

JRL	Vol. 11	No. 2	Hal. 85 - 93	Jakarta, Desember 2018	p-ISSN : 2085.3866 e-ISSN : 2580-0442
-----	---------	-------	--------------	---------------------------	--

TEKNOLOGI PENANGANAN EMISI GAS DARI INSINERATOR SAMPAH KOTA

Prasetiyadi, Wiharja dan Sri Wahyono

Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) BPPT Gedung 820 Geostech, Kawasan
Puspipstek Serpong Tangerang Selatan, Banten 15314 Telp. 021 75791381 Fax.
021 7579 1403

e-mail : prasetiyadi@bppt.go.id

Abstrak

Proses pembakaran sampah kota melalui insinerator akan menghasilkan uap panas yang bisa dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik, akan tetapi pada proses ini juga menghasilkan *output* berupa *flue gas* yang didominasi oleh partikel (*fly ash*) dan gas beracun seperti: HCl, SO₂, NO_x, HF, Hg, Cd dan Dioxin. Sebelum dibuang ke udara bebas, *flue gas* tersebut harus diolah agar memenuhi baku mutu lingkungan. Teknologi penanganan partikel dan gas polutan tersedia dan dapat dibuat dengan berbagai kapasitas. Untuk menangani *flue gas* dari insinerator sampah digunakan *Quencher* untuk menekan laju pembentukan kembali dioksin dan furan setelah proses pembakaran, *Spray Drying Absorption* (SDA) untuk mengikat gas asam dan logam berat serta *bag filter* untuk menangkap partikel. Selain itu digunakan *ID Fan* dan Cerobong Asap untuk mengatasi *pressure drop* yang terjadi akibat pengoperasian peralatan APC dan melepas ke udara.

Kata kunci : *insinerator, flue gas*

TECHNOLOGY FOR TREATING GAS EMISSION FROM MUNICIPAL SOLID WASTED INCINERATOR

Abstract

The process of burning municipal waste through an incinerator will produce hot steam which can be used to generate electricity, but this process also produces output in the form of flue gas which is dominated by particles (fly ash) and toxic gases such as HCl, SO₂, NO_x, HF Hg, Cd and Dioxin. Before being discharged into the air, the flue gas must be processed to meet environmental quality standards. The technology for handling particles and gas pollutants is available and can be made in various capacities. To handle flue gas from waste incinerators, quenchers are used to reduce the rate of re-formation of dioxins and furans after the combustion process, Spray Drying Absorption (SDA) to bind acid gas and heavy metals and filter bags to capture particles. Besides that, Fan IDs and Chimney IDs are used to overcome pressure drop caused by the operation of APC equipment and release into the air.

Keywords: *incinerator, flue gas*

I. PENDAHULUAN

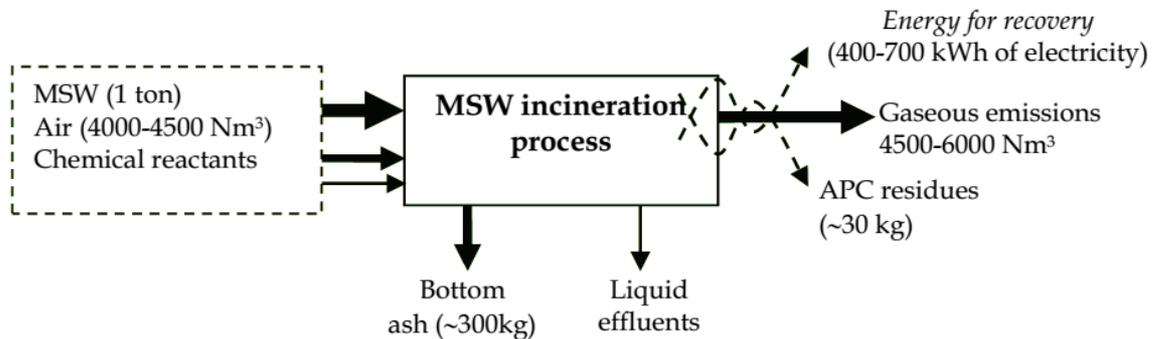
Latar Belakang

Permasalahan sampah merupakan permasalahan yang krusial berdampak pada sisi kehidupan terutama di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Bandung, Makasar, Medan dan kota besar lainnya. Pada umumnya, metode pengolahan sampah membutuhkan lahan yang cukup luas, sedangkan ketersediaan lahan di kota besar dan kota metropolitan terbatas.

Salah satu teknik mengolah sampah yaitu dengan membakar sampah yang dapat mereduksi sampah hingga 5 –10%

sehingga akan memperpanjang umur TPA. Pada proses pembakaran sampah kota (MSW) melalui insinerator akan menghasilkan “*by product*” berupa gas panas *flue gases* yang bisa dipulihkan kembali (*recovery*) untuk membangkitkan energi listrik.

Menurut Quina et al (2011), Achternbosch and Richers, (2002) BREF (2006) proses pembakaran sampah dengan proses insinerasi akan menghasilkan gas buang, abu pembakaran, limbah cair/*effluent* pada sistem *scrubber*, residu APC, dan *energy recovery*. Neraca massa dari proses pembakaran 1 ton sampah ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Neraca Massa dan Energi pada Proses Pembakaran Sampah (Quina et al 2011)

Sedangkan Quina et al (2011) menjelaskan bahwa komposisi komponen *pollutan* hasil pembakaran didominasi oleh *fly ash*, kemudian diikuti oleh HCl, SO₂, NO_x, HF, Hg, Cd dan Dioxin. Keluaran ini merupakan output yang tidak diinginkan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Untuk menjamin gas hasil pembakaran aman dikeluarkan dari dalam menuju lingkungan diperlukan suatu sistem pengendalian pencemaran lingkungan. Pada tulisan ini difokuskan hanya pada penanganan *flue gas* yang terbentuk, sedangkan penanganan untuk

dibahas.

II. KARAKTERISTIK FLUE GAS

Pembakaran sampah kota (MSW) melalui insinerator akan menghasilkan *flue gases*. Pembuangan *flue gases* melalui cerobong harus melalui serangkaian proses pembersihan (*cleaning*) sebelum dibuang ke udara ambien. Komposisi atau kandungan utama *flue gas* yang belum diolah (*raw flue gases*) di insinerator antara lain; SO₂, NO_x, CO, gas asam HF dan HCl, partikulat, logam berat seperti Hg, Cd dan beberapa *trace element* serta *Dioksin/Furans* (PCDD/PCDF).

Komposisi, karakteristik dan volume *flue gases* sangat penting untuk menentukan teknik pembersihannya.

Beberapa hasil karakterisasi *flue gases* dari insinerasi sampah kota disajikan dalam Table 1 berikut ini.

Tabel 1. Kualitas *flue gases* sampah kota

No	Komponen	MSW Incinerator di Finlandia, Werther (1999)	MSW Incinerator di France, Chevalier(2003)	Insinerator limbah medis di Indonesia, Marosin (2004)
1	O ₂	7 – 14 %-v	-	13,8 %-v
2	CO ₂	6 – 12 %-v	-	6,57 %-v
3	H ₂ O	10 – 18 %-v	-	-
4	CO	0.001 – 0.06 %-v	12,7 mg/Nm ³	3687 ppm
5	SO ₂	200 – 1500 ppmw	200 mg/Nm ³	144,5 ppm
6	NO _x	200 – 500 ppmw	418 mg/Nm ³	46,5 ppm
7	HCl	400 – 3000 ppmw	1400 mg/Nm ³	-
8	HF	2 – 100 ppmw	5 mg/Nm ³	-
9	Dioksin	1 – 10 ppb	-	-
10	Hg	0,1 – 1 ppmw	1,3 mg/Nm ³	-
11	Cd	0,1 – 0,5 ppmw		-
12	trace element	1 – 5 ppmv	74,7 mg/Nm ³	-
13	partikulat	0,2 – 15 g/m ³	5000 mg/Nm ³	167 g/m ³

Sumber:

- Werther, J. (1999)
- Chevalier, J., P. Rousseaux, V. Benoit, B. Benadda.2003
- Marosin, R., Ahsonul Anam. 2004

Hal lain yang perlu untuk diketahui adalah baku mutu emisi *flue gas*. Beberapa negara memiliki standar baku mutu emisi yang berbeda-beda. Di Indonesia baku

mutu emisi ditetapkan melalui Permen KLHK No.70 tahun 2016. Perbandingan beberapa baku mutu emisi dari beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku mutu emisi insinerator

Parameter	Satuan	Indonesia ¹	Malaysia ²	Singapura ²	Jepang ²	Uni Eropa ³
SO ₂	mg/Nm ³	210	50	500	variasi	50
NO _x	mg/Nm ³	470	200	700	335	200
HCl	mg/Nm ³	10	40	40	700	10
CO	mg/Nm ³	625	50	625	125	50
Partikulat	mg/Nm ³	120	100	100	40	10
Dioksin/Furans	Ng-TEQ/Nm ³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
LOI bottom ash	% dry weight		-	-	5	5

Sumber :

¹ Permen KLHK No.70 tahun 2016 (untuk HF = 2 mg/Nm³, Hg = 3 mg/Nm³)

² Damanhuri (2016)

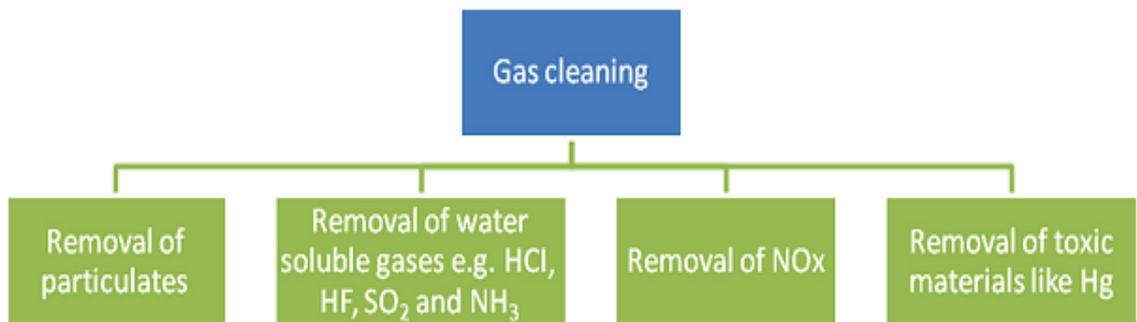
³ European Directive (2000/76/EC)

III. TEKNOLOGI PENGENDALIAN PENCEMARAN UDARA / AIR POLLUTION CONTROL (APC)

Air pollution control (APC) pada umumnya dapat dideskripsikan sebagai teknologi pemisahan. Dalam APC, polutan dalam bentuk gas, aerosol, atau partikel padat, dipisahkan dari gas pembawanya (*carrier gas*), yang biasanya adalah udara. Pemisahan ini dimaksudkan untuk mencegah polutannya masuk ke dalam

lingkungan dan merusak lingkungan serta menurunkan kualitas kesehatan masyarakat. (Schiffner, 2013).

Proses pembersihan yang dilakukan APC pada umumnya dapat dikategorikan untuk membersihkan polutan spesifik tapi sistem yang lebih besar bisa melakukan lebih banyak, misalnya seperti yang digambarkan pada Gambar 2 di bawah ini.

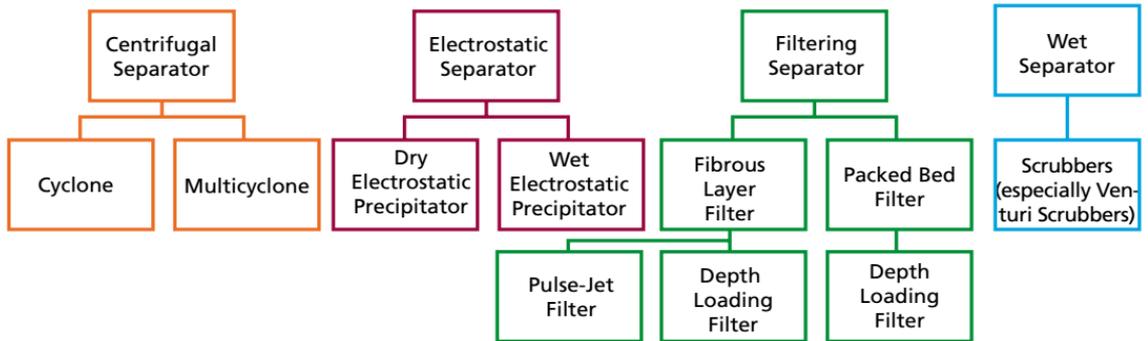


Gambar 2. Klasifikasi Pembersihan *Flue Gas* (Singh & Shukla, 2014)

3.1. Teknologi Pemisahan Partikel Di dalam *Flue Gas*

Untuk memisahkan partikulat dalam *flue gas* akan dibutuhkan proses deposisi atau pelekatan terhadap suatu permukaan. Alat APC pada dasarnya merupakan. Alat yang meniru prinsip *mother nature* dalam menjalankan prosesnya untuk

memisahkan gas polutan dengan gas pembawanya. Misalnya tipe APC dengan *energy input* yang rendah (biasanya yang menggunakan air sebagai media *scrubbing*) meniru prinsip alat pernafasan bagian atas. Teknologi / peralatan APC ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 3. Teknologi Air Pollution Control (Singh & Shukla, 2014)

a) Cyclone dan Multi Cyclone

Cyclone adalah salah satu unit pemroses dalam pembersihan partikulat dari *flue gas* (*gas cleaning equipment/ air pollution control unit*). Proses kerja *cyclone* menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan tekanan rendah karena adanya perputaran untuk memisahkan materi berdasarkan perbedaan massa jenis dan ukuran. Alat ini di USA sudah digunakan lebih dari 100 tahun sebagai alat pembersih gas industri (Cooper & Alley, 2002).

Pada umumnya, siklon memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Murah dan kompak
- Sederhana
- Kapasitas besar

Cyclone juga memiliki kekurangan sebagai berikut:

- Hilang tekan (*pressure drop*) besar
- Efisiensi rendah
- Adanya masalah pembuangan
- Tidak ada pengurangan partikel yang lebih kecil dari 5µm
- Terjadi masalah pada temperature operasi melebihi 400C

Cyclone juga biasanya diterapkan dalam bentuk *multi cyclone* yaitu *cyclone* dalam ukuran kecil dan jumlah yang banyak yang dipasang

secara seri dan parallel. *Multi cyclone* digunakan ketika harus menangani gas dengan volume dalam jumlah besar dan efisiensi tinggi. Penggunaan *multi cyclone* ini memiliki efisiensi lebih baik daripada *single - cyclone* separator (90-95%). Hanya saja, pada *multi cyclone* dapat terjadi penyumbatan karena diameter yang kecil. Selain itu, pemasangannya membutuhkan tempat yang lebih besar dibanding *single - cyclone*.

b) Electro Static Precipitator (ESP)

Electro Static Precipitator (ESP) adalah alat pemisah gas-partikulat, melalui pembentukan medan listrik butiran debu dikumpulkan dan secara periodik digetarkan sehingga jatuh ke bak penampung. Energi yang dibutuhkan untuk proses pemisahan relatif lebih rendah daripada alat pemisah lainnya. Keunggulan lain ESP adalah; hilang tekan gas yang terjadi hanya sekitar 1 inci air, efisiensi di atas 90% dan ESP memiliki biaya operasi yang rendah. Namun, ESP memiliki kelemahan di antaranya; tingginya harga instalasi, ukuran besar sehingga menyita banyak ruang, tidak memiliki fleksibilitas pasca instalasi dan tidak mampu menangani partikulat dengan resistifitas listrik yang tinggi. (Singh & Shukla, 2014).

c) **Scrubber**

Scrubber merupakan alat yang dapat memisahkan partikel di dalam *flue gas*. Didalam prosesnya biasanya digunakan air untuk menangkap partikel / debu didalam *flue gas*. Dalam penggunaannya di industri terdapat dua jenis *scrubber* yaitu *wet scrubber* dan *semi wet scrubber (dry scrubber)*.

Wet Scrubber dapat mengurangi polutan udara yaitu penanggulangan emisi debu dan penanggulangan emisi pencemar yang dihasilkan oleh gas buang dari proses pembakaran.

Semi wet scrubber merupakan pengembangan dari *scrubber* yang ada. Keunggulan *Semi wet scrubber* dibanding dengan *wet scrubber* adalah tidak menghasilkan limbah cair sehingga lebih praktis karena tidak lagi membutuhkan pengolahan limbah cair.

d) **Quencher**

Quencher merupakan suatu alat yang digunakan untuk menghilangkan *impurities* dan menghindari reaksi samping dari *flue gas* yang akan dilepas ke udara bebas. *Quencher* berfungsi untuk menurunkan suhu gas buang yang sudah melewati *economizer* dari sekitar 200°C menjadi 180°C. Penurunan suhu tiba-tiba yang terjadi di dalam *quencher* berfungsi untuk menekan laju pembentukan kembali dioksin dan furan setelah proses pembakaran.

Cara kerja *quencher* pada umumnya sederhana, gas buang masuk melalui bagian atas dari *quencher* dan akan berkontak dengan partikel air yang disemprotkan menggunakan *atomizer*. Kontak antara gas buang dan air akan menurunkan suhu gas buang secara tiba-tiba, sedangkan partikel air yang berkontak dengan gas buang dengan suhu yang jauh

lebih tinggi daripada titik didih air akan menguap dan ikut dalam aliran gas buang.

e) **Bag Filter**

Bag filter merupakan alat *dedusting* (pengumpul debu) yang sering digunakan di pabrik yang menghasilkan debu. *Bag filter* memiliki efisiensi penyaringan debu halus sebesar 99% sampai 99,9%. Efisiensi bag filter yang tinggi disebabkan oleh media yang digunakan yaitu *Cloth Bag* sebagai media penangkap debu.

Dust bed memungkinkan *fabric* memfilter partikel seukuran 10 - 0,1 mm, ruang antar *fabric filter* mampu memfilter 50-70 µm. Semakin banyak partikel berada di permukaan *fabric*, tekanan dalam *fabric filter* secara perlahan meningkat, partikel yang melekat ini juga membantu penyaringan sehingga *flue gas* yang keluar akan menjadi lebih bersih. Selanjutnya partikel dapat dihilangkan dari *filter bag* dengan beberapa teknik seperti *shaking*, *reverse air flow*, dan *pulse-jet*

3.2. Peralatan penyerap polutan di dalam *flue gas* (*Adsorpsi / absorpsi*)

a. **Spray Drying Absorption (SDA)**

Selain partikulat komposisi atau kandungan utama *flue gas* insinerator sampah antara lain; SO₂, NO_x, CO, gas asam HF dan HCl, logam berat seperti Hg, Cd dan beberapa *trace element* serta dioksin/furans. Untuk mengurangi kadar gas asam, logam, serta komponen organik berbahaya ini gas buang dimasukkan ke dalam kolom *Spray Drying Absorption* (SDA), di mana gas buang akan berkontak dengan *slaked lime* dan karbon aktif. Injeksi yang dilakukan didesain sedemikian rupa, sehingga pada titik injeksi terdapat cukup turbulensi

untuk mencampur dengan sempurna gas buang dengan karbon aktif dan *slaked lime*. Seluruh komponen asam di dalam gas buang akan bereaksi dan *diabsorb* oleh serbuk *slaked lime* dan karbon aktif. Penambahan karbon aktif di dalam proses SDA dapat digunakan untuk proses penghilangan merkuri, dioxin dan furan. SDA merupakan suatu sistem yang dapat beradaptasi terhadap perubahan laju alir, suhu, dan komposisi gas buang, dan juga dapat

diaplikasikan untuk semua jenis dan ukuran insinerator. Sebagai tambahan, proses SDA dapat diintegrasikan dengan teknologi pembersihan gas buang yang lain. Pada kasus ini, SDA diintegrasikan dengan *bag filter*.

Dalam prosesnya adsorption dan absorption berlangsung secara paralel, pemisahan polutan terjadi melalui deposisi *lime* dengan mekanisme seperti gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme eliminasi polutan dengan *dry sorption* (Rudi H. Karpf 2015)

b. Scrubber

Selain partikulat, *scrubber* juga dapat memisahkan polutan di dalam *flue gas* seperti gas CO₂, NO_x, SO₂, butiran *lime* dan karbon aktif menempel pada kain penyaring *bag filter* dan *flue gas* yang masih mengandung asam dan logam akan tertangkap karena harus meliwati

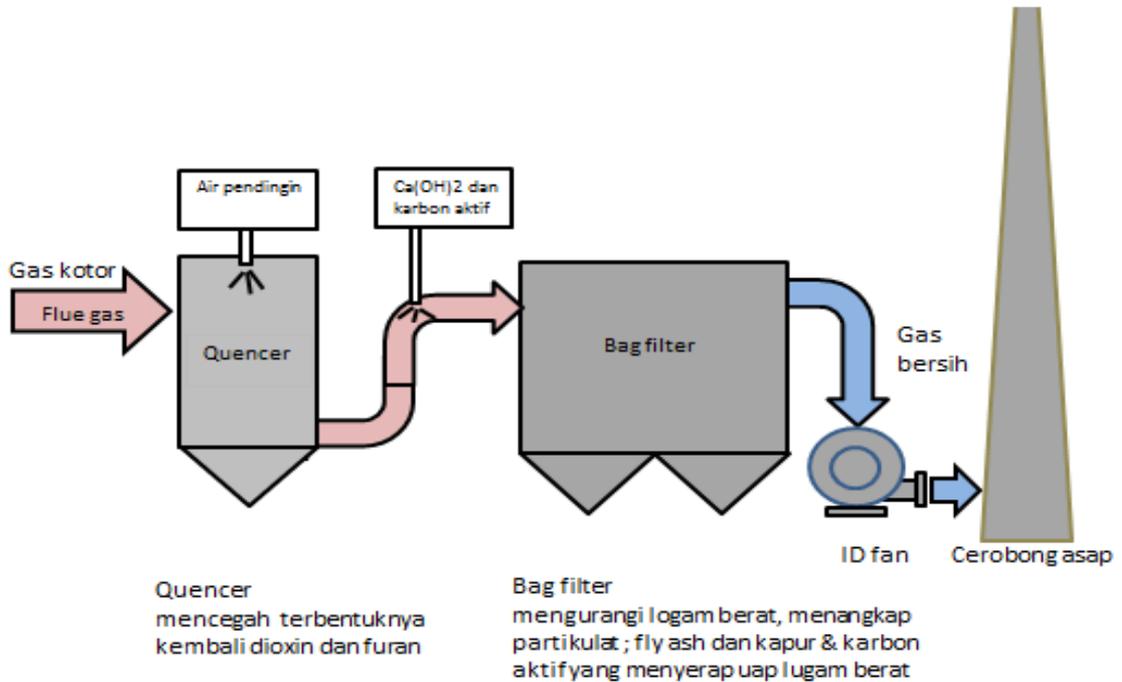
butiran atau lapisan *lime* dan karbon aktif.

3.3 ID Fan dan Cerobong asap

ID Fan merupakan alat kelengkapan APC yang berfungsi untuk mengatasi *pressure drop* yang terjadi akibat pengoperasian peralatan APC seperti: *cyclone*, *scrubber* dan *bag filter*.

Selain untuk menarik *flue gas* dari peralatan APC, juga untuk mendorong *flue gas* untuk meliwati cerobong asap. Di dalam cerobong asap ini *flue gas* mengalir dengan kecepatan tertentu sehingga disain dari diameter cerobong sangat

menentukan kecepatan laju alir *flue gas* tersebut. Selain diameter ketinggian cerobong menentukan dispersi *flue gas* yang keluar. Rangkaian peralatan APC dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Rangkaian Peralatan APC Pada Instalasi Insinerator

IV. KESIMPULAN

1. Kandungan *flue gas* yang dihasilkan oleh insinerator sampah terdiri dari partikel dan gas beracun, agar memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang ke lingkungan *flue gas* ini harus diolah dengan menggunakan peralatan APC.
2. Teknologi atau peralatan pembersih partikel dan gas polutan telah tersedia dan dapat dibuat dengan berbagai spesifikasinya. Pemilihan penggunaan teknologi APC pada insinerator sampah kota

3. *Flue gas* yang keluar dari ruang bakar dalam perjalanannya mengalami penurunan suhu, untuk menekan laju pembentukan kembali dioksin dan furan setelah proses pembakaran ini *flue gas* didinginkan dengan cepat menggunakan *Quencher*. Pada proses yang terjadi didalam *quencher* ini partikel dengan ukuran besar terpisah dan partikel dengan ukuran kecil masih terbawa oleh *flue gas*.

4. *Flue gas* yang keluar dari *quencher* masih mengandung gas beracun antara lain; SO₂, NO_x, CO, gas asam HF dan HCl, logam berat seperti Hg, Cd dan beberapa *trace element* serta Dioksin/Furans. untuk menangkap dan mengikat gas beracun tersebut dimasukkan *slaked lime* dan karbon aktif dengan menggunakan sistem peralatan *Spray Drying Absorption* (SDA).
5. *Slaked lime* dan karbon aktif yang dimasukkan untuk menangkap dan mengikat racun di dalam aliran *flue gas* berbentuk partikel / butiran halus dan dengan *fly ash* yang terbawa oleh *flue gas*. Partikel ini dipisahkan dari gas pembawanya (*flue gas*) dengan menggunakan bag filter

DAFTAR PUSTAKA

- Werther, J. (1999) "Legal requirements on gaseous emissions from waste combustion and are these
- Cooper, C.C. and G.C Alley. 2002. *Air Pollution Control; A Design Approach. Prospect Heights, Ill.: Waveland Press, Inc.*
- Chevalier (2003) *gas cleaning processes of municipal solid waste incinerators Chemical Engineering Science, Vol.58, Issue 10, May 2003*
- Marosin, R., Ahsonul Anam. 2004. Karakteristik emisi gas buang insinerator medis di Rumah Sakit Jiwa Dadi Makassar Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknologi. Lingkungan P3TL-BPPT, 5 (1)*
- Quina et al (2011), *Air Pollution Control in Municipal Solid Waste Incinerators*
- Schiffner, Kenneth C. (2013). *Air pollution control equipment selection guide: CRC Press.*
- Singh, Renu, & Shukla, Ashish. (2014). *A review on methods of flue gas cleaning from combustion of biomass. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29, 854-864.* doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.005>.
- Damanhuri, E., Tri Padmi. 2016. *Pengelolaan Sampah Terpadu. Penerbit ITB, Bandung .*
- Achternbosch and Richers, (2002) *Flue Gas Cleaning In Municipal Waste-To-Energy Plants – Part I*
- BREF (2006) "Integrated Pollution Prevention and Control http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf
- Permen KLHK No.P 70 /Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Emisi Usaha dan / atau Kegiatan Pengolahan Sampah Secara Termal.
- European Directive (2000/76/EC) *The Waste Incineration Directive . Guidance on the requirements of the Waste Incineration Directive and the implications for waste wood biomass and small scale energy from waste projects*
- J., P. Rousseaux, V. Benoit, B. Benadda.2003. *Environmental assessment of flue gas*
- Rudi H. Karpf (2015) "Basic features of the dry absorption process for flue gas treatment systems in waste incineration" *Ingenieurgesellschaft für Energie- und Umweltengineering & Beratung mbH Hofgut Kolnhausen 12 35423 Lich (Germany)*