

## **RANCANG BANGUN INSINERATOR DUA TAHAP (SOLUSI MENGATASI POLUSI UDARA PADA PEMBAKARAN SAMPAH)**

Hermansyah, Muh Said L dan Hernawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar  
Email: hermansyah.fisika31071994@gmail.com, muhammad.saidlanto@uin-  
alauddin.ac.id, hernawati@uin-alauddin.ac.id

**Abstract:** This study aims to determine the model design and the incinerators tool mechanism to tackle air pollution in burning waste. The filter used is water by spraying using a spray nozzle on the tube filter. Testing is done by testing and observing the work incinerator combustion in incinerators and burning freely. Observations for plastic waste with a mass of 1 kg burned freely color black smoke, combustion rate 2 kg/hours, the combustion efficiency of 67.5 %. Combustion in incinerators two-stage color white smoke, combustion rate of 1.7 kg / h, the combustion efficiency of 67.5 %. At burning incinerator is better than burning freely.

**Keywords:** Insinerator, asap, water spray, air

### **1. PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Sampah merupakan masalah yang hampir dialami seluruh negara tak terkecuali Indonesia. Permasalahan yang dihadapi masyarakat sekarang ini adalah sampah yang semakin meningkat setiap harinya. Tingginya tingkat pertumbuhan penduduk mengakibatkan semakin banyaknya masyarakat yang menghasilkan sampah dari kebutuhan setiap harinya. Baik sampah organik maupun anorganik. Jika terus dibiarkan sampah-sampah ini akan jadi masalah yang sangat serius. Sampah-sampah tersebut yang terus menumpuk tentu saja mengganggu masyarakat setempat karena baunya yang tidak sedap.

Pada saat ini sedang berkembang alat pembakaran sampah yang disebut insinerator (Incinerator). Insinerator adalah sebuah alat yang menggunakan sistem insinerasi. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah menghancurkan sampah padat (solid) dengan membakar. Bahan-bahan bakar yang digunakan adalah sampah padatan. Proses insinerator ini dilakukan dengan membakar sampah pada temperatur tinggi (600 °C – 1.000 °C), sehingga sampah padat tersebut berubah bentuk menjadi abu.

Hasil penelitian sebelumnya oleh Kurdi (2017) tentang insinerator mini terdiri dari dua ruang bakar. Ruang bakar utama dan ruang bakar tingkat kedua. Pada ruang bakar utama suhu terkontrol 800 °C – 1.000 °C menggunakan burner dan blower sebagai pemasok udara, sedangkan ruang bakar tingkat kedua suhunya mencapai 1.100 °C menggunakan burner untuk membakar gas hasil dari ruang bakar utama. Terdapat panel kontrol digital dalam operasionalnya.

Dan terdapat cerobong cyclon pada ruang bakar kedua. Pada insinerator ini tidak terdapat asap hasil pembakaran dan tidak menimbulkan bising.

Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh perusahaan Maxpell Technology (2017) tentang insinerator maxpell yang terdiri dari cerobong asap yang berfungsi untuk mengarahkan asap ke ketinggian agar tidak menyebar ke permukiman dan mengganggu sistem pernafasan, Roof untuk melindungi sistem ruang pembakaran dari hujan, Splitcell yaitu komponen yang berfungsi menangkap partikel-partikel karbon dan mengurangi tingkat polusi asap, Insulation wall yaitu struktur pelindung sistem, penyangga bak pembakar sampah, dan menahan suhu udara ruang pembakaran agar tidak mempengaruhi udara luar, Waste entrance yaitu lubang untuk memasukkan sampah ke dalam ruang pembakaran. Waste Chamber yaitu ruang pembakaran sampah dengan volume 1.2 m<sup>3</sup> dan 1.8 m<sup>3</sup>, Chamber wall yaitu dinding pembakar sampah dari baja setebal 3 mm, Hydroprocess yaitu tempat berisi air yang berfungsi mengimbas asap sehingga bersifat magnet dan bisa ditangkap oleh splitcell, Dust hole yaitu lubang untuk mengambil abu yang menumpuk di bagian bawah ruang pembakaran, juga untuk memasukkan api di awal pembakaran, Air suport yaitu lubang sirkulasi udara di pondasi untuk mendukung percepatan pembakaran, Struktur Based yaitu bagian penyangga struktur. Suhu pembakaran pada ruang bakar insinerator ini adalah 900 °C – 1.100 °C dan tidak terdapat fly ash karna menggunakan filter spiltsel sebagai filter.

Pada insinerator dua tahap yang dibuat adalah bentuk sederhana dari dari insinerator tipe Rotary Kiln. Namun pada insinerator ini proses penggabungan asap pada air (H<sub>2</sub>O) dilakukan dengan cara air disemprotkan dengan menggunakan *nozzle spray* sehingga bercampur dengan asap. Sehingga asap yang akan keluar ke lingkungan tidak membahayakan bagi masyarakat.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Menurut WHO (*World Health Organization*), sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Banyak sampah organik masih mungkin digunakan kembali/pendaurulangan (*re-using*), walaupun Akhirnya akan tetap merupakan bahan/material yang tidak dapat digunakan kembali. Harus diakui bahwa salah satu kebiasaan masyarakat dalam menangani sampah adalah dengan membakarnya. Di lokasi pemukiman, biasanya sampah yang tidak terangkut dibakar di sudut-sudut pekarangan entah itu pada pagi atau malam hari.

Pembakaran sampah sebenarnya membahayakan kesehatan orang-orang yang berada di sekitarnya. Bahaya tersebut biasanya ditimbulkan oleh adanya emisi gas dan partikel debu. Gas-gas berbahaya yang ditimbulkan oleh pembakaran sampah antara lain adalah gas karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dioxin dan furan (Jamaluddin, 2016: 2).

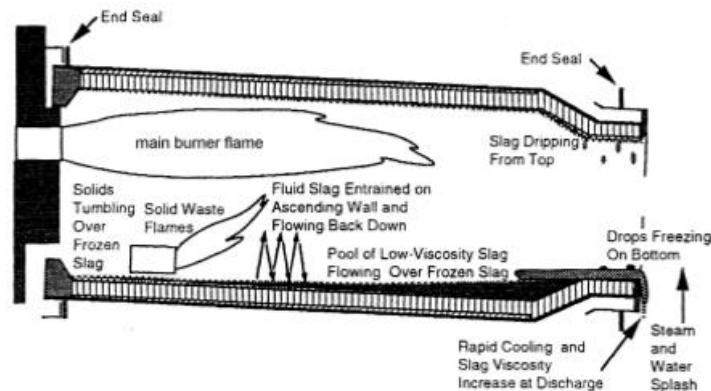
Insinerator merupakan alat atau sarana untuk membakar refuse dengan pembakaran bahan bakar yang minim. Insinerasi adalah proses pengurangan atau perubahan bentuk sampah yang sudah terbakar pada suhu optimum 1400 °F –1800 °F. Fungsi utama insinerasi untuk mengurangi volume dan jumlah serta menyuci hamakan 5 % – 15 % berat limbah yang tersisa sebagai residu (Euis, 2007: 4).

Jenis incinerator yang paling umum diterapkan untuk membakar limbah

padat B3 yaitu *rotary kiln*, *multiple hearth*, *fluidized bed*, *open pit*, *single chamber*, *multiple chamber*, *aqueous waste injection*, dan *starved air unit*. Dari semua jenis insinerator tersebut, *rotary kiln* mempunyai kelebihan karena alat tersebut dapat mengolah limbah padat, cair dan gas secara simultan (Rifyal dkk, 2013).

### Incinerator Rotary Kiln

*Rotary kiln* membentuk ruang pembakaran utama, menjadi silinder baja dilapisi dengan bata tahan api untuk isolasi dan perlindungan terhadap keretakan. Silinder dipasang pada sudut 1° - 2° dari horizontal dan berputar pada kecepatan 0,2 hingga 0,3 rpm. Dalam kombinasi dengan ruang pembakaran sekunder, pemanasan dengan boiler dan sistem pembersihan gas buang, insinerator rotary kiln telah banyak digunakan sebagai sistem pengolahan limbah industri (Yang dkk, 1999: 443).



**Gambar 1** Incinerator Rotary Kiln

(Sumber: Second International Conference on CFD in the Mineral and Proses Industries CSIRO, 1999)

### Multiple Hearth Incinerator

*Multiple Hearth Incinerator* yang telah digunakan sejak pertengahan tahun 1900-an, terdiri dari suatu kerangka lapisan baja tahan api dengan serangkaian tungku (*hearth*) yang tersusun secara vertikal, satu di atas yang lainnya dan biasanya berjumlah 5-8 buah tungku, *shaft rabble arms* beserta *rabble teeth*-nya dengan kecepatan putaran 3/4 – 2 rpm. Umpan sampah dimasukkan dari atas tungku secara terus menerus dan abu hasil proses pembakaran dikeluarkan melalui silo (tempat penampungan abu). Burner

dipasang pada sisi dinding tungku pembakar dimana pembakaran terjadi. Udara diumpan masuk dari bawah, dan sampah diumpan masuk dari atas (Fadly, 2014: 7).

### Fluidized Bed Incinerator

*Fluidized bed incinerator* adalah sebuah tungku pembakar yang menggunakan media pengaduk berupa pasir seperti pasir kuarsa atau pasir silika, sehingga akan terjadi pencampuran (*mixing*) yang homogen antara udara dengan butiran-butiran pasir tersebut. *Mixing* yang konstan antara partikel-partikel mendorong terjadinya laju perpindahan panas yang sangat cepat serta terjadinya pembakaran sempurna. *Fluidized bed incinerator* berorientasi bentuk tegak lurus, silindris, dengan kerangka baja yang dilapisi bahan tahan api, berisi hamparan pasir (*sand bed*) dan distributor untuk fluidasi udara. *Fluidized bed incinerator* normalnya tersedia dalam ukuran berdiameter dari 9 sampai 34 ft (Fadly, 2014: 9).

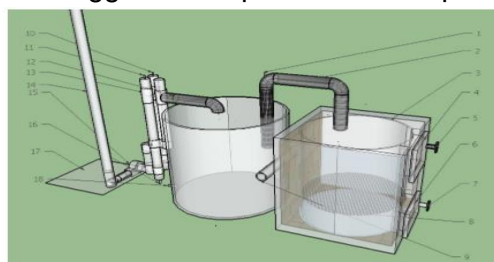
Parameter-parameter unjuk kerja alat pembakar sampah (*insinerator*) yang diukur dalam unjuk kerja tersebut ditentukan berdasarkan analisa unjuk kerja alat. Analisis uji kerja insinerator menurut Dwi (2017: 2-3), meliputi:

- Pengukuran suhu, dilakukan langsung oleh peneliti. Pengukuran suhu menggunakan termokopel dengan ketelitian maksimum 1000 °C.
- Laju pembakaran (Bbt), parameter yang diukur untuk analisis laju pembakaran adalah massa limbah dan lama pembakaran. Laju pembakaran dihitung dengan membandingkan bobot limbah yang dibakar dengan lamanya proses pembakaran.
- Rendemen arang, digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur untuk analisis rendemen arang adalah parameter massa arang yang dihasilkan oleh proses pembakaran dan massa sampah yang dibakar. Nilai rendemen arang dihitung dengan presentase perbandingan massa arang dan massa sampah.
- Rendemen abu, digunakan untuk mengetahui kesempurnaan proses pembakaran. Parameter yang diukur analisis rendemen abu adalah massa abu hasil pembakaran dan massa sampah. Nilai rendemen abu dihitung dengan presentase perbandingan massa abu dan massa sampah.

## 3. METODE PENELITIAN

### Perancangan/ Desain Alat Insinerator Dua Tahap

Hasil desain alat menggunakan aplikasi SketchUp:

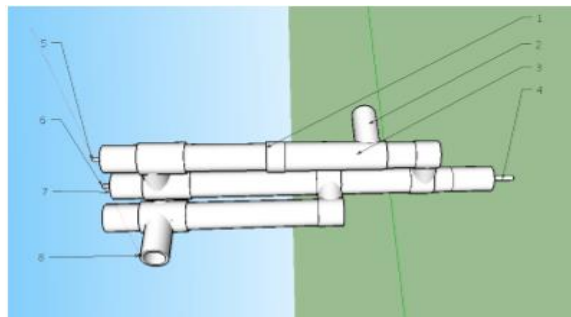


**Gambar 2** Desain insinerator dua tahap

Keterangan:

- 1) Nozzle spray pertama untuk mencampur asap dengan kabut air sebelum asap memasuki ruang penampung asap
- 2) Pipa besi penghubung ruang pembakaran dengan ruang penampung asap
- 3) Ruang pembakaran
- 4) Pintu ruang pembakaran
- 5) Pegangan pintu ruang pembakaran
- 6) Pintu ruang abu
- 7) Pegangan pintu ruang abu
- 8) Kawat besi pemisah ruang pembakaran dengan ruang abu
- 9) Pentilasi udara ruang pembakaran
- 10) Nozzle spray pipa filter 1
- 11) Nozzle spray pipa filter 2
- 12) Pipa penghubung ruang penampungan asap dengan pipa filter air
- 13) Pipa filter air
- 14) Cerobong asap
- 15) Blower
- 16) Pipa pembuang air filtrasi
- 17) Penyangga blower dan cerobong asap
- 18) Pipa pembuangan air dari ruang penampungan asap

### Perancangan/ Desain Filter Air



**Gambar 3** Desain filter air

Keterangan:

- 1) Kipas DC
- 2) Pipa tempat keluarnya asap menuju belower
- 3) Pipa filter kedua
- 4) Pipa pembuangan air hasil filtrasi
- 5) Nozzle Spary pipa filter kedua
- 6) Nozzle Spary pipa filter pertama
- 7) Pipa filter pertama
- 8) Pipa tempat masuknya asap dari tempat penampungan asap

### Pembuatan Alat Insinerator Dua Tahap

Pada tahap pembuatan insinerator bahan utama yang digunakan adalah drum besi untuk ruang pembakaran dengan diameter 60 cm dan tinggi 83 cm, diluar drum dibuat rangka dengan menggunakan besi siku, kemudian ruang

antara drum dengan rangka luar dimasukkan busa peredam panas, rangka luar drum kemudian ditutup dengan plat alumunium dengan tebal 0,3 cm, kemudian pada bagian atas drum dibuat pipa penghubung dari drum pembakaran ke drum filter dengan menggunakan pipa besi dengan diameter 3 inc.



**Gambar 4** Hasil rancang alat insinerator dua tahap

#### **Pembuatan Filter Air**

Pada incinerator ini menggunakan 2 filter yaitu filter pertama menggunakan air ( $H_2O$ ) yang yang disemprotkan pada asap pada saat memasuki tempat penampung asap dan semprot kan kembali pada pipa filter. Kemudian asap disedot oleh blower untuk dilepaskan ke lingkungan. Sebelum keluar ke lingkungan asap akan melewati karbon aktif. Berikut adalah gambar desain filter air dan foto hasil filter air yang telah dibuat.



**Gambar 5** Foto filter air yang dibuat

### **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Hasil Rancang Bangun Alat**

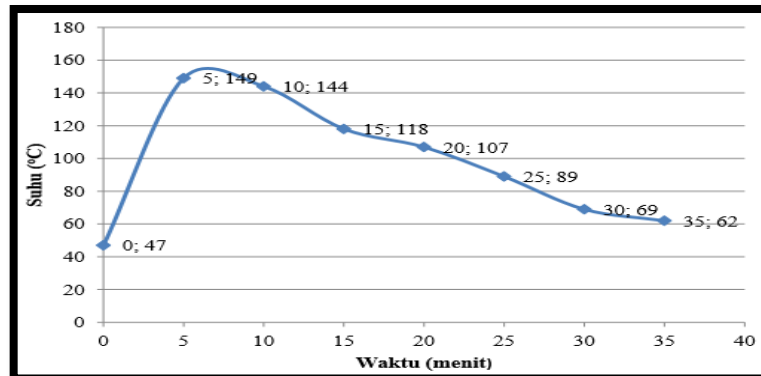
Insineraor adalah tempat pembakaran sampah yang didesain sedemikian rupa sehingga gas buang dari pembakaran tersebut tidak berbahaya jika dilepas ke lingkungan. Pada penelitian ini dibuat insinerator dengan dua kali tahap pencucian asap pembakaran dengan menggunakan air, seperti pada gambar 6 berikut ini:



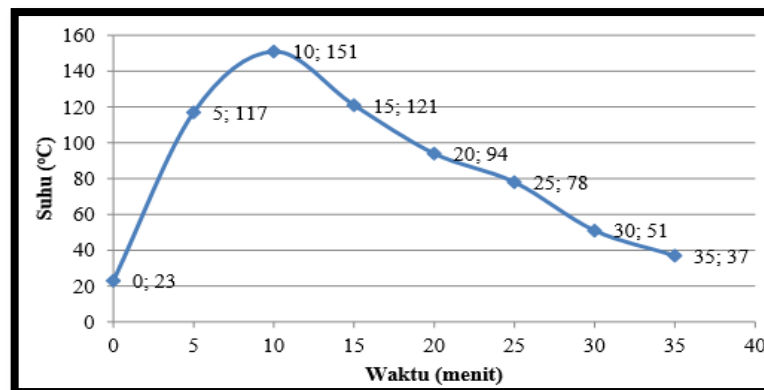
**Gambar 6** Hasil alat insinerator dua tahap

**Hasil Uji Kerja Insinerator Dua Tahap**

Berikut data hasil pengukuran grafik hubungan antara suhu dan waktu pembakaran pada hasil rancang bangun alat insinerator dua tahap dan hasil pembakaran secara bebas yaitu:



(a)



(b)

**Gambar 7** Hubungan antara suhu dan waktu pembakaran pada alat insinerator dua tahap dan alat pembakaran secara bebas

### Hasil Laju Pembakaran

Laju pembakaran dihitung dengan membandingkan massa limbah yang dibakar dengan lamanya proses pembakaran. Berikut hasil pengujian dengan massa sampah anorganik plastik (m) sebesar 1 kg

**Tabel 1** Pengukuran laju pembakaran

Pembakaran insinerator dua tahap		Pembakaran bebas	
Waktu pembakaran (jam)	Laju pembakaran (kg/jam)	Waktu pembakaran (jam)	Laju pembakaran (kg/jam)
0,6	1,7	0,5	2

### Hasil Rendemen Arang

Analisis rendemen arang adalah parameter massa arang yang dihasilkan oleh proses pembakaran dan massa sampah yang dibakar. Nilai rendemen arang dihitung dengan presentase perbandingan massa arang dan massa sampah. Berikut hasilnya:

**Tabel 2** Pengukuran rendemen arang

Pembakaran insinerator dua tahap		Pembakaran bebas	
Sisa pembakaran (arang) (kg)	Rendemen arang (%)	Sisa pembakaran (arang) (kg)	Rendemen arang (%)
0,225	22,5	0,25	25

### Hasil Rendemen Abu

Analisis rendemen abu adalah parameter massa abu yang dihasilkan oleh proses pembakaran dan massa sampah yang dibakar. Nilai rendemen abu dihitung dengan presentase perbandingan massa arang dan massa sampah. Berikut hasilnya:

**Tabel 3** Pengukuran rendemen abu

Pembakaran insinerator dua tahap		Pembakaran bebas	
Sisa pembakaran (abu) (kg)	Rendemen abu (%)	Sisa pembakaran (abu) (kg)	Rendemen abu (%)
0,1	10	0,075	7,5

### Hasil Efisiensi Alat

Analisis efisiensi alat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perentase alat untuk mengurangi limbah. Berikut hasilnya:

**Tabel 4** Pengukuran efisiensi pembakaran

Pembakaran insinerator dua tahap	Pembakaran bebas
Efisiensi (%)	Efisiensi (%)
67,5	67,5



### Hasil Pengamatan Asap Yang Dihasilkan



**Gambar 8** Hasil keluaran asap pada pipa pembuangan (a) tanpa filter air (b) dengan filter air (c) pada pembakaran bebas

### Pembahasan

Pengujian pembakaran pada insinerator dua tahap yang dilakukan, sampah plastik 1 kg dapat dibakar dalam waktu 36 menit dengan suhu maksimum 149 °C.

Laju pembakaran pada insinerator dua tahap yaitu 1,7 kg/jam, dalam 1 jam alat insinerator dua tahap dapat membakar 1,7 kg sampah plastik. Residu yang dihasilkan ada dua yaitu sampah yang belum terbakar habis (arang) dan abu. Arang yang dihasilkan 225 gram dan abu 100 gram. Tingkat efisiensi alat ini dalam membakar sampah plastik adalah 67,5 %.

Pengujian pembakaran secara bebas, sampah plastik 1 kg dapat dibakar dalam waktu 31 menit dengan suhu maksimum 151 °C. Laju pembakaran pada pembakaran bebas yaitu 2 kg/jam, dalam 1 jam alat pada pembakaran bebas dapat membakar 2 kg sampah plastik. Residu yang dihasilkan ada dua yaitu sampah yang belum terbakar habis (arang) dan abu. Arang yang dihasilkan 250 gram dan abu 75 gram. Efisiensi pembakaran sampah plastik secara bebas yaitu 67,5 %.

Pada kedua pengujian yang dilakukan didapat nilai efisiensi yang sama yaitu sebesar 67,5 % dalam mengurangi volume sampah plastik, ini dikarenakan suhu pembakaran dalam insinerator dua tahap tidak jauh beda dengan suhu pembakaran secara bebas.

Pada pembakaran di dalam insinerator dua tahap didapat laju pembakaran sebesar 1,7 kg/jam sedangkan pembakaran secara bebas sebesar 2 kg/jam, ini dikarenakan pembakaran secara bebas mendapat udara secara merata dan salah satu faktor yang mempercepat proses pembakaran secara bebas yang dilakukan adalah angin yang berhembus saat pembakaran dilakukan. Pada pembakaran di dalam insinerator dua tahap didapat arang yang dihasilkan lebih sedikit dari pembakaran secara langsung yaitu 225 gram dan pembakaran

secara langsung 250 gram. Ini dikarenakan suhu pembakaran di dalam ruang bakar insinerator merata pada saat pembakaran.

Abu yang dihasilkan pada insinerator dua tahap 100 gram lebih banyak dibanding abu yang dihasilkan pada pembakaran secara bebas yaitu 75 gram. Ini dikarenakan suhu pembakaran pada ruang bakar insinerator tersebar merata di ruang pembakaran sehingga pembakarannya lebih baik. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan perbedaan asap yang keluar pada cerobong asap yang menggunakan filter air asapnya lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa filter air. Dan pada pembakaran sampah secara bebas asap yang dihasilkan banyak dan berwarna hitam ini dikarenakan tidak adanya filter untuk mengatasi asap pembakaran.

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

Prinsip kerja insinerator ialah sampah dibakar pada ruang pembakaran kemudian asap pembakaran di semprotkan air dengan *nozzle spray* pada pipa besi sebelum memasuki ruang penampung asap, kemudian asap memasuki pipa PVC filter air yang terdiri dari 2 pipa pada pipa tersebut di semprotkan air dari atas pipa menggunakan *nozzle spray*. Kemudian asap di isap oleh blower dan kemudian asap keluar ke lingkungan sehingga asap pembakarannya berkurang. Insinerator dua tahap ini dapat membakar 1 kg sampah plastik dalam waktu 36 menit, laju pembakarannya (Bbt) 1,7 kg/jam, rendemen arangnya 22,5 %, rendemen abunya 10 % dan tingkat efisiensinya dalam mengurangi sampah sebesar 67,5 %. Sedangkan pembakaran secara bebas dapat membakar 1 kg sampah plastik dalam waktu 31 menit, laju pembakarannya (Bbt) 2 kg/jam, rendemen arangnya 25 %, rendemen abunya 7,5 % dan tingkat efisiensinya dalam mengurangi sampah sebesar 67,5 %.

### DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Prasetyono, Ardi. 2017. Pengujian Alat Incinerator untuk Pengolahan Limbah Padat Rumah Sakit Tanpa Menggunakan Bahan Bakar Minyak dan Gas. *Skripsi*. Jurusan teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Euis, Nurul Hidayah. 2007. *Uji Kemampuan Pengoperasian Insinerator untuk Mereduksi Limbah Klinis Rumah Sakit Umum Haji Surabaya*. Jurusan Teknik Lingkungan UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Fadly, NT. 2014. *Incenerator*. eprints.polsri.ac.id (diakses pada 12 Januari 2016).
- Feri. 2013. Debit Air. <http://feriiiiiii.blogspot.co.id/2013/10/menentukan-debit-volume-dan-waktu.html> (diakses pada 7 Juli 2017).
- Jamaluddin. 2015. *Jangan Membakar Sampah*. bbpp-batangkaluku.com (diakses pada 12 Januari 2016).
- Lutfi, Ahmad. 2004. Pencemaran Lingkungan. Surabaya: Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah. . Maxpell. 2017. Insinerator Maxpell. <https://depokbebassampah.wordpress.com/acuan/incenerator/> (diakses pada tanggal 22 Maret 2017).

- Maxindo. Mesin Daur Ulang Plastik Menjadi Biji Plastik. [http://www.tokomesin.com/Mesin\\_Penghancur\\_Plastik\\_Mesin\\_Biji\\_Plastik.html](http://www.tokomesin.com/Mesin_Penghancur_Plastik_Mesin_Biji_Plastik.html) (diakses pada tanggal 22 Maret 2017).
- Manupraba, Wisnu dkk. TafsirQ. <http://tafsirq.com> (Diakses pada 17 Februari 2016).
- Murni Rahayu Purwaningsih. Analisis Biaya Manfaat Sosial Keberadaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Gedebage bagi Masyarakat Sekitar. *Perencanaan Wilayah dan Kota*, Vol. 23 No. 3, Desember 2012, hlm. 225 – 240.
- Prasetyo, Hendra dkk. 2016. *Mesin Pengolah Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- R. C. Ballie, dkk. 2016. *Potential Advantages of Incineration in Fluidized Beds*. Virgia: West Virginia University.
- Rifyal Rachmat, dkk. 2013. *Penetralan Zat Asap Pembakaran Sampah Berbasis Nano Pulsed Plasma "Petir Buatan"*. Surabaya: ITS.
- Sahwan, Firman L dkk. 2005. *Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia*. Jakarta Pusat: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan
- Sastrawijaya, A. Tresna. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tim Konsultan Kimia. 2013. *Reaksi Kesetimbangan*. Bandung: FPTK UPI.
- Trisaksono Bagus P. 2002. Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Menggunakan Teknologi Incenerator. *Teknologi Lingkungan*, Vol.3, No. 1.
- Wijayanti, Nugrahini. Gas Beracun. <https://nugrahiniwijayanti.wordpress.com/2010/03/03/gas-beracun-co-co2-no-no2-so-dan-so2-yang-merusak-kesehatan-manusia/dan-Jenis-Polutan>. <http://ilmulingkungan.com/jenis-polutan-pencemarudara-beserta-dampaknya/> (diakses pada tanggal 17 September 2016).
- Yasin Kurdi, moch. 2017. *Insinerator Mini*. <https://depokbebassampah.wordpress.com/acuan/incenerator/> (diakses pada tanggal 22 Maret 2017).
- Y., Yang dkk. 1999. *Analysis of Gas Flow and Mixing in a Rotary Kiln Waste Incinerator*. Department of Raw Materials Processing: Australia.