

PENINGKATAN KINERJA INSINERATOR SAMPAH MEDIS BERDASARKAN WAKTU DAN SUHU PEMBAKARAN

Annisa Desiarista^{*1)} dan Mohammad Mirwan¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur (UPN)

^{*)}E-mail: desiaristaa@gmail.com

Abstrak

Salah satu cara pengolahan terhadap sampah medis adalah dengan cara dibakar menggunakan insinerator. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh waktu pembakaran, suhu pembakaran, dan tekanan blower terhadap kemampuan Insinerator Statis RSUD Dr. Soetomo Surabaya dengan kapasitas 2m³ dan 3m³ dalam pembakaran sampah medis infeksius. Variabel dalam penelitian ini adalah waktu pembakaran (menit) 80, 100, dan 120 ; suhu pembakaran (°C) 800, 1000, dan 1200 ; tekanan blower (mbar) 10, 20, dan 30. Parameter yang diamati adalah berat sampah medis setelah dibakar, kualitas abu pasca bakar, dan kualitas asap pembakaran sampah medis, serta dilakukan uji TCLP dan uji Emisi Udara. Dari hasil penelitian dan pengolahan data diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi waktu dan suhu pembakaran maka proses pembakaran akan semakin baik karena terpenuhinya nilai kalor untuk proses pengabuan sehingga presentase dari kemampuan penyisihan residu abu meningkat sebanyak 7% pada waktu 80 menit hingga 100 menit pada suhu 800°C ke 1200°C. Sedangkan untuk tekanan blower bergantung pada kondisi insinerator, semakin besar tekanan blower maka udara yang masuk juga besar sehingga memungkinkan terjadinya pembakaran sempurna yang meningkatkan kualitas asap yang dihasilkan.

Kata kunci: Insinerator Statis, Sampah medis, , Tekanan Blower, Waktu dan Suhu pembakaran

Abstract

One of the ways of processing medical waste is by burning it using an incinerator. This study aims to examine the effect of combustion time, combustion temperature, and blower pressure on the ability of Static Incinerator of RSUD Dr. Soetomo Surabaya with a capacity of 2 m³ and 3 m³ in infectious medical waste combustion. The variables in this study are combustion time (minutes) 80, 100, and 120; combustion temperatures (°C) 800, 1000 and 1200; blower pressures (mbar) 10, 20, and 30. The observed parameters are the weight of medical waste after being burned, post combusted ash quality, and the quality of smoke from medical waste combustion, and TCLP's and Air Emission test. From the results of research and processing data, it was concluded that the higher the combustion time and temperature, the better the combustion process due to the fulfillment of heating values for the ignition process so that the percentage of the ash residue removal ability increase about 7% at 80 to 100 minutes of the combustion time and when the combustion temperature at 800°C to 1200°C. Whereas for the blower pressure depending on the incinerator condition, the greater the blower pressure, then the incoming air is also large, allowing perfect combustion to increase the quality of the smoke produced.

Keywords: Combustion, Medical waste, Static Incinerator, Time and Temperature, Blower Pressure

1. PENDAHULUAN

Sampah medis adalah jenis buangan yang dihasilkan rumah sakit yang harus dilakukan

pengolahan terhadap sampah medis dengan cara insinerasi menggunakan insinerator. Insinerator adalah tungku pembakaran yang digunakan untuk membakar sampah yang

menggunakan suhu tinggi (Achmad dkk, 2017).

Sampah medis infeksius yang terdapat di RSUD Dr. Soetomo berupa jarum, selang infus kapas, perban, selang darah, plester, kateter, kantung transfusi darah atau cairan, lidi dan kapas, jaringan tubuh, botol bekas, lancet, spuit, pisau, gunting, ampul, kaca atau botol (bahan rawan pecah).

Pembakaran sampah medis infeksius RSUD Dr. Soetomo Surabaya dilakukan dengan menggunakan insinerator statis. Insinerator ini cocok untuk memusnahkan berbagai jenis limbah dan memiliki kemampuan reduksi volume yang besar (Anonim, 2019). Proses pembakaran aktual dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu dan suhu pembakaran, serta kebutuhan udara untuk proses pembakaran. Tekanan blower yang besar akan mempengaruhi jumlah kebutuhan udara yang masuk (Eka dkk, 2015).

Dalam proses penggunaan insinerator statis di RSUD Dr. Soetomo belum ada penggunaan tekanan blower dimana dari tekanan blower akan memsuplai udara menjadi lebih banyak ke dalam ruang bakar insinerator, serta waktu dan suhu pembakaran yang tinggi dapat membakar sampah medis secara sempurna hingga menjadi abu.

Maka dari itu peneliti melakukan penelitian terhadap Insinerator Statis RSUD Dr. Soetomo untuk mendapatkan kinerja paling optimal berupa presentase penyisihan lebih dari 90% yang didapatkan dari hasil presentase penyisihan residu abu dan juga dilakukan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) untuk mengetahui kandungan toksisitas dari residu abu dan melakukan uji Emisi Udara untuk mengetahui kandungan zat-zat didalamnya.

2. METODA

Bahan Penelitian

Sampah Medis Infeksius dengan berat 300kg untuk Insinerator Statis 2m³ dan 600kg untuk Insinerator Statis 3m³.

Alat Penelitian :

- Insinerator statis dengan kapasitas 2 m³ dan 3m³
- Troli sampah medis dengan kapasitas ± 200kg
- Timbangan

Variabel Bebas :

- Waktu Pembakaran (menit) : 80, 100, 120.
- Suhu pembakaran (°C) : 800, 1000, 1200.
- Tekanan Blower (mbar) : 10, 20, 30.

Variabel Tetap :

- Jenis sampah yang akan dibakar : Sampah Medis Infeksius.
- Jenis bahan bakar : Gas Alam.
- Berat sampah medis : 300 kg (kapasitas 2 m³) dan 600 kg (kapasitas 3m³).

Prosedur Kerja

Tahap Persiapan

- Pengambilan sampah medis dari sumber sampah medis.
- Penimbangan kembali sampah medis yang berasal dari troli sampah sebanyak 300 kg dan 600 kg.

Tahap Pengoperasian Insinerator

- Masukkan sampah medis 300 kg ke dalam insinerator 2 m³ dan 600 kg ke dalam insinerator 3 m³
- Atur suhu dan waktu pembakaran sesuai dengan variabel bebas yaitu suhu pembakaran (°C) 800, 1000, dan 1200 dan waktu pembakaran (menit) selama 80, 100, dan 120 serta mengatur tekanan *blower* (mbar)

10,20, dan 30 pada masing-masing insinerator statis 2m³ dan 3m³.

- Setelah insinerator telah mencapai suhu dan waktu pembakaran serta tekanan blower yang sesuai, dilakukan pengamatan terhadap asap serta residu abu yang dihasilkan selama proses insinerasi.
- Selanjutnya dilakukan penimbangan terhadap abu pasca bakar untuk memperoleh presentas penyisihan residu abu
- Lalu dilakukan Uji Emisi terhadap cerobong asap insinerator dengan hasil variasi dari variabel penelitian yang paling optimal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran serta Tekanan Blower terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu pada Insinerator Statis 2 m³

Pada Tabel 1 membandingkan pengaruh dari ketiga variasi pada variabel bebas terhadap presentase kemampuan penyisihan residu abu yang didapatkan dari hasil penimbangan berat abu pasca bakar dengan berat sampah medis seblum dibakar sebesar 300 kg. Perbandingan ini telah dilakukan dalam dua kali percobaan, hasil yang terdapat pada tabel -1 merupakan hasil pada percobaan kedua karena didapatkan hasil yang terbaik selama dilakukan penelitian.

Tabel 1. Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran serta Tekanan Blower terhadap Berat Residu Abu Insinerator Statis 2 m³

Waktu Bakar	Tekanan Blower	Berat Residu Abu (kg)		
		800°C	1000°C	1200°C
80 menit	10	30	28	27
	20	30	27	25,5
	30	27	26	24
100 menit	10	24	22	19,5
	20	23	20,3	18
	30	21	19,3	15
120	10	21	16,5	15

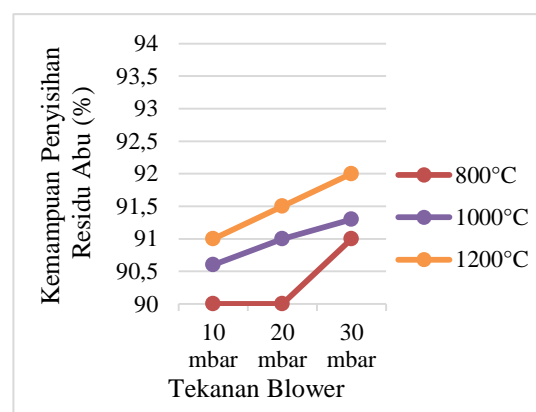
Waktu Bakar menit	Tekanan Blower	Berat Residu Abu (kg)		
		800°C	1000°C	1200°C
	20	19,5	16,2	15
	30	18	15	12

Dari hasil berat residu abu diatas, dilakukan perhitungan berdasarkan rumus presentase penyisihan oleh (Keputusan Kepala BAPEDAL Nomor 1 Tahun 1995). Hasil presentase penyisihan residu abu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran serta Tekanan Blower terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 2 m³

Waktu Bakar	Tekanan Blower	Kemampuan Penyisihan Residu Abu (%)		
		800°C	1000°C	1200°C
80 menit	10	90	90,6	91
	20	90	91	91,5
	30	91	91,3%	92
100 menit	10	92	92,7	93,5
	20	92,3	93,2	94
	30	93	93,6	95
120 menit	10	93	94,5	95
	20	93,5	94,6	95
	30	94	95	96

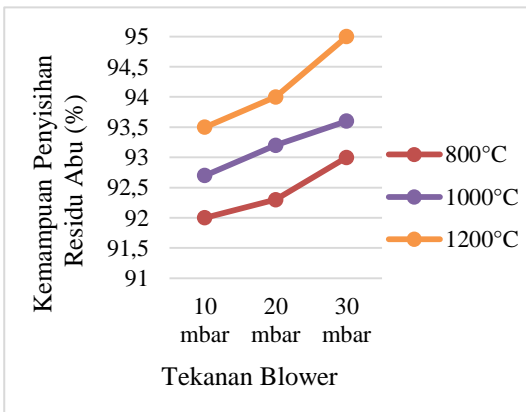
Untuk lebih menjelaskan Tabel 2 tersebut, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Variasi Suhu Pembakaran dan Tekanan Blower pada Waktu Pembakaran 80 menit

terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 2m³

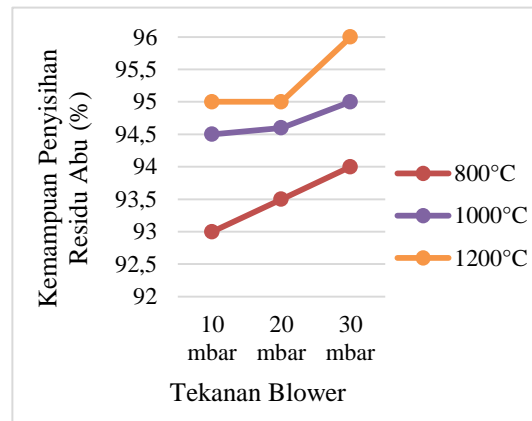
Presentase kemampuan penyisihan residu pada grafik diatas mengalami kenaikan tetapi nilai kenaikannya tidak terlalu besar pada variasi dengan waktu bakar 80 menit, tekanan blower 10 mbar dan pada ketiga variasi suhu bakar yaitu 0,6% dan 1 %, pada tekanan blower 20 mbar kenaikan hanya sebesar 1% dan 0,5 %. Hal ini dikarenakan pada variasi tersebut terjadi pemanasan awal pada sampah medis sehingga sampah medis yang ada dalam ruang bakar belum terbakar sempurna dikarenakan waktu pembakaran tidak cukup lama dan juga terdapat partikel yang besar di dalam abu pasca bakar, sehingga waktu bakar 80 menit belum optimal.



Gambar 2. Hubungan Variasi Suhu Pembakaran dan Tekanan Blower pada Waktu Pembakaran 100 menit terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 2m³

Pada gambar diatas, nilai peyisihan ini mulai naik sebesar 0,7% dan 0,8% dikarenakan waktu pembakaran menjadi lebih lama dan panas di dalam ruang bakar mulai terpenuhi sehingga sampah medis dapat dimusnahkan secara merata yang dikarenakan waktu bakar menjadi lebih lama yaitu 100 menit.

Dari ketiga grafik diatas didapatkan bahwa semakin tinggi suhu dan juga semakin lama waktu pembakaran maka semakin besar pula kemampuan penyisihan abu pada pembakaran (Nurhayati dan Triastuti, 2011). Indikator dai pembakaran yang sempurna adalah kualitas asap yang dihasilkan tidak berwarna dan juga abu pasca bakar memiliki partikel yang lebih kecil. Hal ini juga dipengaruhi oleh tekanan blower 30 mbar maka udara yang masuk menjadi lebih besar dan membuat nyala api akan lebih merata ke ruang bakar (Putri, dkk.,2015).



Gambar 3. Hubungan Variasi Suhu Pembakaran dan Tekanan Blower pada Waktu Pembakaran 100 menit terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 2m³

Untuk faktor berpengaruh lainnya yaitu komposisi sampah dimana pada penelitian ini menggunakan berat sampah sebanyak 300 kg pada sekali bakar untuk setiap variasi variabel perlakuan. Berat limbah yang dimasukkan tidak melebihi kapasitas terpasang dari insinerator statis. Dengan berat sampah yang lebih sedikit dari kapasitas ruang bakar insinerator, maka ketersediaan udara untuk proses pembakaran lebih banyak sehingga tidak memerlukan waktu pembakaran lebih lama dari 120 menit.

Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran serta Tekanan Blower terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu pada Insinerator Statis 3 m³

Pada Tabel 3 membandingkan pengaruh waktu pembakaran 80, 100, dan 120 menit dengan tekanan 10, 20, 30 mbar dengan variasi suhu pembakaran, dan juga membandingkan pengaruh waktu bakar 100 dan 120 menit dengan tekanan blower dan suhu bakar yang telah ditetapkan. Perbandingan ini dilakukan untuk mendapatkan berat abu pasca bakar dengan berat sampah yang dibakar sebanyak 600 kg yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan presentase penyisihan residu abu yang dilakukan duplo, hasil yang dicantumkan ada hasil pada percobaan kedua.

Tabel 3. Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran serta Tekanan Blower terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 3 m³

Waktu Bakar	Tekanan Blower	Kemampuan Penyisihan Residu Abu (%)		
		800°C	1000°C	1200°C
80 menit	10	90	90,4	91
	20	90	91,6	92
	30	91	92	93
100 menit	10	91	92	93,5
	20	91	92,4	94
	30	92	93	95
120 menit	10	93	94	95
	20	94	95,7	97
	30	96	97	98,1

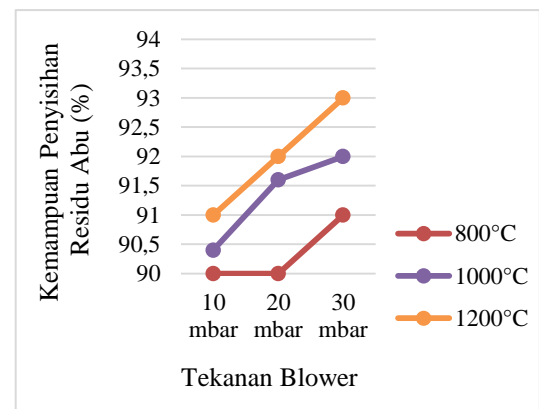
Dengan hasil berat residu abu yang dilakukan dengan cara duplo, dapat diperoleh presentase kemampuan penyisihan residu abu pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Pengaruh Waktu dan Suhu Pembakaran serta Tekanan Blower terhadap Berat Residu Abu Insinerator Statis 3 m³

Waktu Bakar	Tekanan Blower	Berat Residu Abu (kg)		
		800°C	1000°C	1200°C
80	10	60	57,5	54

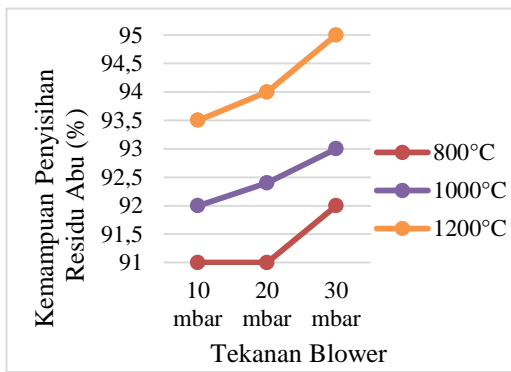
Waktu Bakar	Tekanan Blower	Berat Residu Abu (kg)		
		800°C	1000°C	1200°C
menit	20	60	50	48
	30	50	48	42
	100	10	54	48
100	20	54	45,5	36
	30	48	42	30
	120	10	42	36
20		36	26	18
30		24	28	11,5

Untuk lebih menjelaskan Tabel 4 tersebut, dapat dilihat pada Gambar 4.



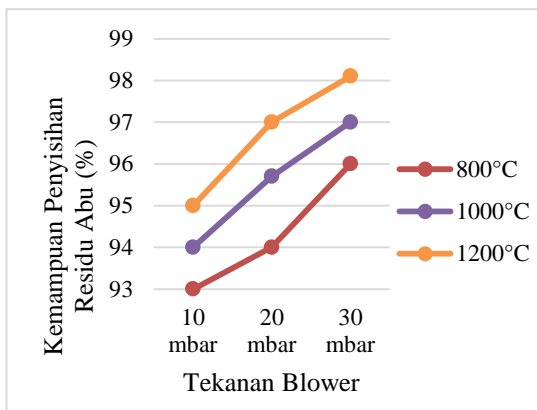
Gambar 4. Hubungan Variasi Suhu Pembakaran dan Tekanan Blower pada Waktu Pembakaran 80 menit terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 3m³

Kenaikan presentase kemampuan penyisihan pada tekanan blower 10mbar tidak terlalu banyak yaitu 0,4% dan 0,6%. Hal ini dikarenakan waktu bakar hanya 80 menit dan tekanan blower tidak cukup besar maka kebutuhan udara yang masuk untuk proses bakar tidak maksimal.



Gambar 5. Hubungan Variasi Suhu Pembakaran dan Tekanan Blower pada Waktu Pembakaran 100 menit terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 3m³

Terjadi lonjakan dibandingkan dengan presentase penyisihan residu abu pada waktu pembakaran 80 menit dikarenakan waktu pembakaran menjadi lebih lama dan panas di dalam ruang bakar mulai terpenuhi sehingga sampah medis dapat dimusnahkan secara merata.



Gambar 6. Hubungan Variasi Suhu Pembakaran dan Tekanan Blower pada Waktu Pembakaran 120 menit terhadap Kemampuan Penyisihan Residu Abu Insinerator Statis 3m³

Dari ketiga grafik pada insinerator statis 3m³ didapatkan bahwa semakin tinggi suhu dan juga semakin lama waktu pembakaran maka semakin besar pula kemampuan penyisihan abu pada pembakaran (Nurhayati & Triastuti, 2011). Faktor pendukung lainnya adalah berat limbah yang dimasukkan tidak melebihi kapasitas terpasang dari insinerator statis. Dengan berat sampah yang lebih sedikit maka ketersediaan udara untuk proses pembakaran lebih banyak sehingga tidak memerlukan waktu pembakaran lebih lama dari 120 menit.

Kualitas Abu dan Asap pada Hasil Pembakaran Sampah Medis Infeksius

Kualitas abu dan asap hasil pembakaran diamati secara langsung untuk warna asap pada saat pembakaran dilakukan dengan ketiga variasi dari variabel bebas terhadap insinerator statis 2m³ dan 3m³ dan kualitas abu diamati setelah proses insinerasi selesai dan ketika abu telah dingin.

Hasil Uji TCLP dan Emisi Udara

Berikut ini adalah hasil uji TCLP pada residu abu insinerator 2 m³ dengan variasi suhu bakar 1200°C, waktu bakar 120 menit dan tekanan blower 30 mbar :

Tabel 5. Uji TCLP pada Residu Abu Insinerator Statis 2 m³

No.	Parameter	Unit	Hasil Uji	Baku Mutu (**)
1	Plumbum (Pb)	mg/l	< 0.0405	5.0
2	Cadmium (Cd)	mg/l	< 0.0198	1.0
3	Chrom (Cr)	mg/l	0.0927	5.0
4	Copper (Cu)	mg/l	< 0.0378	10.0
5	Cobalt (Co)	mg/l	< 0.0200	-
6	Nickel (Ni)	mg/l	< 0.0378	-
7	Zinc (Zn)	mg/l	0.5214	50.0
8	Ferro (Fe)	mg/l	< 0.0037	-
9	Mangan (Mn)	mg/l	0.2461	-

Berikut ini adalah hasil uji TCLP pada residu abu insinerator 3 m³ dengan variasi suhu bakar 1200°C, waktu bakar 120 menit dan tekanan blower 30 mbar :

Tabel 6. Uji TCLP pada Residu Abu Insinerator Statis 3m³

No.	Parameter	Unit	Hasil Uji	Baku Mutu (**)
1	Plumbum (Pb)	mg/l	< 0.0405	5.0
2	Cadmium (Cd)	mg/l	< 0.0198	1.0
3	Chrom (Cr)	mg/l	0.0927	5.0
4	Copper (Cu)	mg/l	< 0.0378	10.0
5	Cobalt (Co)	mg/l	< 0.0200	-
6	Nickel (Ni)	mg/l	< 0.0378	-
7	Zinc (Zn)	mg/l	0.5214	50.0
8	Ferro (Fe)	mg/l	< 0.0037	-
9	Mangan (Mn)	mg/l	0.2461	-

Berikut ini adalah hasil uji Emisi pada kualitas asap insinerator 2 m³ dengan variasi suhu bakar 1200°C, waktu bakar 120 menit dan tekanan blower 20 mba.

Tabel 7. Uji Emisi Udara pada Insinerator Statis 2m³

No.	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1.	Partikulat	7	50	mg/Nm ³
2.	Sulfur Dioksida	<0.08	250	mg/Nm ³
3.	Nitrogen Dioksida	242.13	300	mg/Nm ³
4.	Hidrogen Florida	0.38	10	mg/Nm ³
5.	Karbon Monoksida	18.25	100	mg/Nm ³
6.	Hidrogen Klorida	0.72	70	mg/Nm ³
7.	Total Hidrokarbon	<0.009	35	mg/Nm ³
8.	Arsen	0.172	1	mg/Nm ³
9.	Kadmium	<0.009	0,2	mg/Nm ³
10.	Kromium	<0.05	1	mg/Nm ³
11.	Timbal	<0.09	5	mg/Nm ³
12.	Merkuri	<0.008	0.2	mg/Nm ³
13.	Talium	<0.03	0.2	mg/Nm ³
14.	Opasitas	4	10	%

Berikut ini adalah hasil uji Emisi pada kualitas asap insinerator 3 m³ dengan variasi suhu bakar 1200°C, waktu bakar 120 menit dan tekanan blower 30 mbar :

Tabel 8. Uji Emisi Udara pada Insinerator Statis 3m³

No.	Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan
1.	Partikulat	5	50	mg/Nm ³
2.	Sulfur Dioksida	<0.05	250	mg/Nm ³
3.	Nitrogen Dioksida	231.06	300	mg/Nm ³
4.	Hidrogen Florida	0.25	10	mg/Nm ³
5.	Karbon Monoksida	13.45	100	mg/Nm ³
6.	Hidrogen Klorida	0.61	70	mg/Nm ³
7.	Total Hidrokarbon	<0.008	35	mg/Nm ³
8.	Arsen	0.163	1	mg/Nm ³
9.	Kadmium	<0.008	0,2	mg/Nm ³
10.	Kromium	<0.03	1	mg/Nm ³
11.	Timbal	<0.05	5	mg/Nm ³
12.	Merkuri	<0.006	0.2	mg/Nm ³
13.	Talium	<0.01	0.2	mg/Nm ³
14.	Opasitas	4	10	%

4. KESIMPULAN

1. Kondisi optimal dari insinerator statis 2m³ dan 3m³ dalam memusnahkan sampah medis dapat dilihat dari nilai kemampuan penyisihan residu abu pembakaran yaitu pada kapasitas 2m³ menghasilkan residu abu paling sedikit 12 kg dari 300 kg, sedangkan pada kapasitas 3m³ menghasilkan residu abu paling sedikit 11,5 kg dari 600 kg.
2. Variabel bebas yang mengoptimalkan kinerja insinerator statis 2m³ adalah waktu pembakaran 120 menit, suhu pembakaran 1200°C, dan tekanan blower 20 mbar. Pada insinerator statis 3m³ variabel bebas yang optimal adalah waktu pembakaran 120 menit, suhu pembakaran 1200°C dan tekanan blower 30 mbar

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, S.N., Nugroho, R.A., Mardiyah, I., dan Oktavia, N. (2017). Rancang Bangun Insinerator Limbah Medis Berteknologi Plasma sebagai Filter Udara Hasil Pembakaran Limbah Medis, 575-579.

Anonim. (2019). Hasil Wawancara Pribadi : 28 Januari 2019. RSUD Dr.Soetomo Surabaya.

Eka, P., & Prakoso, B. (2015). Insinerator. *Jurnal Ilmu Teknologi Lingkungan, 1*, 6-27.

Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, (1995). Keputusan Kepala BAPEDAL Nomor 1 Tahun 1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. BAPEDAL: Jakarta.

Kepala RSUD Dr.Soetomo Surabaya. (2019). Prosedur Pengelolaan Limbah Medis Padat RSUD Dr.Soetomo Surabaya. ISL: Surabaya.

Nurhayati, I., & Triastuti, S. A. (2011). Pengolahan Sampah Medis Jarum RS. DR. Sutomo Surabaya Dengan Incenerator Modifikasi. *WAKTU, 9*(1), 25-33.

Putri, M., Fikri, M., & Hermawan, K. (2015). Studi Terhadap Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemusnahan Limbah Medis Menggunakan Incinerator Statis RSUD Dr.R Soetijono Blora Jawa Tengah. *Ilmu Kesehatan Lingkungan, 2*(1), 23-29.