

Rancang Bangun Prototipe Insenerator Untuk Sampah Rumah Sakit Dengan Teknologi Pengendalian Polusi Udara

Suryanto¹, Musrady Mulyadi^{2*}, Ummi Kalsum Mustam³, Medi Adeyanto Sapan⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*musrady_mulyadi@poliupg.ac.id

Abstract: *Medical waste has become a major problem today in Indonesia because of the COVID-19 pandemic which has resulted in many hospitals being full of patients, resulting in an increase in medical waste. Handling of waste that is carried out is still not appropriate so that waste accumulates in garbage collection sites and in final disposal sites. As a result, the waste becomes a means of germs, bacteria, and animals that can spread disease to the surrounding environment. One way that is often used is to burn waste to reduce its volume. The incinerator is a modern means of burning waste by using a combustion system up to a temperature of 1000°C and can reduce the volume of waste by up to 90%. The research method used in making the design of the incinerator is starting from the design of the combustion chamber, the manufacturing and assembly stages, until testing is carried out on the tool. The test results from the incinerator can accommodate as much as 5kg to 10kg of waste with a combustion chamber volume of 0.165 m³. The highest temperature of the incinerator is at minute 15 with a temperature reaching 270.6°C, while the lowest temperature is at minute 150 with a temperature of 42.5°C.*

Keywords: *Medical waste, waste burner, Incinerator.*

Abstrak: Limbah medis saat ini menjadi masalah besar di Indonesia karena adanya pandemi COVID-19 yang mengakibatkan banyak rumah sakit yang penuh dengan pasien sehingga mengakibatkan peningkatan limbah medis. Penanganan sampah yang dilakukan masih belum tepat sehingga sampah menumpuk di tempat penampungan sampah dan di tempat pembuangan akhir. Akibatnya, limbah tersebut menjadi sarana kuman, bakteri, dan hewan yang dapat menyebarkan penyakit ke lingkungan sekitar. Salah satu cara yang sering digunakan adalah membakar sampah untuk mengurangi volumenya. Insenerator merupakan alat pembakaran sampah modern dengan menggunakan sistem pembakaran sampai dengan suhu 1000°C dan dapat mengurangi volume sampah hingga 90%. Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan desain insenerator ini dimulai dari perancangan ruang bakar, tahap pembuatan dan perakitan, hingga dilakukan pengujian terhadap alat tersebut. Hasil pengujian dari insenerator mampu menampung sampah sebanyak 5kg hingga 10kg dengan volume ruang bakar 0,165 m³. Suhu insenerator tertinggi pada menit ke 15 dengan suhu mencapai 270,6°C, sedangkan suhu terendah pada menit ke 150 dengan suhu 42,5°C.

Kata kunci: Limbah medis, pembakar limbah, Insenerator.

I. PENDAHULUAN

Sampah saat ini adalah salah satu masalah yang paling sering di bahas di dunia. Seiring berjalannya zaman dan perkembangan bidang industri dan perkotaan, sampah pun akan meningkat jumlahnya. Penanganan sampah yang kurang tepat akan mengakibatkan sampah menumpuk di tempat penampungan sampah sementara maupun di tempat pembuangan akhir. Masalah sampah yang menumpuk pun menghasilkan masalah baru yaitu sumber penyakit, sampah juga bisa menjadi sarana kuman, bakteri, maupun hewan-hewan yang dapat menyebarkan penyakit ke lingkungan sekitar [1]. Salah satu cara yang paling sering kita lakukan untuk mengurangi volume sampah adalah dengan cara di bakar [2].

Seiring dengan perkembangan zaman pun cara membakar sampah mengalami perkembangan. Insenerator menjadi alat pembakaran sampah modern dengan menggunakan sistem pembakaran hingga suhu 1000°C dan dapat mengurangi volume sampah hingga 90%. Namun polusi hasil pembakaran insenerator ini juga menjadi salah satu masalah yang cukup di perhatikan saat ini. Komposisi polusi udara yang diakibatkan insenerator adalah gas-gas yang berbahaya seperti Nitrogen Oksida (NOx),

Karbon Monoksida (CO), Sulfur Oksida (SO₂), dan Karbon Dioksida (CO₂) [3]. Jika gas-gas berbahaya tersebut terlepas ke lingkungan masyarakat maka akan menjadi masalah kesehatan bagi masyarakat sekitar [4-5].

Saat ini, sampah medis menjadi masalah yang utama di Indonesia karena masalah pandemi COVID-19 yang berakibat banyak rumah sakit penuh dengan pasien dan hal tersebut mengakibatkan sampah medis pun ikut melunjak. Sampah yang di hasilkan layanan kesehatan di Indonesia pada saat ini sebesar 300 ton perhari, naik 200% sebelum pandemi virus Corona berlangsung di Indonesia. Hal tersebut diperburuk dengan komposisi sampah yang di dominasi sampah plastik sebesar 75% [6].

Pemusnahan sampah pada rumah sakit pun menjadi masalah serius saat ini dikarenakan emisi udara dari insenerator tersebut yang dapat mencemari udara apabila tidak memiliki pengendalian udara yang baik . Hal tersebut disebabkan juga karena harga insenerator yang sangat mahal sehingga banyak rumah sakit belum memiliki insenerator, sehingga membuang sampah ke tempat pembuangan akhir dan berakhir dibakar dengan cara konvensional. Namun sekarang sudah banyak dikembangkan insenerator skala kecil untuk rumah-rumah sakit di Indonesia namun itupun tidak dilengkapi dengan sistem pengendalian polusi udara. Jika dibiarkan terus terjadi maka polusi udara akan makin meningkat dengan sumbangan sampah B3 dari rumah sakit yang berbahaya. Dengan adanya insenerator skala kecil dengan sistem pengendalian polusi udara dapat membantu rumah sakit dan lingkungan sekitar menghindari polusi udara [7-8].

Insenerator adalah teknologi pembakaran sampah yang dapat mengurangi volume sampah hingga 80 – 90 % dengan cara dibakar dengan suhu yang sangat tinggi, penggunaan insenerator sebagai alat pemusnah sampah ini merupakan inovasi dari teknik pembakaran seperti biasanya. Namun insenerator sering dikaitkan dengan emisi atau polusi udara yang dihasilkan sehingga penggunaannya juga menuai banyak kontroversi [9-10], contohnya pembakaran sampah rumah sakit dengan insenerator dapat menyebabkan banyak dampak penyakit seperti mutasi gen hingga penyakit bawaan.



Gambar 1. Insenerator

Penelitian ini bertujuan Untuk meminimalisir biaya listrik ini dan menjamin keandalan sistem yang baik sesuai dengan permasalahan yang timbul, diimana dari kedua sumber pemabngki *hybrid* ini saling menutupi beban listrik yang akan disuplai untuk menjamin keandalan sistem secara kontinyu.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini berlangsung selama 6 bulan yang dimulai pada bulan Maret sampai dengan bulan Agustus 2021. Perancangan, pembuatan dan perakitan prototipe insenerator yang akan digunakan berlangsung pada bulan Maret sampai bulan Juni 2021. Pembangunan alat yang telah dirancang dan pengambilan data dilakukan dua bulan terakhir yaitu bulan Juni dan Juli. Pengambilan data akan dilaksanakan di Lab.Konversi Energi Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang.

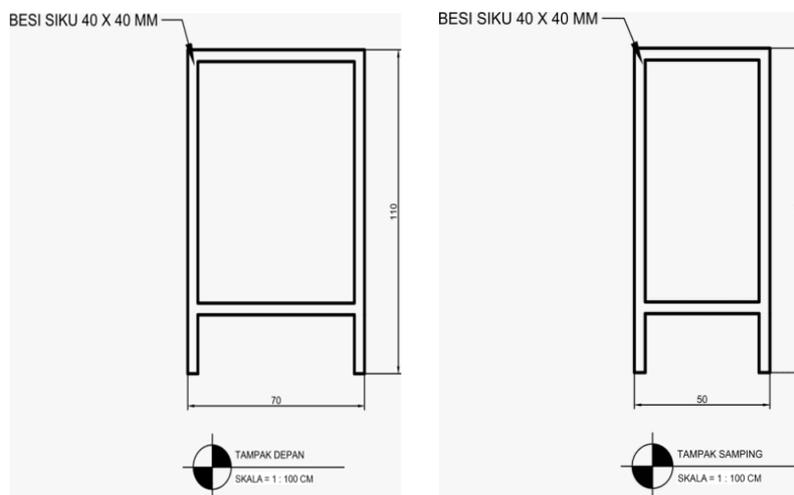
B. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan adalah Meteran, Palu, Termokopel, Timbangan, Burner, Bor Listrik, Las Listrik.

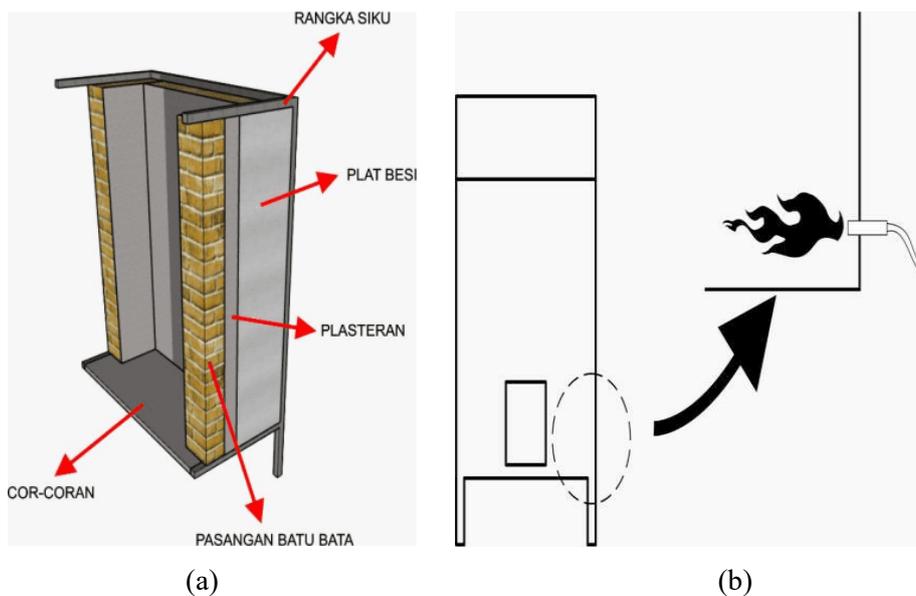
C. Tahap Perancangan

1. Perancangan Rangka Ruang Bakar

Rangka ruang bakar dibentuk menggunakan besi siku 40 x 40 x 4 (mm) yang sambung menggunakan mesin las listrik.



Gambar 2. Rancangan Rangka Ruang Bakar



Gambar 3. (a) Rancangan Lapisan Ruang Bakar (b) Posisi Burner pada Ruang Bakar

2. Perancangan Ruang Bakar

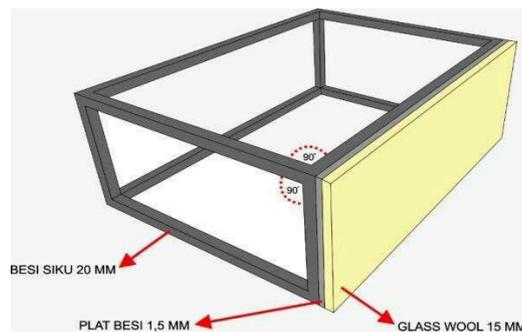
Setelah rangka ruang bakar dibuat ruang bakar dibentuk menggunakan lapisan batu bata, campuran semen dan pasir, dan plat besi. Ruang bakar juga dilengkapi dengan burner modifikasi yang dapat disambung dengan gas LPG yang dibuat menggunakan pipa besi 3,4 inc dengan ketebalan 4 mm yang dirakit agar dapat tersambung dengan spuyer gas dan selang gas LPG.

3. Rancangan Penutup Ruang Bakar

Penutup ruang bakar dibuat menggunakan besi hollow berukuran 2x2x2 (cm) dengan dimensi 70 x 50 x 25 (cm) yang sambung menggunakan mesin las. Penutup ruang bakar dialapisi dengan besi plat dan glasswool.



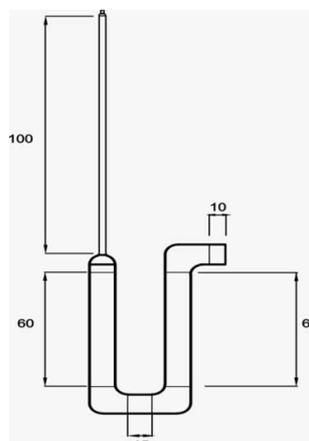
Gambar 4. Rancangan Penutup Insenerator (a) tampak depan, (b) tampak samping



Gambar 5. Rangka Pembentuk Penutup Ruang Bakar

4. Rancangan Pipa Pembuangan Ruang Bakar

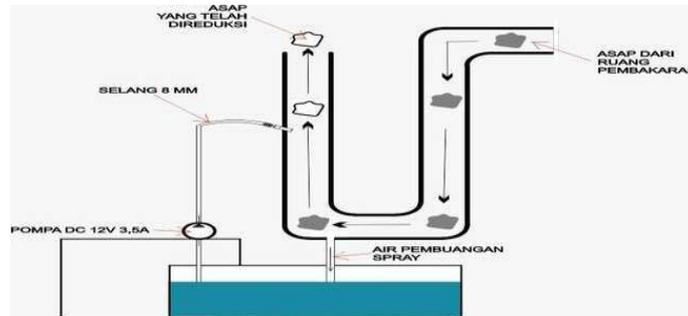
Pipa pembuangan asap dibuat dengan menggunakan pipa besi hitam 3 inch dan pipa pvc 3/4 inch. Pipa besi disambung menggunakan mesin las listrik dengan membentuk huruf “U”.



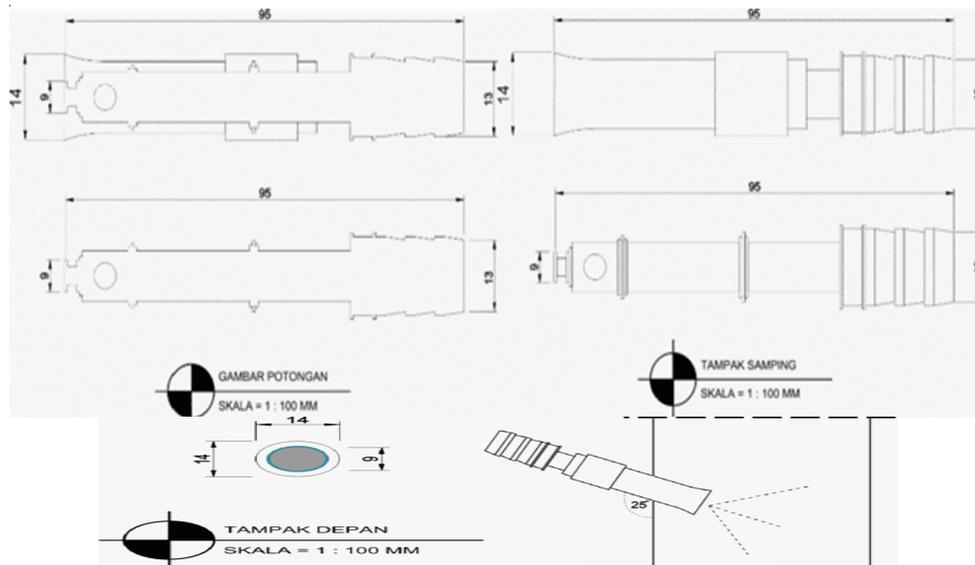
Gambar 6. Rancangan Pipa Asap Pembakaran

5. Rancangan Spray Air

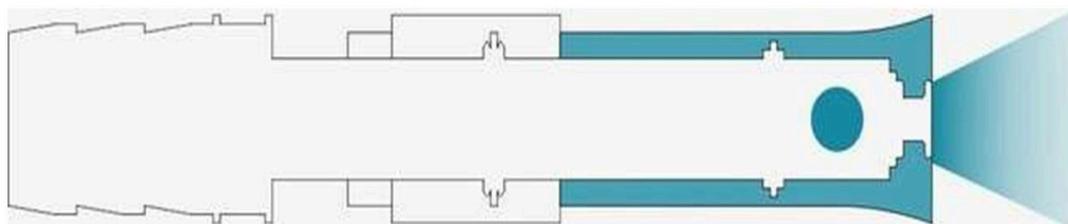
Sistem spray air dibuat bersirkulasi agar mengurangi pemborosan air selama pembakaran berlangsung. Model nozzle dibuat agar luasan air yang bersinggungan dengan asap hasil pembakaran dapat maksimal mereduksi partikel-partikel asap pembakaran dan juga sudut kemiringan nozzle di buar berlawanan dengan arah asap pembakaran.



Gambar 7. Rancangan Spray Air



Gambar 8. Rancangan Nozzle Air



Gambar 9. Ilustrasi Semburan Air pada Nozzle

6. Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data setelah proses pengujian Prototipe Insenerator Untuk Sampah Rumah Sakit Dengan Teknologi Pengendalian Polusi Udara maka selanjutnya ada beberapa parameter yang perlu dicatat yaitu Suhu, Waktu, Berat, Panas Pembakaran, Rendemen Abu, Debit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Insenerator

1. Data Pengujian dengan Berat Sampah 5 kg.

Data pengujian dengan berat 5 kg diambil pada tanggal 17 september 2021 bertempat di Lab Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian dengan Berat Sampah 5 kg.

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Keterangan
1	0	33,9	Sebelum pembakaran
2	5	204,5	Api menyala
3	10	188,4	Api menyala
4	15	168,6	Api menyala
5	20	136,4	Api menyala
6	25	122,5	Api menyala
7	30	118,7	Api menyala
8	35	111,4	Api menyala
9	40	110,4	Api menyala
10	45	104,3	Api menyala
11	50	100,2	Api menyala
12	55	96,6	Api padam
13	60	91,2	Api padam
14	65	87,8	Api padam
15	70	89,4	Api padam

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Keterangan
16	75	86,4	Api padam
17	80	83,9	Api padam
18	85	80,5	Api padam
19	90	80,4	Api padam
20	95	75,4	Api padam
21	100	71,2	Api padam
22	105	73,4	Api padam
23	110	68,4	Api padam
24	115	61,4	Api padam
25	120	55,5	Api padam
26	125	53,4	Api padam
27	130	54,8	Api padam
28	135	51,2	Api padam
29	140	45,1	Api padam
30	145	46,7	Api padam
31	150	44,1	Api padam

2. Data Pengujian dengan Berat Sampah 10 kg.

Data pengujian dengan berat 10 kg diambil pada tanggal 18 september 2021 bertempat di Lab Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian dengan Berat Sampah 10 kg.

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Keterangan
1	0	34,0	Sebelum Pembakaran
2	5	234.6	Api menyala
3	10	222.1	Api menyala
4	15	270.6	Api menyala
5	20	234.5	Api menyala
6	25	231.5	Api menyala
7	30	148.1	Api menyala
8	35	146.2	Api menyala
9	40	132.4	Api menyala
10	45	130.2	Api menyala
11	50	131.7	Api menyala
12	55	128.5	Api menyala
13	60	128.1	Api menyala
14	65	122.8	Api menyala
15	70	119.4	Api menyala
16	75	117.5	Api menyala
17	80	112.3	Api menyala
18	85	112.9	Api menyala
19	90	110.2	Api menyala

No.	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Keterangan
24	115	96.3	Api padam
25	120	92.9	Api padam
26	125	88.7	Api padam
27	130	85.4	Api padam
28	135	82.3	Api padam
29	140	79.5	Api padam
30	145	75.6	Api padam
31	150	72	Api padam
32	155	69.7	Api padam
33	160	68.3	Api padam
34	165	65.6	Api padam
35	170	63.7	Api padam
36	175	62.3	Api padam
37	180	68.6	Api padam
38	185	60.1	Api padam
39	195	58.5	Api padam
40	200	58.3	Api padam
41	205	56.5	Api padam
42	210	54.5	Api padam
43	215	52.9	Api padam

20	95	106.2	Api menyala
21	100	101.9	Api menyala
22	105	97.3	Api padam
23	110	96.2	Api padam

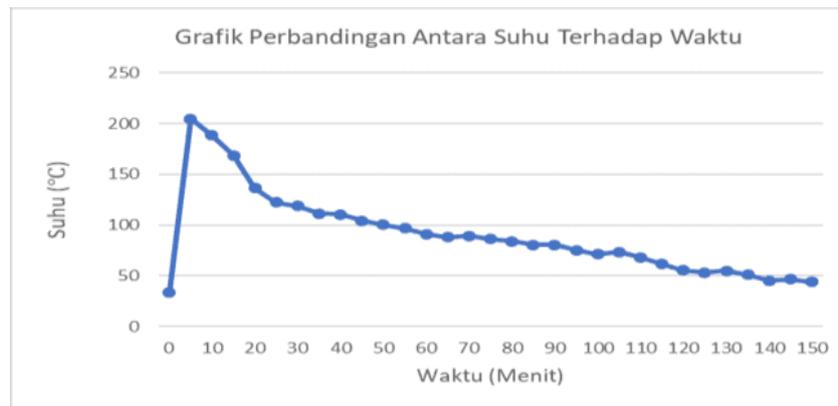
44	220	51.4	Api padam
45	225	46.5	Api padam
46	230	46.6	Api padam
47	233	42.5	Api padam

B. Hasil Penelitian dan Pengujian

1. Tabel 3. Hasil Analisis Data dengan Berat Sampah 5 kg.

No.	Waktu (menit)	Suhu (0C)	Volume air (liter)	Berat Abu (kg)	Panas Pembakaran (kcal)	Debit Air (L/s)	Rendemen Abu (%)
1	0	33,9	-	-	-	-	-
2	5	204,5	18	-	30	0.097	-
3	10	188,4	18	-	30	0.097	-
4	15	168,6	18	-	30	0.097	-
5	20	136,4	18	-	30	0.097	-
6	25	122,5	18	-	30	0.097	-
7	30	118,7	18	-	30	0.097	-
8	35	111,4	18	-	30	0.097	-
9	40	110,4	18	-	30	0.097	-
10	45	104,3	18	-	30	0.097	-
11	50	100,2	18	-	30	0.097	-
12	55	96,6	18	-	30	0.097	-
13	60	91,2	18	-	30	0.097	-
14	65	87,8	18	-	30	0.097	-
15	70	89,4	18	-	30	0.097	-
16	75	86,4	18	-	30	0.097	-
17	80	83,9	18	-	30	0.097	-
18	85	80,5	18	-	30	0.097	-
19	90	80,4	18	-	30	0.097	-
20	95	75,4	18	-	30	0.097	-
21	100	71,2	18	-	30	0.097	-
22	105	73,4	18	-	30	0.097	-
23	110	68,4	18	-	30	0.097	-
24	115	61,4	18	-	30	0.097	-
25	120	55,5	18	-	30	0.097	-
26	125	53,4	18	-	30	0.097	-
27	130	54,8	18	-	30	0.097	-
28	135	51,2	18	-	30	0.097	-
29	140	45,1	18	-	30	0.097	-
30	145	46,7	18	-	30	0.097	-
31	150	44,1	18	0,39	30	0.097	7.8

Pada gambar 10 memperlihatkan grafik hubungan antara suhu terhadap waktu pengujian dengan berat sampah 5 Kg. Pada gambar 10 dapat kita lihat hasil pembakaran sampah menggunakan insenerator mencapai suhu tertinggi pada menit ke 5 dengan suhu mencapai 204,5°C, suhu tertinggi didapatkan karena volume sampah yang berada di dalam ruang bakar masih tergolong banyak sehingga suhu ruangan pembakaran yang didapatkan masih tinggi. Sedangkan suhu terendah terjadi pada saat akhir pembakaran yakni pada menit ke 150 dengan suhu 44.1°C, hal ini disebabkan karena fase pembakaran sudah berada ditahap akhir yakni bahan bakar yang di bakar telah hangus semua. Pada table 4.3 juga kita melihat berat sisa hasil pembakaran sampah yakni 0,39 kg atau Rendemen Abu pembakaran mencapai 7,8% dari berat awal sampah.



Gambar 10. Grafik hubungan antara suhu terhadap waktu dengan berat sampah 5 Kg

2. Tabel 4. Hasil Analisa dengan Berat Sampah 10 Kg

No.	Waktu (menit)	Suhu (0C)	Volume air (liter)	Berat Abu (kg)	Panas Pembakaran (kcal)	Debit Air (L/s)	Rendemen Abu (%)
1	0	34	18	-	30	-	-
2	5	234.6	18	-	30	0.097	-
3	10	222.1	18	-	30	0.097	-
4	15	270.6	18	-	30	0.097	-
5	20	234.5	18	-	30	0.097	-
6	25	231.5	18	-	30	0.097	-
7	30	148.1	18	-	30	0.097	-
8	35	146.2	18	-	30	0.097	-
9	40	132.4	18	-	30	0.097	-
10	45	130.2	18	-	30	0.097	-
11	50	131.7	18	-	30	0.097	-
12	55	128.5	18	-	30	0.097	-
13	60	128.1	18	-	30	0.097	-
14	65	122.8	18	-	30	0.097	-
15	70	119.4	18	-	30	0.097	-
16	75	117.5	18	-	30	0.097	-
17	80	112.3	18	-	30	0.097	-
18	85	112.9	18	-	30	0.097	-
19	90	110.2	18	-	30	0.097	-
20	95	106.2	18	-	30	0.097	-
21	100	101.9	18	-	30	0.097	-
22	105	97.3	18	-	30	0.097	-
23	110	96.2	18	-	30	0.097	-
24	115	96.3	18	-	30	0.097	-
25	120	92.9	18	-	30	0.097	-
26	125	88.7	18	-	30	0.097	-
27	130	85.4	18	-	30	0.097	-
28	135	82.3	18	-	30	0.097	-
29	140	79.5	18	-	30	0.097	-
30	145	75.6	18	-	30	0.097	-
31	150	72	18	-	30	0.097	-
32	155	69.7	18	-	30	0.097	-
33	160	68.3	18	-	30	0.097	-

34	165	65.6	18	-	30	0.097	-
35	170	63.7	18	-	30	0.097	-
36	175	62.3	18	-	30	0.097	-
37	180	68.6	18	-	30	0.097	-
38	185	60.1	18	-	30	0.097	-
39	195	58.5	18	-	30	0.097	-
40	200	58.3	18	-	30	0.097	-
41	205	56.5	18	-	30	0.097	-
42	210	54.5	18	-	30	0.097	-
43	215	52.9	18	-	30	0.097	-
44	220	51.4	18	-	30	0.097	-
45	225	46.5	18	-	30	0.097	-
46	230	46.6	18	-	30	0.097	-
47	233	42.5	18	0,73	30	0.097	7,3



Gambar 11. Grafik hubungan antara suhu terhadap waktu dengan berat sampah 10 Kg

Pada gambar 11 memperlihatkan grafik hubungan antara suhu terhadap waktu pengujian dengan berat sampah 10 Kg. Pada gambar 11 dapat kita lihat hasil pembakaran sampah menggunakan insenerator mencapai suhu tertinggi pada menit ke 15 dengan suhu mencapai 270,6°C, suhu tertinggi didapatkan karena volume sampah yang berada di dalam ruang bakar masih tergolong banyak sehingga suhu ruangan pembakaran yang didapatkan masih tinggi. Sedangkan suhu terendah terjadi pada saat akhir pembakaran yakni pada menit ke 150 dengan suhu 42,5°C, hal ini disebabkan karena fase pembakaran sudah berada ditahap akhir yakni bahan bakar yang di bakar telah hangus semua. Pada table 4.4 juga kita melihat berat sisa hasil pembakaran sampah yakni 0,73 kg atau Rendemen Abu pembakaran mencapai 7,3% dari berat awal sampah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Rancangan Prototipe Inseterator yang terdiri dari ruang bakar yang tersusun dari batu bata dan campuran semen dan pasir. Susunan ruang bakar ini berguna untuk menahan panas dari ruang bakar saat pembakaran berlangsung. Untuk pemantik pembakaran digunakan burner modifikasi dari pipa besi yang di rangkai menggunakan spuyer yang dapat disambung dengan tabung gas lpg. Pipa pembuangan asap insenerator dilengkapi dengan spray air, hail ini bertujuan untuk mereduksi partikel-partikel polusi udara yang terbawa oleh asap pembakaran selama pembakaran berlangsung.

- 2) Prinsip kerja alat dalam mengurangi emisi gas adalah menyeprotkan air menggunakan nozel agar asap yang membawa partikel-partikel dapat tersaring dengan air sehingga asap yang keluar dilingkungan tidak membawa partikel-partikel dari ruangan bakar.
- 3) Hasil uji alat adalah dapat mengurangi partikel-partikel asap hasil pembakaran ruangan, ini diindikasikan dengan perubahan warna air hasil semprotan spray nozel yang kontak dengan asap pembakaran, air berubah dari bening menjadi warna gelap. Indikasi perubahan warna air hasil semprotan nozzle membuktikan bahwa adanya zat-zat yang terkandung dalam asap pembakaran yang terbawa dengan air semprotan air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ananda Rizky. 2019. Sampah: Pengertian, Jenis, Penyakit, Energi, dan Dampak Buruk. <https://foresteract.com/sampah/> (diakses 5 Januari 2020).
- [2] Rusdiana, H. M., Hari Kusnanto, and Retna Siwi Padmawati.(2014). "Kebijakan Pembakaran Limbah Medis Padat dengan Insenerator di RSUD Dr. H. Moch. Ansari Saleh Banjarmasin." *Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia: JKKI* 3.1: 19-23.
- [3] Batterman, Stuart, *Sanitation Water and World Health Organization.*(2004). *Findings on an Assessment of Small-scale Incinerators for Health-care Waste*. No. WHO/SDE/WSH/04.07. World Health Organization.
- [4] Saraswati S. 2020. Pengelolaan Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Kepmenkes RI Nomor 1204/Menkes/SK/X/2004. <http://manajemenrumahsakit.net/> (diakses 25 Januari 2020)
- [5] Tait, Peter W., et al.2020. "The health impacts of waste incineration: a systematic review." *Australian and New Zealand journal of public health* 44.1\
- [6] Yuyuni .2020. Indonesia krisis limbah medis .<https://www.ekuatorial.com/id/yuyun-i-drwiega-indonesia-krisis-limbah-medis> (diakses 5 Januari 2020)
- [7] Hermansyah. 2017. "Rancang Bangun Insenerator Dua Tahap (Solusi Mengatasi Polusi Udara Pada Pembakaran Sampah)" Universitas Islam Negeri Alauddin : Makassar.
- [8] Sukamta, Sukamta, Andri Winata, and Thoharuddin. 2017 "Pembuatan Alat Incinerator Limbah Padat Medis Skala Kecil." *Semesta Teknika* 20.2
- [9] Kuo, Jia-Hong, et al. 2008. "The prospect and development of incinerators for municipal solid waste treatment and characteristics of their pollutants in Taiwan." *Applied Thermal Engineering* 28.17-18.
- [10] Lundtorp, Kasper, et al. 2002. "Treatment of waste incinerator air-pollution-control residues with FeSO₄: concept and product characterisation." *Waste management & research* 20.1