Sakit NI Dr. Ramelan Surabaya*. Jurnal Teknik ITS, 2(2), D138-D143.