

JRL	Vol.9	No.2	Hal. 89 - 96	Jakarta, Desember 2016	ISSN : 2085.3866 No.376/AU1/P2MBI/07/2011
-----	-------	------	--------------	---------------------------	--

## INSINERASI UNTUK PENGOLAHAN SAMPAH KOTA

**Manis Yuliani**

Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) – BPPT

Email: manis.yuliani@bppt.go.id

### Abstrak

Dalam rangka mengurangi beban TPA terhadap penumpukan sampah, insinerasi bisa menjadi salah satu solusi. Selain bisa mengurangi volume sampah, energi yang dihasilkan dari insinerasi sampah juga bisa dimanfaatkan (*waste to energy*). Pada plant insinerasi sampah terdapat 4 kategori proses yaitu proses *pre-treatment*, proses pembakaran, proses recoveri energi dan proses penanganan *flue gas* (APC system). Proses *pre-treatment* berfungsi untuk meningkatkan nilai kalori rata-rata dari sampah. Jenis dari proses *pre-treatment* tergantung pada jenis insinerator yang digunakan. Proses pembakaran insinerator harus memperhatikan prinsip 3 T (*temperature, turbulence* dan *time*). Kondisi proses untuk insinerator tipe *grate* yang sesuai dengan prinsip 3 T adalah waktu tinggal sampah dalam *grate* kurang dari 60 menit, waktu tinggal gas lebih dari 2 detik dan suhu gas lebih dari 850 oC. Pada proses pembakaran akan dihasilkan panas yang dibawa oleh *flue gas* yang selanjutnya akan masuk ke proses *energy recovery* untuk dimanfaatkan energinya. Setelah keluar dari proses *energy recovery*, *flue gas* akan masuk ke proses penanganan *flue gas* untuk diminimalisir polusinya.

**Kata kunci** : insinerator, sampah, *energy recovery*

## INCINERATION FOR MUNICIPAL SOLID WASTE TREATMENT

### Abstract

*In order to reduce the accumulation of waste in landfill, incineration technology could become one of the solutions. In addition to reduce the volume of waste, the energy generated by incineration process can also be utilized. Plant Incineration consists of four categories process, namely pre-treatment process, combustion process, energy recovery process and flue gas treatment process (Air Pollution Control system). Pre-treatment process is used to increase the average calorific value of waste. Pre-treatment process depends on the type of incinerator used. Combustion process in an incinerator must accommodate the principles of 3 T (temperature, turbulence, time). Process conditions for the type of incinerator grate in accordance with the principle of 3 T are the waste residence time in the grate less than 60 minutes, gas residence time more than 2 seconds and the gas temperature over 850 C. In the combustion process will produce heat carried by flue gas. The heat will flow into energy recovery process to be utilized. From energy recovery process, flue gas will enter into the APC system to reduce air pollution caused by combustion process.*

**keywords** : *incinerator, waste, energy recovery*

## I. PENDAHULUAN

Tidak sebandingnya pengelolaan sampah yang baik dengan kenaikan jumlah sampah menimbulkan permasalahan besar suatu kota. Mayoritas pengelolaan sampah saat ini masih terbatas pada kumpul, angkut, buang. Sampah dari sumber dikumpulkan kemudian akan diangkut oleh truk menuju ke TPA untuk dibuang. Dengan sistem pengelolaan sampah yang seperti itu, sampah akan menumpuk di TPA. Mengingat daya tampung TPA yang terbatas, maka diperlukan suatu sistem pengelolaan sampah yang baik agar sampah yang masuk ke TPA bisa dikurangi sehingga umur TPA lebih panjang.

Berdasarkan UU No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, Pengelolaan sampah meliputi kegiatan pengurangan dan penanganan sampah. Yang termasuk dalam kegiatan pengurangan sampah adalah kegiatan pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang sampah dan pemanfaatan kembali sampah (sering disebut dengan kegiatan 3R). Sedangkan penanganan sampah meliputi pemilahan, pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pemrosesan akhir sampah. Agar pengelolaan sampah memperoleh hasil maksimal maka kegiatan pengurangan dan penanganan sampah harus berjalan beriringan.

Jika kegiatan pengurangan sampah tidak berjalan baik, maka salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan sampah adalah mencari teknologi yang efektif untuk mengurangi volume sampah baik sampah organik maupun sampah anorganik. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia nomor 03/PRT/M/2013, teknologi pengolahan sampah meliputi teknologi pengolahan secara fisik, teknologi pengolahan secara kimia, teknologi pengolahan secara biologi, teknologi pengolahan secara termal dan teknologi pengolahan lain yang dapat menghasilkan bahan bakar. Dari sekian jenis teknologi tersebut, teknologi termal khususnya teknologi insinerasi merupakan teknologi proven untuk mengolah sampah campuran. Sudah banyak negara maju yang menggunakan teknologi insinerasi untuk mengolah sampah kota mereka. Selain volume sampah bisa berkurang, energi yang dihasilkan pun bisa dimanfaatkan.

Setiap teknologi pasti memiliki kelebihan dan kekurangan, begitu juga dengan teknologi insinerasi. Kelebihan dari teknologi insinerasi antara lain a) mengurangi volume sampah

hingga 90 %, b) adanya *energy recovery*, c) jika dikelola dengan baik, polusi udara yang dilepaskan akan rendah, d) membutuhkan lahan minimal. (Margarida J. Quina, dkk, 2011)

Sedangkan kelemahan dari insinerator meliputi a) menghasilkan limbah berbahaya (residu APC) yang membutuhkan pembuangan yang aman, b) menghasilkan terak, c) menghasilkan gas buang dengan volume besar, d) investasi dan biaya operasi yang tinggi, e) biaya pemeliharaan tinggi, f) membutuhkan staf ahli, g) membutuhkan komposisi yang cocok untuk autocombustion. (Margarida J. Quina, dkk, 2011)

Saat ini di negara berkembang, teknologi insinerasi untuk pengolahan sampah kota masih jarang. Untuk itu diperlukan suatu gambaran umum untuk menambah wawasan tentang teknologi insinerasi. Pada tulisan ini akan dijelaskan secara umum tahapan proses insinerasi dan persyaratan agar proses insinerasi dapat berjalan dengan baik.

## II. TUJUAN

Memberikan gambaran umum tentang proses pengolahan sampah kota pada plant insinerasi.

## III. PEMBAHASAN

### 3.1. Sampah Sebagai Bahan Bakar Insinerator

Pada proses insinerasi, pasokan bahan bakar sampah baik dari segi kualitas maupun kuantitas harus diperhatikan. Tidak semua sampah bisa menjadi bahan bakar proses insinerasi. Ada persyaratan yang berkaitan dengan sampah sebagai bahan bakar insinerasi yang harus dipenuhi agar proses pembakaran dapat berjalan dengan baik. Persyaratan tersebut antara lain: 1) bahan bakar sampah minimal harus memiliki nilai kalori sebesar 7 MJ/ kg. Jika nilai kalori dari sampah kurang dari nilai kalori yang disyaratkan, maka diperlukan *pre-treatment* atau bahan bakar tambahan agar nilai kalori meningkat dan proses insinerasi bisa berlanjut. 2) Pasokan yang stabil untuk proses insinerasi sampah adalah minimal 50.000 ton/ tahun. (World Bank, 1991 & GIZ, 2015)

Tabel 1 Kisaran nilai kalori berbagai jenis sampah kota yang dibakar dalam insinerator (Nels, 1984)

Tipe Sampah	kJ/kg	Kcal/kg
Sampah rumah tangga	6.300-10.500	1.500-2.500
<i>Bulky waste</i>	10.500-16.800	2.500-4.000
sampah komersial dan industri	7.600-12.600	1.800-3.000
minyak bekas	33.600-42.000	8.000-10.000
limbah lumpur (75 % kandungan air)	1.200	290
Residu dari kompos	6.300-10.500	1.500-2.500

Untuk mendirikan sebuah insinerator pengolah sampah, diperlukan gambaran jangka panjang tentang sampah yang dihasilkan di masa depan. Tidak hanya jumlah sampah, tetapi juga komposisi, sumber dan nilai kalor sampah. Tabel 1 menyediakan kisaran nilai kalori dari berbagai jenis sampah kota yang dibakar dalam insinerator.

### 3.2. Proses Insinerasi Sampah

Pada plant insinerasi ada 4 kategori proses yaitu :

- a. Proses *pre-treatment*
- b. Proses pembakaran
- c. Proses *recovery energy*
- d. Proses penanganan *flue gas* (APC system)

Berikut ini adalah penjelasan proses dari Gambar 1. Sampah campuran/ sampah *unrecyclable* diproses di dalam insinerator. Pada proses ini dihasilkan *flue gas* dan *bottom ash*. *Bottom ash* yang masih bisa dimanfaatkan seperti metal akan di daur ulang, sedangkan *bottom ash* yang tidak termanfaatkan bisa masuk ke TPA. Panas yang dibawa oleh *flue gas* dari proses pembakaran akan di-recovery dengan menggunakan boiler. Dengan adanya pertukaran panas antara *flue gas* dengan air di dalam boiler, akan dihasilkan uap yang nantinya bisa dimanfaatkan untuk listrik ataupun pemanas yang lain. *Flue gas* yang keluar dari boiler akan masuk ke APC system untuk diminimalisir emisinya. Pada APC system akan dihasilkan *fly ash*. *Fly ash* akan masuk ke proses penanganan *fly ash* dan akan dibawa ke

TPA.

Dari proses di atas dapat diketahui bahwa proses insinerasi sampah menghasilkan keluaran berupa : a) *Incinerator Bottom ash* (IBA) sebesar 20 -30 % dari berat sampah. IBA merupakan residu padat yang tidak berbahaya untuk dibuang, b) Logam (Besi ataupun non besi) sebesar 2-5 % dari berat sampah., Logam diperoleh dari proses pemilahan pada sampah ataupun IBA. Logam dapat dijual untuk smelting, c) APC residu (termasuk *fly ash*, reagent dan air limbah) sebesar 2-6 % dari berat sampah. Merupakan residu padat/ cair yang berbahaya untuk pembuangan, d) Emisi ke atmosfer sebesar 70 – 75 % dari berat sampah. Emisi ini merupakan produk pembakaran berupa gas yang sudah dibersihkan (DEFRA, 2007).

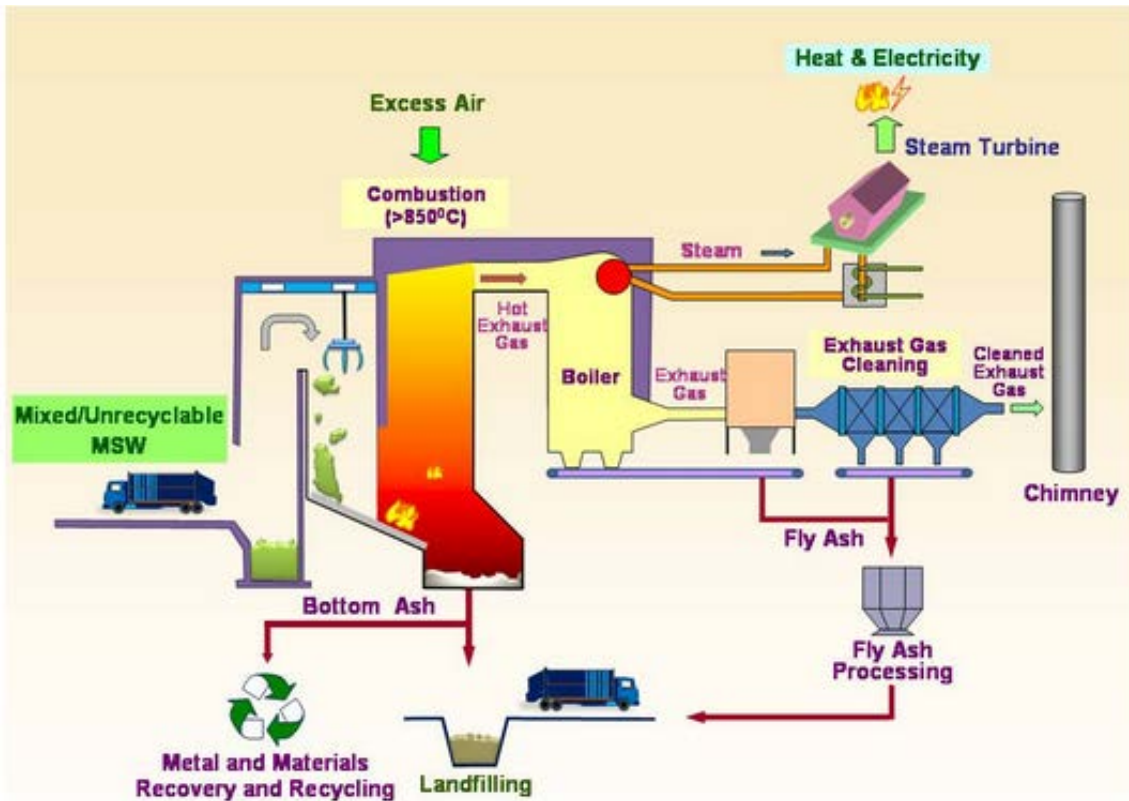
#### 3.2.1. Proses *pre-treatment*

Proses *pre-treatment* sampah meliputi kegiatan penyortiran dan homogenisasi. Perlu tidaknya proses *pre-treatment* sampah sebelum masuk insinerator, tergantung pada kualitas sampah dan sistem insineratornya. Penyortiran berfungsi untuk meningkatkan nilai kalori rata-rata sampah sebelum masuk ke insinerator. Kebutuhan penyortiran untuk masing-masing sistem insinerator berbeda-beda. Untuk tipe *movable grate* incinerator, sampah dapat dibakar tanpa melalui proses penyortiran. Berbeda dengan *fluidized bed incinerator* yang membutuhkan proses penyortiran sampah sebelum masuk insinerator.

Kegiatan homogenisasi bisa berupa pencampuran sampah (*mixing*) ataupun pencabikan sampah (*shredding*). Pencampuran sampah dilakukan untuk mengontrol masukan energi dan proses insinerasi. Sedangkan pencabikan sampah dilakukan untuk menangani sampah jenis *bulky waste* yang berjumlah besar. Pencabikan sampah merupakan persyaratan minimal untuk *fluidized bed incinerator*.

#### 3.2.2. Proses pembakaran

Pada proses pembakaran sampah, ada beberapa sistem insinerator yang digunakan, diantaranya adalah *moving grate incinerator*, *rotary kiln incinerator* dan *fluidized bed incinerator*. Di antara ketiga sistem insinerator tersebut, yang paling banyak digunakan untuk proses insinerasi sampah adalah *moving grate incinerator*.



Gambar 1 Proses Insinerasi Sampah Kota (Sumber : <http://www.epd.gov.hk>)

Hal ini karena *moving grate incinerator* dapat mengakomodasi variasi yang besar dalam komposisi dan nilai kalor sampah serta tungku dapat dibangun hingga kapasitas 1.200 ton/hari.

Dalam meningkatkan proses pembakaran, peran prinsip 3 T (*temperature, turbulence, time*) sangat penting. Temperatur, turbulensi dan waktu memiliki perbandingan lurus terhadap pembakaran. Semakin tinggi temperatur, semakin meningkatnya turbulensi dan semakin lamanya waktu tinggal *flue gas* dan sampah maka proses pembakaran juga akan meningkat. Untuk insinerator tipe grate, ketentuan yang berhubungan dengan prinsip 3 T adalah waktu tinggal sampah dalam grateinsinerasi kurang dari 60 menit, waktu tinggal gas lebih dari 2 detik dan suhu gasnya lebih dari 850°C. Selama proses pembakaran, persediaan udara harus cukup agar proses pembakaran sampah berlangsung secara sempurna (Charles H. K. Lam, dkk, 2010)

### 3.2.3. Proses Energy recovery

Proses insinerasi sampah yang merupakan proses pengolahan sampah pada suhu tinggi (di atas 850°C) pasti akan

menghasilkan energi panas. Energi ini akan terbawa keluar oleh *flue gas*. Sebelum *flue gas* masuk ke *APC system*, suhu *flue gas* harus diturunkan terlebih dahulu dengan menggunakan boiler. Melalui boiler ini, proses *energy recovery* dilakukan (Wangyao, ....). Hasil *energy recovery* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai *heat, power, steam*, gabungan dari steam dan power ataupun gabungan dari heat dan power. Pemanfaatan akhir dari proses pemulihan energi tersebut didasarkan pada kondisi pasar energi lokal yang meliputi eksisting infrastruktur untuk distribusi energi, pola konsumsi energi tahunan dan harga dari berbagai jenis energi serta kemungkinan persetujuan konsumen. Setelah pemanfaatan akhir dari proses pemulihan energi ditentukan, barulah menentukan spesifikasi boiler yang layak untuk *energy recovery* tersebut.

Setiap sistem *energy recovery* memiliki efisiensi yang berbeda-beda. Tabel 2 menyediakan rangkuman efisiensi dari berbagai sistem *energy recovery* dan estimasi besarnya *yield* dari sistem pemulihan energi yang didasarkan pada nilai kalori sampah. (World Bank, 1991)

Tabel 2 Rangkuman Efisiensi dari Berbagai Sistem *Energy recovery*

Pemanfaatan Energi	Pemulihan Energi		Efisiensi keseluruhan
Heat	Heat	80%	80%
Steam	Steam	80%	80%
Power	Power	35%	35%
Gabungan steam and power	Steam	0-75 %	35-75 %
	Power	0-35 %	
Gabungan heat and power	Heat	60-65 %	85%
	Power	20-25 %	

Tabel 3, Jenis Teknologi Penanganan Komponen Polutan *Flue gas* (Margarida dkk, 2011)

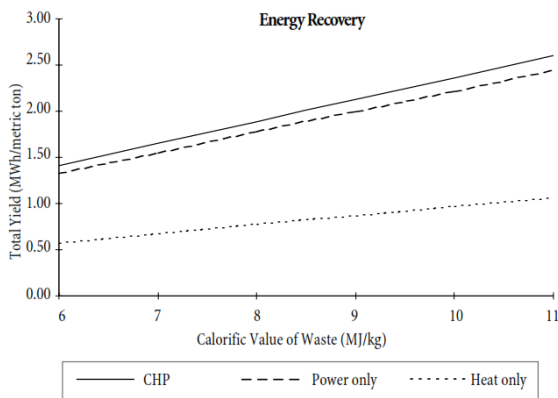
Polutan	Teknologi
Partikel	<i>Electrostatic precipitators</i> <i>Wet electrostatic precipitators</i> <i>Condensation electrostatic precipitators</i> <i>Ionization wet scrubbers</i> <i>Fabric filters</i> <i>Cyclones dan multi-cyclones</i>
Gas asam (HCl, HF, SO <sub>x</sub> ,....)	<i>Wet-scrubber</i> <i>Semi-dry scrubber</i> (misalnya suspension of lime) + bag filter <i>Dry-scrubber</i> (misalnya lime or sodium bicarbonate)
Desulfurisasi langsung	<i>Injeksi adsorben</i> (misalnya senyawa kalsium ) langsung ke ruang pembakaran
Nitrogen Oksida (Nox)	Teknik utama : mengontrol udara dan suhu, resirkulasi gas buang, Teknik sekunder : <i>Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR)</i> dan <i>Selective Catalytic Reduction (SCR)</i>
Hg	Teknik Utama : Pengumpulan terpisah, membatasi penerimaan sampah yang terkontaminasi. Teknik sekunder: scrubber dengan penambahan oksidan, karbon aktif, tungku arang atau zeolit.
Logam berat yang lain	Dikonversi ke dalam <i>no-volatile oxides</i> dan disetorkan <i>fly ash</i> , semua teknik merujuk pada penghilangan partikel yang dapat diterapkan. Karbon aktif diinjeksi ke dalam scrubbing unit.
Senyawa karbon organik	Adsorpsi pada karbon aktif SCR digunakan untuk NOx <i>Catalytic bag filters</i> <i>Static bed filters</i> <i>Rapid quenching of flue-gas</i>
Gas Rumah Kaca (CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> )	Semua teknik yang digunakan untuk penanganan NOx. Meningkatkan efisiensi <i>energy recovery</i> .



Tabel 4 Kombinasi Unit Operasi pada Sistem Penanganan Polusi Udara (Margarida, dkk, 2011)

Polutan	Langkah Proses	Pengurangan
SOx	<i>Wet scrubber</i> atau <i>dry multi cyclone</i>	50-90
HCl	<i>Wet scrubber</i> atau <i>semi-dry</i>	75-95
NOx		10-60
Logam berat	<i>Dry scrubber+electrostatic precipitator</i>	70-95
<i>Fly ash</i>	<i>Electrostatic precipitator+fabrichose filter</i>	95-99.9
Dioxins&Furans	<i>Activated carbon+fabrichose filter</i>	50-99.9

Dari gambar 2, dapat ditentukan berapa MWh/ metric ton sampah yang akan dihasilkan jika sampah yang dibakar memiliki nilai kalori sebesar MJ/kg untuk proses *energy recovery* dalam bentuk heat, power ataupun CHP.



Gambar 2 Perkiraan Yield (Mwh/Metric Ton) Yang Dihasilkan dari Berbagai Sistem *Energy recovery*

### 3.2.4. Proses Penanganan *Flue gas* (APC System)

Proses insinerasi sampah dapat menimbulkan permasalahan kesehatan akibat *flue gas* yang dikeluarkannya. Hal ini karena di dalam *flue gas* terdapat a) *fly ash* yang terdiri dari partikel-partikel yang ikut aliran gas, b) asam dan asam prekursor seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, asam klorida, c) dioksin dan analog yang merupakan senyawa yang dibentuk oleh rekombinasi radikal dengan struktur dibenzidioxins polychloro dan analog furan. Untuk mengurangi emisi yang ditimbulkan oleh *flue gas* maka harus ada sistem pengendalian polusi udara atau yang lebih dikenal dengan Air Pollution Control system (APC system). Pada setiap jenis komponen pada *flue gas* harus ada teknologi penanganannya. Pada tabel 3 ditampilkan jenis-jenis teknologi untuk menangani jenis komponen pada *flue gas*.

Untuk memperoleh efisiensi yang besar dalam sistem penanganan polusi udara, setiap unit operasi harus dikombinasikan. Tabel 4 menunjukkan kombinasi unit operasi pada Sistem Penanganan Polusi Udara. (Margarida J. Quina, dkk, 2011)

## IV. KESIMPULAN

Pada proses insinerasi, kualitas dan kuantitas bahan bakar sangat mempengaruhi keberlangsungan proses. Ada 4 kategori proses dalam plant insinerasi pengolahan sampah yaitu proses *pre-treatment*, proses pembakaran, proses *energy recovery* dan proses penanganan *flue gas*. Proses *pre-treatment* sampah bisa berupa mixing ataupun shredding. Jenis proses *pre-treatment* sampah bergantung pada jenis insinerator yang digunakan. Untuk memperoleh proses pembakaran yang maksimal harus memperhatikan prinsip 3T (*temperature, turbulence* dan *time*). Energi yang dihasilkan oleh proses pembakaran akan direcovery oleh boiler. Hasil proses dari *energy recovery* dapat dimanfaatkan dalam bentuk heat, power, steam, gabungan dari steam dan power ataupun gabungan dari heat dan power. Untuk mengurangi emisi gas yang dikeluarkan oleh proses insinerasi, maka proses penanganan *flue gas* (APC system) diperlukan. Zat-zat di dalam *flue gas* yang perlu dihilangkan adalah *fly ash*, asam dan asam prekursor, dioksin, furan serta sejenisnya. Dalam penanganannya, masing-masing polutan tersebut membutuhkan teknologi khusus agar emisi yang dikeluarkan dapat ditekan secara maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Nels, 1984, Recovery by Incineration of Solid Wastes in the Federal Republic of Germany, Waste Management & Research (1984)

- 2, 37-51
- Charles H. K. Lam, dkk, 2010, Use of Incineration MSW Ash : A Review, Sustainability ISSN 2071-1050
- DEFRA, 2007, Incineration of Municipal Solid Waste, Department for Environment Food and Rural Affairs.
- GIZ, 2015, Waste to Energy fact Sheet.  
[[http://www.caricomenergy.org/download/reeta\\_project/20150904-Waste-to-Energy-fact-sheet\\_CDB\\_GIZ.pdf](http://www.caricomenergy.org/download/reeta_project/20150904-Waste-to-Energy-fact-sheet_CDB_GIZ.pdf)]
- Komsilp Wangyao, ....., Waste-to-Energy in Thailand : Technology, and Policy Perspective; Center of Excellence on Energy Technology & Environment
- Margarida J. Quina, dkk, 2011, Air Pollution Control in Municipal Solid Waste Incinerators, Intech ([www.intechopen.com](http://www.intechopen.com))
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia no. 03/ PRT/ 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah
- World Bank, 1999, Municipal Solid Waste Incineration, World Bank Technical Guidance Report
- [http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentin\\_hk/waste/prob\\_solutions/WFdev\\_IWMFtech.html](http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentin_hk/waste/prob_solutions/WFdev_IWMFtech.html)

