

“Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Studi Kasus Pasar Bringharjo Yogyakarta”

Misrianto¹, I. Siboro²

¹Jurusan Teknik Industri, Universitas Balikpapan, misrianto@uniba-bpn.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Universitas Balikpapan,

Abstract

The potential trash generated in DIY City, particularly in Bringharjo Market, is directly proportionate to the fluctuating activity. The Traditional Market generates 24 m³ of garbage each day, totaling 8,520 m³ per year. The effectiveness of treatment has not been optimized, with waste classification methods and land-field or open disposal still being focused. Qualitative methodologies and waste utilization literature studies are used in the research. The level of urgency, needs, and features of benefits are used to determine which variables are independent and which are dependent. The results demonstrated that the Fluidized Bed Combustion technology may be used to build a waste power plant (PLT_{Sa}). The system takes into account trash volume and type, capacity, and heat, with a maximum heat of 8000 BTU/h equating to 8.44×10^6 Joules.

Abstrak

Fluktuatif aktivitas di Kota DIY berbanding lurus dengan potensi limbah yang dihasilkan khususnya di Pasar Bringharjo. Pasar Tradisional tersebut memproduksi limbah 24 m³/hari yang terakumulasi mencapai 8.520 m³/tahun. Efektifitas *treatment* belum maksimal yang masih terkonsentrasi pada metode kategorisasi limbah dan *Land-field* atau *open dumping*. Penelitian menggunakan metode kualitatif dan studi literatur dari pemanfaatan limbah. Penetapan variable independent dan dependent berdasarkan tingkat urgensi, kebutuhan, dan aspek manfaat. Hasil penelitian menunjukkan bahawa pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah (PLT_{Sa}) dapat direalisasikan menggunakan sistem pembakaran *Fluidized Bed Combustion*. Sistem ini mempertimbangkan volume dan jenis limbah, kapasitas dan panas, dimana panas maksimal 8000 BTU/h setara $8,44 \times 10^6$ Joule.

Pendahuluan

Sampah merupakan sesuatu benda yang tidak diinginkan keberadaannya sementara kita tinggal di bumi ini tidak bisa menghindari sampah. Produksi sampah di Indonesian mencapai 200 ribu ton setiap hari (Bebasari, 2007 & Soni, 2010). Sedangkan di kota besar seperti Yogyakarta mencapai 60.944.471 per hari tahun 2012 berdasarkan volume sampah yang terangkut ke TPA (BLH Yogyakarta 2012).

Salah satu potensi menghasilkan limbah yaitu pasar tradisional Beringharjo, volume sampah pasar Beringharjo 24 meter kubik per hari yang meliputi sampah organik dan anorganik, sampah-sampah tersebut

dikumpulkan dari lantai satu sampai lantai tiga pasar (Kepala Seksi Kebersihan Dinas Pengelolaan Pasar Kota Jogja, Kadarusman).

Walikota Jogja Haryadi Suyuti menyampaikan maafnya kepada rakyat Yogyakarta atas lepasnya penghargaan Adipura 2014 dari kota jogja, setelah selama tujuh tahun mampu meraihnya. Salah satu penyebabnya adalah permasalahan kebocoran Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan, yang sekarang dalam proses pembenahan berkoordinasi dengan Badan Lingkungan Hidup (BLH) Yogyakarta.

Pasar Beringharjo menghasilkan sampah organik dan anorganik. Sampah organik

berasal dari tumbuhan dan hewan sedangkan sampah anorganik berasal dari sumber daya alam *unrenewable*. Sampah di pasar Beringharjo sudah dilakukan pemilahan menjadi tiga kategori; sampah organik (sayuran, ikan, dll), sampah kertas dan plastik, dan sampah logam (Seksi Kebersihan, La Ode Abdul Jafar, SH).

Sampah pasar Beringharjo di TPS (tempat pembuangan sementara) diangkut dengan armada dinas pengelolaan pasar, berdasarkan volume sampah yang tiap tahunnya meningkat dan penting dilakukan analisis kebutuhan armada (Annisa Indah Mukti Nurani dkk). Selama proses pengangkutan sampah yang telah dipilah tersebut tercampur kembali (Seksi Kebersihan, La Ode Abdul Jafar, SH).

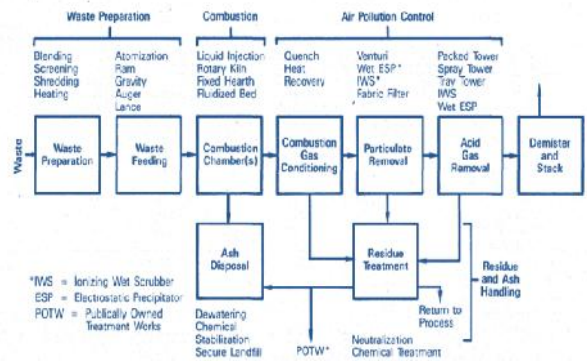
Pemanfaatan sampah sudah dilakukan seperti sampah organik menjadi kompos (Isroi) dan penolahan untuk memproduksi biogas secara anaerobik sebagai energy alternative (Abas Sato dkk). Sampah organik dibedakan menjadi sampah basah adalah sampah yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, sedangkan sampah kering adalah sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Mappiratu, 2011).

Pemanfaatan sampah sebagai energy listrik berkapasitas sekitar 500 kW dengan hasil pengolahan sampah 30-50 ton per hari (LPPM ITB Bandung), bahan bakar sampah ini sisa dari sampah yang tidak dapat dimanfaatkan maupun di jual. Dari permasalahan tersebut di atas, akan dikaji seberapa besar daya listrik yang dihasilkan pembangkit listrik dengan bahan bakar sampah, melalui besar nilai kalor yang dihasilkan oleh sampah organik.

LandasanTeori

Inseneration atau *Combustion* adalah sebuah sistem (proses) pembakaran yang menggunakan sedikit bahan bakar pada awal (oil, batu-bara, dll), dimana limbah (organik & anorganik) digunakan sebagai bahan bakar, dan akan menghasilkan panas, gas, asap, dan debu. Pada gambar^[1] menjelaskan bahwa orientasi pemilihan sistem dan

menyesuaikan komponen pembakaran yang digunakan.



Gambar 1 : General orientation of incineration subsystems and typical process component options

Sub-sistem utama yang terdapat pada sistem pembakaran adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan sampah dan feeding.
Bentuk fisik limbah menentukan metode pendekatan feed (saluran masuk). Cairan yang terakumulasi kemudian dipompakan kedalam ruang pembakaran (*combustion chamber*) melalui nozzle. Limbah tersebut dalam bentuk padat terlebih dahulu dilakukan pencacahan sebelum dimasukkan ke *feeding*. Pembakan secara kontinyu memproduksi panas sebesar 4000 Btu/h dan pembakaran dengan akumulasi limbah cair mencapai 8000 Btu/h.
2. Pembakaran
Karakteristik fisik dari limbah dan abu menentukan tipe-tipe pemilihan *combustor* yang digunakan. Tabel^[1] menyajikan pemilihan combustor untuk empat kategori desain ruang pembakaran sebagai fungsi dari bentuk perbedaan penanganan limbah. Hampir semua nama-nama sistem incineator *bedasarkan* prinsip kinerja mereka.

Tabel 1. Applicability of major incinerator types to wastes of various physical form

Waste type	Rotary kiln	Liquid injection	Fluidized bed ^a	Fixed hearth (controlled air)
Solids:				
Granular, homogeneous	X		X	X
Irregular, bulky (pellets, etc.)	X			X ^b
High melting point (tars, etc.)	X	X ^c	X	X
Organic compounds with fusible ash constituents	X			X
Unprepared, large, bulky material	X			
Gases:				
Organic vapor-laden	X ^d	X ^d	X ^d	X ^d
Liquids:				
High organic-strength aqueous wastes often toxic	X ^e	X	X	
Organic liquids	X ^e	X	X	
Solids/liquids:				
Waste contains halogenated aromatic compounds	X	X ^f		
Aqueous organic sludge	X ^g		X	

^a Suitable for pyrolysis operation.
^b Handles large material on a limited basis.
^c If material can be melted and pumped.
^d If properly fed into the incinerator.
^e If equipped with auxiliary liquid injection nozzles.
^f If liquid.
^g Provided waste does not become sticky upon drying.

3. Pengontrolan polusi udara

Pasca proses pembakaran hasil samping atau residual yang diproduksi membutuhkan sistem pengontrolan polusi udara. Keberadaan klorin dan halogen-halogen yang terakumulasi di residual diperlukan langkah penyerapan (*scrubbing*) dalam mengurangi HCl dan zat aditif lainnya.

Pada umumnya pengendaliann polusi udara limbah berbahaya *dirangkum* pada tabel^[3] dibawah. Paling umum sistem yang digunakan *quench* (gas pendingin dan *conditioning*), diikuti dengan energi yang tinggi venturi *scrubber* (menghilangkan *partikulat*), *tower absorber* (menghilangkan gas *acid*), dan demister (*visible vapor plume elimination*).

Venturi *scrubber* menginjeksikan cairan (biasanya air atau larutan kaustik) ke dalam aliran gas buang saat melewati kecepatan bertekanan tinggi. Cairan *dikabutkan* menjadi butiran halus akan mengangkat partikel halus dan sebagian dari gas diserap dalam aliran gas tersebut, dimana keuntungan dari peralatan ini *reliabel* dan mudah dalam pengoperasiannya. Disamping mempertahankan kondisi di rongga venturi (60 – 120 *inch of water colmn*) yang dibutuhkan untuk mengendalikan pembakaran limbah berbahaya merupakan persentase dari total biaya dari operasional.

Menghilangkan gas acid umumnya dilakukan di packed *bed* or plate tower *scrubbers*. Packed *bedscrubber* umumnya digunakan secara acak yang orientasinya untuk memenuhi material seperti polyethylene. Cairan scrubbing diumpankan di atas, dengan mengalirkan gas dengan metode bersamaan, berlawanan, dan menyilang. Cairan mengalir melalui *bed* yang membashai material dan menyediakan area untuk perpindahan massa dengan fase-gas yang diperlukan untuk penyerapan gas asam yang efektif. Hal ini diharapkan akan bekerja dengan baik saat menjerap polutan gas (HCl, SO_x, NO_x).

Tabel 2: *Distribution of air pollution control devices (APCD) among hazardous waste incinerators*

APCD type	Number	Percent
Quench	21	23.3
Venturi scrubber	32	35.6
Wet scrubber	7	7.8
Wet ESP	5	5.5
Ionizing wet scrubber	5	5.5
Other non-specified scrubber	12	13.3
Packed tower absorber	18	20.0
Spray tower absorber	2	2.2
Tray tower absorber	1	1.1
Other absorbers	2	2.2
None/unknown	31	34.4
Total incinerator systems surveyed	90	

* Total number of APCD types are greater than systems surveyed as many incinerators report more than one APCD.

4. Mengurangi/mengatasi debu.

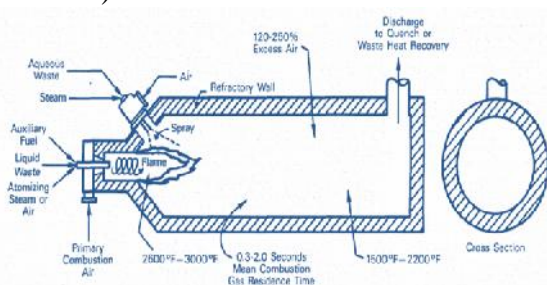
Komponen-komponen limbah berbahaya anorganik *imperfectly* pembakaran. Bahan-bahan ini keluar dari sistem *pembakaran* sebagai debu bawah (*bottomash*) dari ruang pembakaran karena kontaminan didalam air *scrubber* dan mengendalikan polutan udara lainnya, diman emisi gas dibuang keudara kecil yang telah diatur di dalam RCRA. Debu pada umumnya didinginkan denga air pendingin atau dipisahkan dengan air setelah keluar dari runag pembakaran. Disamping debu tersebut terakumulasi dari debu dalam penyimpanan atau dari drum sebelum pembuangan limbah berbahaya, disini perlunya penangan baik berupa biological atau biochemical yang mana hasil debu dari pembakaran ini diharapkan tidak mengandung partikulat berbahaya setelah dilepaskan atau dibuang ke udara.

1.1 *Liquid Injection (sometimes combined with fume incineration)*

Sistem kerja *Liquid Injection*^[2] mampu memompakan limbah cair. *Incinerator* ini biasanya dilengkapi dengan silinder tahan api berbenntuk horizontal ataupun vertikal. Limbah cair yang diinjeksikan melalui *burner*, dimana di *burner* ini dilakukan pemisahan limbah yang diinjeksikan kedalam nozzle dan *memungkinkan* berorientasi aksial, radial, ataupun tangensial.

Pemanfaatan pembakaran panas yang tinggi dapat dicapai dengan pemanfaatan swirl atau vorteks atau desain tangensial.

Liquid injection lebih disukai ketika limbah tersebut komposisi garam tinggi (anorganic) dan sementara limbah hasil pembakaran abu dari unit horizontal dapat diminimalisir. Capsitas dari *incinerator* adalah 10×10^6 Btu/h (2.5×10^6 kcal/h) hingga $70-100 \times 10^6$ Btu/h ($17.6 - 25.2 \times 10^6$ kcal/h).



Gambar 2. Typical liquid injection combustion chamber

Keuntungan

- Tidak memerlukan pembakaran kedua (secondary burn) jika waktu tinggal dalam pembakaran pertama (primary burn) 2 detik menurut aturan umumnya.
- Mampu membakar limbah cair berbahaya (B3)
- Tidak ada sistem pembuangan abu continue diperlukan selain untuk sistem pengendalian/pengontrolan pencemaran udara.
- Capable of a fairly high trundown ratio.
- Tidak ada bagian yang bergerak.
- Biaya perawatan yang rendah.

Kekurangan

- Hanya limbah yang dapat dikurangi (atomized) melalui burnernozzle dapat dibakar.
- Burner sangat rentan terhadap pluggage (perancangan burner untuk ukuran partikel tertentu, sehingga ukuran partikel menjadi parameter untuk menentukan suksesnya operasional)
- Burnerrentan terhadap material yang sudah kering dan cake karena tidak dapat melalau nozzle.

1.2 Rotary Kiln

Rotary Kiln *incinerator*^[3] adalah *incinerator* lebih baik karena *incinerator* ini dapat digunakan dengan baik pada limbah padat, lumpur, dan limbah yang terkontaminasi dalam cairan. *Incinerator* ini tahan api berlapis shell silinder, rotasi yang terjadi didalam klin memberikan pergerakan untuk limbah agar mudah bercampur.

Rotary Kiln terdapat dua proses pembakaran, permakaran utamanya (primary kiln) untuk menkonversikan limbah padat menjadi gas melalui penguapan, distilisasi, dan reaksi pembakaran parsial. Sedangkan pembakaran keduanya (secondary kiln) untuk menyempurnakan reaksi pembakaran fase-gas, dimana terhubung dengan pembuangan akhir kiln. Kiln dan ruang pembakaran biasanya membutuhkan bahan tambahan pembakaran awal untuk mencapai suhu operasi pembakaran yang diinginkan. Capacity dari pembakaran kiln ini 25×10^6 Btu/h (6.3×10^6 kcal/h).

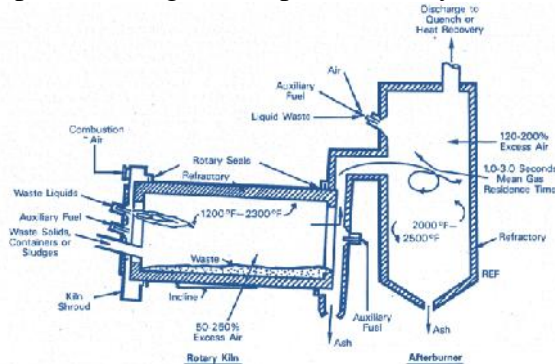
Keuntungan

- Dapat mempertahankan retensi tinggi atau mengurangi waktu tinggal dan mampu membakar limbah berbahaya padat maupun cair.
- Kemampuan penampungan feed dan bulk yang besar.
- Menghilangkan abu secara continue tidak mengganggu oxidasi limbah.
- Retensi atau waktu tinggal komponen nonvolatile dapat dikontrol dengan menyesuaikan kecepatan rotation.
- Rotary Kiln dapat dioperasikan hingga 2550^0 F (1400^0 C), sehingga cocok untuk senyawa yang mengandung toxic (beracun) yang sulit untuk undegradable.

Kekurangan

- Membutuhkan biaya tinggi untuk instalasinya, karena membutuhkan pembakaran secondary (*secondarycombustor*).

- Item berbentuk bola (*spherical*) atau silinder (*cylindrical*) dapat di roll melalui kiln sebelum pembakaran sempurna.
- Beban partikulat yang tinggi.
- Permasalahan dalam menjaga tiap end produk kiln yang signifikan merupakan operasional yang sulit.
- Pengeringan limbah lumpur berair atau beberapa limbah padat dapat menimbulkan clinker atau ring formation pada dinding tahan api (refractory walls).



Gambar 3. Typical rotary kiln/afterburner combustion chamber

1.3 Heart Incinerator

Heart Incinerator^[4] ini juga dikenal sebagai pengendali udara, starved air, atau *pyrolytic incinerator* dimana teknologi ketiganya diterapkan pada pembakaran limbah berbahaya dewasa ini. *Incinerator* jenis ini umumnya memiliki dua tahapan proses pembakaran. Tahapan pertama (*primary stage*) dari *incinerator* ini setelah limbah dimasukkan melalui ram-fed kedalam chamber kemudian dibakar dengan kadar udara 50-80 persen dari udara stoichiometric yang dibutuhkan. Hal tersebut mengkondisikan Starved air yang menyebabkan sebagian fraksi yang mudah menguap dihancurkan oleh *pyrolytically*, dengan kondisi panas *edothermic* yang disediakan oleh *oxidation* fraksi karbon tetap. Hasil asap dan produk *pyrolytic*, yang utamanya terdiri dari hidrokarbon dan karbon monoksida yang mudah menguap. Perlu diperhatikan reaksi pembakaran dan kecepatan turbulen seperti level yang rendah dengan kondisi starved air yang partikulat entrainment dan konveyor diminimalkan.

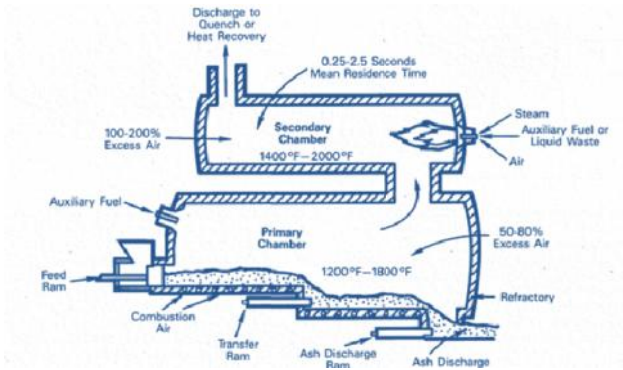
Pada tahapan kedua (*secondary stages*) dengan menginjeksikan udara tambahan untuk mempermudah proses pembakaran atau menambah bahan bakarnya, dimana pada tahapan ini meminimalisir emisi. Penambahan udara kedua dapat dikontrol dari 100 – 200 persen, diharapkan dari perlakuan ini dapat mengendalikan waktu tinggal gas 0.5 – 1 detik (0.7 umumnya) dan temperatur pembakaran 760° C (1400° F) sampai 982° C (1800° F), umumnya 871° C (1600° F). Sedangkan waktu tinggal yang lebih lama (hingga 2 detik) dan temperatur hingga 1204° C (2200° F).

Keuntungan

- Sesuai untuk pembuangan lumpur
- Jumlah besar dari waste-bound water dapat diuapkan.
- Dapat memanfaatkan berbagai jenis bahan bakar seperti abu batubara, limbah minyak, dan bahan pelarut (*solvents*).
- Untuk tungku multizone, efisiensi bahan bakar tinggi dan meningkatkan jumlah tungku yang digunakan.
- Untuk mempertahankan suhu yang diinginkan pada proses pembakaran, maka perlu menambahkan bahan bakar pada salah satu tungku multizone.

Kekurangan

- Membutuhkan pemkaran kedua (*secondary combustion*), kemudian meningkatkan instalasi, perawatan, dan biaya operasional.
- Limbah padat umumnya harus dihilangkan sebelumnya supaya pembakarannya sukses.
- Tidak cocok untuk limbah yang mengandung fusible ash, karena memerlukan panas tinggi untuk menghancurkan padatan takberaturan dalam jumlah besar (*irregular bulk solids*).



Gambar 4. Typical fixed hearth combustion chamber

1.4 Fluidized Bed Incinerators.

Fluidized Bed Combustor^[5] bahan bakarnya bersumber dari hamparan material pasir ataupun batuan yang dilewatkan dari bawah oleh udara bertekanan (blower) bertujuan untuk menghilangkan gaya statis dari material yang dipompakan sehingga material tersebut seolah-olah bersifat fluida, pada bagian tungku pembakaran terdapat rongga untuk menurunkan bahan bakar yang dimasukkan hal ini bertujuan untuk menyalakan api di dalam ruang bakar disamping meningkatkan temperatur dari bed. Kemudian limbah biomassa dimasukkan dan akan menghasilkan panas.

Kecepatan dari hamparan pasir yang diberi tekanan blower kecepatannya rendah, namun seiring dengan tercapainya kondisi seimbang dimana kecepatan bahan bakar akan meningkat. Sehingga dari proses ini akan tercipta *bubling*, turbulen pada partikel bahan bakar, percampuran udara, dan bahan bakar. Dari proses tersebut akhirnya terjadinya perpindahan panas dari hamparan ke pasir. Sistem ini bekerja pada kondisi operasi 840 – 950° C, sedangkan hamparan pasir 1000° C.

Siklon berfungsi sebagai memisahkan material berat dengan udara dan memastikan bahwa udara buangan bersih, dimanamenggunakan gas water scrubber untuk mengurangi kadar karbondioksida.

Keuntungan

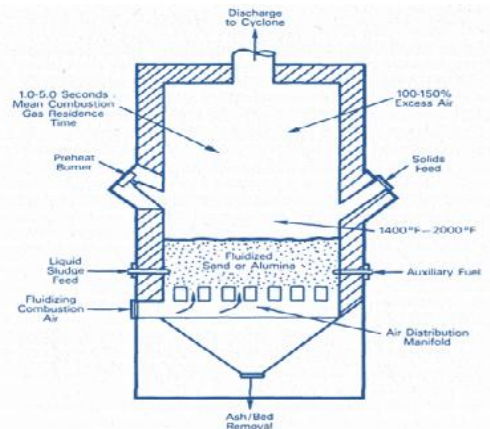
- Dapat memanfaatkan bahan bakar yang memiliki moisture content tinggi, nilai

kalor rendah dan bahan bakar dianggap limbah.

- Dapat menampung berbagai jenis karakteristik dari bahan bakar baik yang memiliki nilai kalor tinggi seperti batu bara, batang kayu, dll.
- Bahan bakar yang memiliki nilai kadar air tinggi dapat digunakan.
- Hasil dari gas buang yang keluar dari reaktor memiliki tekanan dan temperatur tinggi.

Kekurangan

- Sangat tergantung pada diameter partikel dan kecepatannya.
- Ketika *bubling* lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan udara kecepatannya menjadi split. Dimana nilai kecepatan split sangat tergantung untuk mengetahui periode perpindahan panas yang baik.
- Bahan bakar harus berdimensi antara 0.3 – 2 mm dan disesuaikan dengan kondisi reaktornya.
- Perlunya penanganan ahli dalam operasional.



Gambar 5. Typical fluidized bed combustion chamber.

2. Pemilihan Teknologi yang Sesuai Diterapkan di Indonesia

Pemilihan karakteristik dari *combustor* berdasarkan jenis limbah yang akan diproses, kapasitas limbah, persentase polusi udara dari hasil pembakaran, dan pemanfaatan energi *thermal*.

1. Karakter limbah Yogyakarta tergolong limbah campuran dari organik, anorganik, dan B3.
2. Kapasitas limbah Yogyakarta terangkut ke TPA pada tabel^[3] (BLH Yogyakarta 2012)
3. Kapasitas disain untuk limbah pada tabel^[4] (E. Timothy Oppelt, 1987)
4. Persentase polusi udara dari hasil pembakaran pada tabel^[4] (E. Timothy Oppelt, 1987)
5. Pemanfaatan energi *thermal* dari hasil pembakaran dapat dijadikan energi alternative (E. Timothy Oppelt, 1987)
6. Hal tersebut memungkinkan untuk menggunakan *combustor* jenis *Fluidized Bed Combustor*.

Tabel 3, Volume Sampah Terangkut Pada Tahun Anggaran 2009-2012

TAHUN			
2009 (Kg)	2010(Kg)	2011(Kg)	2012(Kg)
91.125.967	82.750.690	63.918.292	60.944.471

Tabel 4, *Estimation of available hazardous waste incinerator capacity by incinerator design*

Incinerator design	Number of units		Reported average design capacity ^a (MM Btu/h)	Reported utilization ^b (percent)	Projected available capacity ^c (MM Btu/h)	Permit pollution control equipment
	Reported	Projected ^d				
Rotary kiln	42	45	61.37	77	635	
Liquid injection	95	101	28.26	55	1284	
Furnace	25	26	33.14	94	52	
Hearth	32	34	22.75	62	294	
Fluidized bed and other	14	15	19.29	—	95 ^d	
Total or average values	208	221	32.37	67	2360	

^a 154 incinerators reporting.

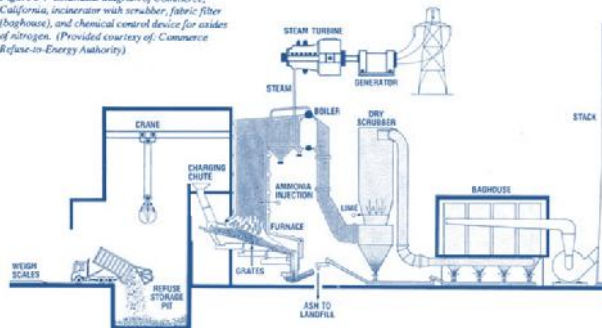
^b 71 incinerators reporting.

^c Calculated by multiplying projected number of units X average design capacity X (100 – utilization).

^d For this projection, average value of 67 percent utilization is used.

^e Includes units planned and in construction.

Figure 3-7 Schematic diagram of Commerce, California, incinerator with scrubber, fabric filter (baghouse), and chemical control device for oxides of nitrogen. (Provided courtesy of Commerce Refuse-to-Energy Authority)



Gambar 6. PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah)

3. Aplikasi Teknologi *Fluidized Bed Combustion* di Yogyakarta

Prinsip Kerja *Fluidized Bed Combustor*

Teknologi pembakaran dengan menggunakan metode *Fluidized Bed* telah mengenalkan beberapa konsep penting dalam pembakaran limbah padat, cair, dan B3 (Tilman, 1991), yaitu:

- Turbulensi partikel padatan, dengan meningkatkan kontak fisik antara partikel padat (pasir) dengan bahan bakar (limbah), yang menghasilkan panas dan perpindahan panas yang lebih baik, dan juga menunjukkan panas yang seragam di sekitar pasir, dan juga disekitar ruang bakar secara umumnya.
- Temperatur sebagai kontrol variabel yang independen dapat meningkatkan kontrol polusi yang dihasilkan oleh penempatan bahan bakar dan sistem distribusi udara, serta penempatan tabung *heatrecovery* dalam reaktor.
- Penggunaan pasir sebagai inert material dapat mengurangi dampak sisa hasil pembakaran dengan menggunakan bahan bakar yang basah atau kotor.

Prose kerja *Fluidized Bed Combustor* terutama terdiri dari tiga tahapan yaitu kondisi awal, pemanasan, dan kondisi proses.

1. Kondisi awal

Kondisi persiapan dimana pasir telah mengisi hamparan yang tersedia sesuai dengan ketinggian yang diinginkan, pada keadaan ini kondisi masih dalam temperatur ruang dan tekanan atmosfer belum ada reaksi dan proses *fluidized*, persiapan ini digunakan mempersiapkan *burner*, setting blower yang akan dioperasikan, fungsi *feeder* dan persiapan peralatan pendukung.

2. Proses pemanasan

Pada tahapan ini *burner* yang telah dihidupkan menyemburkan api, disinilah awal mula terjadinya pemanasan hamparan, sebelum *burner* hidup terlebih dahulu blower dihidupkan agar *fluidisasi* dan *bubling*

terjadi pada hampan untuk mempercepat proses pemanasan *bed* dimasukkan bahan bakar sehingga reaksi berlangsung lebih cepat dan panas yang diinginkan tercapai, setelah temperatur hampan mencapai suhu 500-800° C *burner* dimatikan namun tetap bahan bakar diisi secara kontinu.

3. Kondisi operasional

Ketika temperatur *bed* telah mencapai kondisi yang diinginkan maka *burner* dimatikan, hal ini menandakan telah terjadi pembakaran sendiri oleh bahan bakar yang bereaksi dengan hampan, untuk menjaga temperatur dalam ruang bakar maka perlu dilakukan pengontrolan suhu *bed* dengan cara menambah pasir bahan bakar ketika temperatur turun dan mengaduk pasir supaya pemanasan berlangsung merata. Selain itu supaya pencampuran berlangsung dengan cepat kecepatan blower perlu ditingkatkan supaya *heattransfer* dan pencampuran dapat berlangsung dengan baik dan cepat.

Komponen Fluidized Bed Combustion.

Fluidized Bed Combustion memiliki beberapa bagian penting harus diperhatikan dalam operasional. Bagian-bagian penting tersebut di antaranya terdiri dari:

1. *Fluidization Vessel*

Merupakan reaktor utama pembakaran dengan rangka dalam semen/beton untuk menyimpan panas, membantu pembakaran dalam ruang bakar, dan mempertahankan temperatur ruang bakar. *Fluidization Vessel* dilapisi oleh baja berdiameter 9 – 34 ft, dimana terdapat tiga bagian utamanya yaitu; ruang bakar, distributor, dan pleman.

2. *Solid Feeder*

Berfungsi sebagai media mengalirkan sejumlah bahan bakar menuju ruang bakar, ada beberapa jenis dari *solid flow control* yang sering digunakan yaitu jenis *slide valve*, *rotary valve*, *table feeder*, *screw feeder*, *cone valve*, dan *L valve*.

3. *Burner*

Burner digunakan sebagai alat untuk proses pemanasan awal, dimana alat ini berfungsi untuk memisahkan pasir sampai pasir tersebut mencapai temperatur 750 – 800° C. Jika kondisi temperatur yang diinginkan tercapai maka alat ini berhenti bekerja.

4. *Bed Material*

Bed Material adalah pasir silika atau kuarsa dengan ukuran 20 -50 *mesh*, karena pasir silika bersifat konduktivitas *thermal* yang baik dan kalor jenis yang rendah, disamping itu membutuhkan sedikit energi untuk meningkatkan temperaturnya.

5. *Cyclone Separator*

Berfungsi sebagai alat untuk mengurangi emisi yang ditimbulkan dari reaksi pembakaran, dimana alat ini memisahkan partikel padatan dengan gas karena dalam pembakaran tidak semua padatan mampu dibakar (terjadinya kecepatan *fluidisasi*) sehingga bahan bakar belum terbakar sempurna akan langsung menuju *cyclone*. Partikel-partikel hasil pembakaran berupa CO₂, CO, SO_x, NO_x, dll. Kurang efektifnya kinerja dari alat ini jadi membutuhkan komponen lain seperti *scrubber*, *elektrostatik presipitator*, *baghose*, *spry tower*, *dry sorbent injector*.

6. *Blower*

Berfungsi sebagai mengalirkan udara dengan kecepatan *fluidisasi* minimum dan memberikan tekanan pada nilai *pressure drop* (penurunan tekanan) yang melewati hampan pasir.

7. *Instrumentation*

Merupakan peralatan pendukung yang digunakan pada saat pengoperasian. Beberapa instrumen yang digunakan seperti; *boiler*, *steam turbin*, dan *generator*.

4. Penutup Kesimpulan

1. Permasalahan pencemaran lingkungan hidup akibat sampah dapat

diminimalisasi secara komprehensif bahkan mampu membuka lapangan pekerjaan baru.

2. Pola berfikir akan berubah seiring penerapan *incinerator* tersebut, sampah bukan lagi menjadi sumber masalah tapi menjadi sumber energi *renewable*.
3. Manajemen pengelolaan sampah yang baik akan menghasilkan *income* tentunya dari penjualan energi listrik yang dihasilkan.
4. Dapat menghasilkan energi listrik ± 50 kW dengan data volume sampah terangkut ke TPA yang diliris BLH 2012.
5. *The built instalation untill in function well and got result as designed before necessary the biggest budget.*
6. *Fiseability maintenance cost to be challanged as releated with corrosion form operational procesing and results gases-acid that will be accelerated to corrrsion.*
7. *Enveromental issue will be developing together wiht result combustion gases such as HCl, HF, SO₂, CO₂, N₂O, and CxHy that its most hazardous and need to apprecaited extra while how to handling.*

Daftar Pustaka

1. Kamel Singh, Solange O. Kelly and Musti K.S. Sastry, October 2009. ***Municipal Solid Waste to Energy: An Economic and Environmental Assessment for Application in Trinidad and Tobago***. The Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago Vol.38, No.1, pp.42-49.
2. E. Timothy Oppelt (1987), ***Incineration of Hazardous Waste***, JAPCA, 37:5, 558-586, DOI: 10.1080/08940630.1987.10466245.
3. C. C. Lee, George L. Huffman & Donald A. Oberacker (1986), ***An Overview of Hazardous/Toxic Waste Incineration, Journal of the Air Pollution Control Association***, 36:8, 922-931, DOI: 10.1080/00022470.1986.10466132.
4. Siti Ade Fatimah, 2009, ***Analisis Kelayakan Usaha Pengolahan Sampah***

Menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) di kota Bogor, Skripsi Program Sarjana Ekstensi Manajemen Agribisnis Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

5. W. Culp JR, Archie. **“Prinsip-prinsip konversi energi”** (terjemahan Ir Darwin sitompul, Meng), Jakarta: Erlangga. 1991.
6. Mochamad Furqon, 2012, ***Development of The Coal Combustion for Increase Efficiency, Ash Reduction and Clean Environment***, Balai Besar Tekstil, Jurnal Riset Industri Vol. VI. No. 2, 2012, Hal. 157-163.