

## EFISIENSI KINERJA INSENERATOR KAPASITAS 50 KG/JAM PADA PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DI PTLR

Ajrieh Setyawan, Purwantara

PTLR – BATAN, Gd. 50 Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan

[ajrieh@batan.go.id](mailto:ajrieh@batan.go.id)

### ABSTRAK

**EFISIENSI KINERJA INSENERATOR KAPASITAS 50 KG/JAM PADA PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DI PTLR.** Pengolahan limbah radioaktif padat terdiri dari kompaksi, insenerasi dan imobilisasi langsung. Dalam rangka mengoptimalkan fasilitas pengolahan limbah dengan insenerator maka diperlukan kajian perhitungan efisiensi kinerja insenerator. Metode perhitungan dilakukan pada saat 3 kali operasi insenerator tahun 2017. Hasil kegiatan pengoperasian insenerator selama 3 kali proses pengolahan limbah di PTLR BATAN pada tanggal 17 Mei, 31 Mei dan 8 Juni 2017 secara berturut efisiensi kinerja insenerator sebesar 95,5%, 91,4% dan 98,5%. Efisiensi terbaik didapat pada tanggal 8 Juni 2017 sebesar 98,5 % dengan massa limbah 75,1 kg, massa abu 1,1 kg, suhu operasi 310 – 610 °C dan pengolahan selama 4,5 jam operasi. Variabel yang mempengaruhi kinerja dari insenerator yaitu temperatur operasi, waktu tinggal dan komposisi sampah

Kata Kunci : Insenerator, Efisiensi, Limbah Radioaktif Padat

### ABSTRACT

**INCENERATOR PERFORMANCE EFFICIENCY THE CAPACITY 50 KG / HOUR ON SOLID RADIOACTIVE WASTE PROCESSING IN PTLR..** Solid radioactive waste treatment consists of compaction, incineration and direct immobilization. In order to optimize the existing waste treatment facility in the form of insenerator, it is necessary to study the calculation of efficiency of insenerator performance. The calculation method is done at 3 times incenerator operation in 2017. The result of the operation of the insenerator for 3 times the waste treatment process at PTLR BATAN on May 17, May 31 and June 8, 2017 respectively the efficiency of insenerator performance of 95,5%, 91.4% and 98.5% respectively. The best efficiency was obtained on June 8, 2017 of 98.5% with a waste mass of 75.1 kg, 1.1 kg of ash mass, operating temperature 310 - 610 °C and processing for 4.5 hours operation. variables that affect the performance of the insenerator ie operating temperature, residence time and garbage composition.

Keywords: Insenerator, Efficiency, Solid Radioactive Waste

### PENDAHULUAN

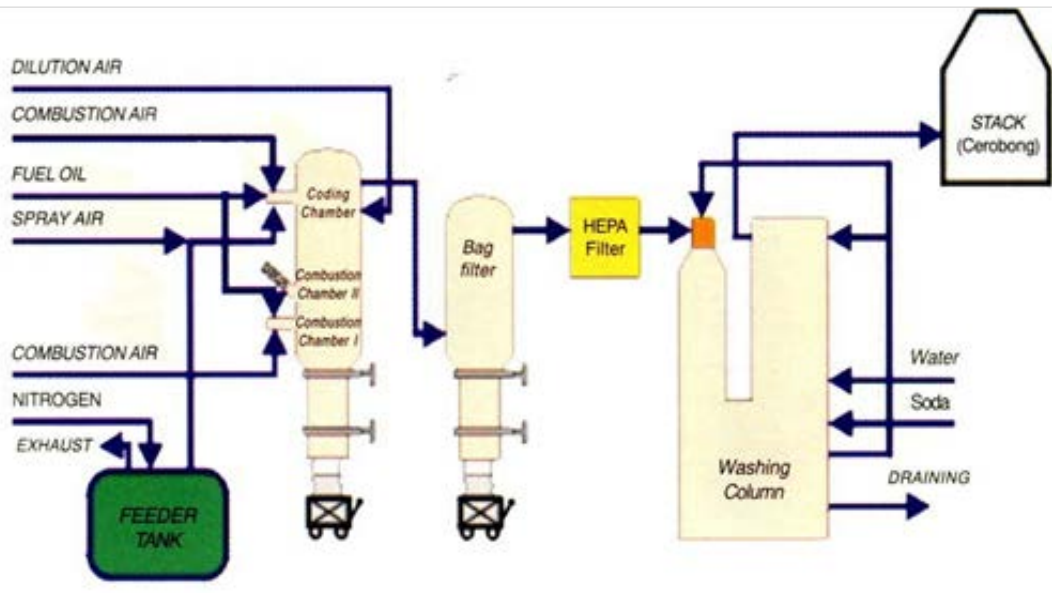
Beroperasinya fasilitas nuklir dan kegiatan lainnya yang berhubungan dengan sumber radioaktif akan menghasilkan limbah radioaktif berupa cair, padat dan gas. Masing-masing fasa limbah tersebut mempunyai perlakuan yang berbeda pada setiap proses pengolahannya. Limbah padat dapat diklasifikasikan menjadi 3, yakni limbah padat dapat dibakar, limbah padat dapat dikompaksi tetapi tidak dapat dibakar, dan limbah padat yang tidak dapat bakar maupun dikompaksi.

Dari ketiga tahap pengolahan limbah radioaktif padat di atas, insenerator merupakan tahap proses pengolahan dengan reduksi volume paling besar. Limbah dapat bakar direduksi volumenya dengan dibakar di dalam tungku insenerator pada temperatur di atas suhu bakar limbah (700°C – 1.100°C).

Reaksi pembakaran secara umum terjadi melalui 2 cara, yaitu pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sempurna adalah proses pembakaran yang terjadi jika semua karbon bereaksi dengan oksigen menghasilkan CO<sub>2</sub>, sedangkan pembakaran tidak sempurna adalah proses pembakaran yang terjadi jika bahan bakar tidak terbakar habis dimana proses pembakaran yang tidak semuanya menjadi CO<sub>2</sub>. Berdasarkan buku Waste Management Recovery by Incineration of Solid Wastes in the Federal Republic of Germany, proses pembakaran aktual dipengaruhi oleh 5 faktor, yaitu : [2]

1. Pencampuran udara dan bahan bakar dengan baik.
2. Kebutuhan udara untuk proses pembakaran.
3. Suhu pembakaran.
4. Lamanya waktu pembakaran yang berhubungan dengan laju pembakaran.
5. Berat jenis bahan yang akan dibakar.

Gas buang yang ditimbulkan dari reaksi pembakaran dan partikulit ini dilewatkan melalui beberapa filter antara lain *bag house filter* dan HEPA filter sehingga hampir 99,9%-nya akan terjebak di dalam *filter*. Selanjutnya gas buang yang berupa sisa-sisa asam dinetralkan dengan soda api (NaOH). Gas buang yang kemudian keluar dari cerobong telah sepenuhnya bebas dari komponen-komponen yang berbahaya. Komponen utama sistem insenerator di PTLR-BATAN terdiri dari ruang bakar, bag filter, sistem hepa filter, washing coulumb dan stack yang secara rinci dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Unit Insenerasi di PTLR [1]

Berdasar sistem note unit insenerasi kapasitas pengolahan insenerator adalah 50 kg/jam untuk limbah padat (karet, polietilen, PVC, kain kapas, kertas, kayu), mampu mengolah limbah cair (xylene, toluene) sebanyak 20 lt/jam dan binatang percobaan sebanyak 20 kg/jam. Jenis insenerator yang digunakan berdasarkan metode pembakaran yang berlangsung yaitu insenerator tipe *continue*. Pada insenerator tipe *continue*, Limbah dimasukkan secara terus-menerus dengan debit tetap berbeda dengan insenerator tipe *batch*, limbah dimasukkan sampai mencapai batas maksimum kemudian dibakar secara bersamaan. [1]

Ruang pembakaran dibagi menjadi dua, ruang pembakaran I (*pyrolysis chamber*) di bagian bawah yang digunakan untuk pembakaran pembakaran limbah padat dengan suhu 850 – 1000 °C dan pada bagian atas terdapat ruang pembakaran II (*post combustion chamber*) digunakan untuk pembakaran cairan organik dengan suhu 900 – 1000 °C. [1]

Tujuan analisis efisiensi uji fungsi insenerasi yaitu untuk menghitung efisiensi panas dan efisiensi reduksi volume sistem insenerasi dalam pengolahan limbah radioaktif dan untuk mengetahui hal-hal yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi. Analisis ini dilakukan dengan cara membandingkan jumlah umpan limbah, kebutuhan udara, bahan bakar, gas buang serta produk hasil pembakaran.

Perhitungan dilakukan dengan mengolah data hasil proses insenerasi dengan umpan data-data teknis dokumen insenerator yang ada di IPLR dan dokumen terkait dari *technicatome* serta literatur yang berhubungan. Perhitungan diawali dengan menghitung neraca bahan dan neraca panas pada tungku pembakaran. Kemudian ditentukan jumlah panas yang timbul dan panas yang keluar tungku. Panas yang timbul ini digunakan untuk pemanasan awal terhadap udara pembakaran dengan menggunakan alat penukar panas dan dihitung jumlah panas *recovery*.

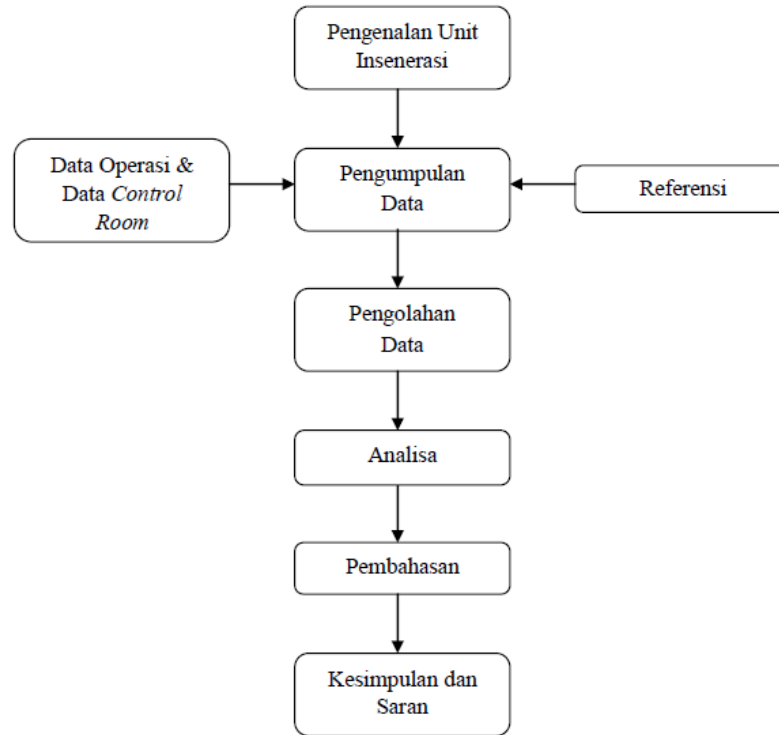
## TATA KERJA

### Pengambilan Data

Pengambilan dan pengolahan data dilakukan dengan mengamati secara langsung kegiatan proses di lapangan dari *control panel* pada pengolahan limbah radioaktif padat di unit insenerasi. Waktu pelaksanaan tanggal 17 Mei, 31 Mei dan 8 Juni 2017. Data-data yang diamati untuk proses perhitungan yaitu suhu operasi *burner* I, suhu gas buang hasil pembakaran, lama operasi, massa umpan, massa abu dan penggunaan bahan bakar. Pengamatan secara langsung di lapangan dilakukan untuk mencatat massa umpan dalam tiap kardus, nyala api dan temperatur pada *burner* I yang setiap

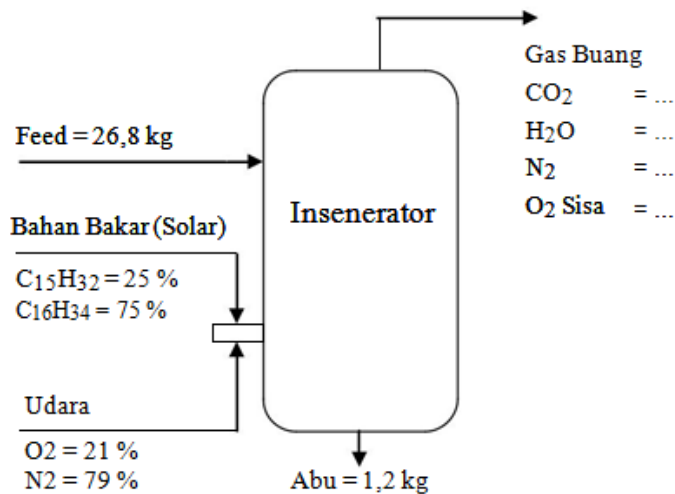
30 menit dilakukan pencatatan. Tahap kegiatan perhitungan efisiensi kinerja insenerator dapat dilihat dari tabel 1.

**Tabel 1.** Tahapan kerja



**Perhitungan**

Perhitungan diawali dengan menghitung neraca bahan dan neraca panas pada sistem pembakaran, kemudian ditentukan jumlah panas yang timbul dan panas yang keluar sistem. Neraca kesetimbangan diperoleh dari data umpan limbah, kebutuhan bahan bakar (solar), produk hasil bakar (Abu) dan Gas buang hasil bakar, uraian sistem dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Neraca panas insenerator

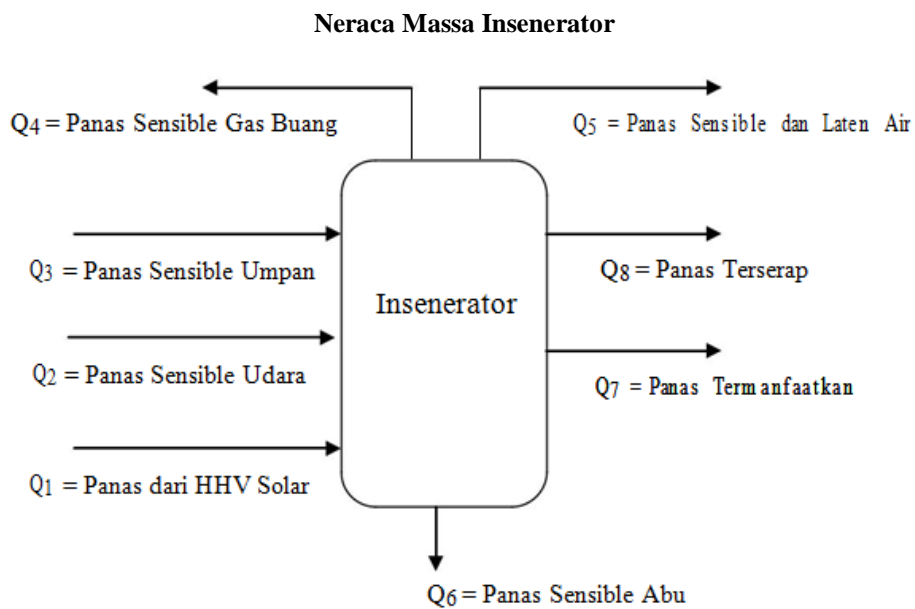
**Tabel 2.** Data pengolahan limbah insenerator

Tanggal	m <sub>1</sub> (kg)	m <sub>2</sub> (kg)	t (jam)	T (°C)	T <sub>GB</sub> (°C)
17/05/2017	26,8	1,2	0,5	400 - 600	588
31/05/2017	67,6	5,8	2,5	243 - 588	575
08/06/2017	75,1	1,1	4,5	310 - 610	600

**Tabel 3.** Neraca Massa Insenerator

Komponen	Input (kg)	Output (kg)
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	0,595	-
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	1,905	-
O <sub>2</sub>	10,464	1,792
N <sub>2</sub>	34,44	34,44
H <sub>2</sub> O	-	3,384
CO <sub>2</sub>	-	7,788
Feed	26,8	-
Gas yang tidak terkondensasi	-	25,6
Abu	-	1,2
Total	74,204	74,204

Untuk menghitung neraca massa insenerator dilakukan perhitungan nilai Q masing-masing. Neraca massa insenerator dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Skema Neraca massa Insenerator

**Mencari Q**

$$Q = m \cdot C_p \cdot T$$

Komponen	Input (kcal)	Output (kcal)
Panas dari HHV Solar	27407,565	-
Panas <i>Sensible Combution Air</i>	54,295	-
Panas <i>Sensible Umpan</i>	207,266	-
Panas <i>Sensible Gas Buang Kering</i>	-	6338,263
Panas <i>Sensible</i> dan Laten Air dari Reaksi Pembakaran	-	2743,511
Panas <i>Sensible</i> Abu	-	1044,995
Panas yang Termanfaatkan untuk Proses Pirolisis	-	1048,707
Panas Terserap	-	830,074
Panas yang Hilang	-	15663,576
Total	27669,126	27669,126

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Heat Loss} &= \frac{\text{Panas yang hilang}}{\text{Total panas masuk}} \times 100\% \\
 &= \frac{15663,576 \text{ kcal}}{27669,126 \text{ kcal}} \times 100\% \\
 &= 56,6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Efisiensi Panas} &= \frac{Q_{\text{Output}}}{Q_{\text{Input}}} \times 100\% \\
 &= \frac{12005,55 \text{ kcal}}{27669,126 \text{ kcal}} \times 100\% \\
 &= 43,4\%
 \end{aligned}$$

Laju Pembakaran

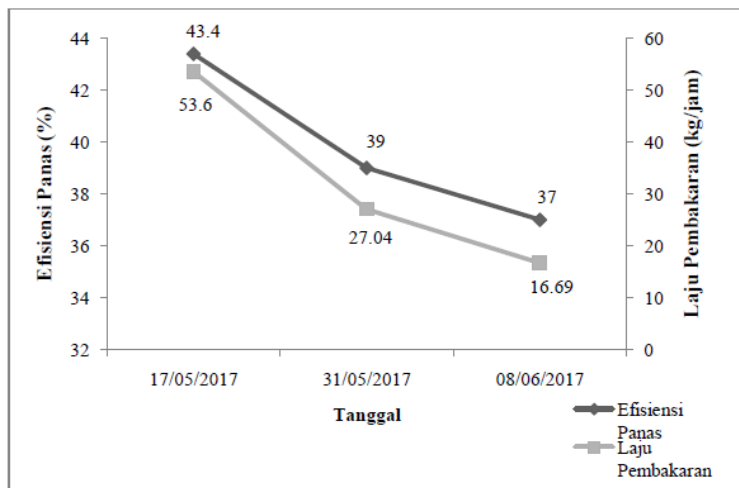
$$\begin{aligned}
 B_{bt} &= \frac{m}{t} \\
 &= \frac{26,8 \text{ kg}}{0,5 \text{ jam}} \\
 &= 53,6 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Efisiensi Insenerator

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Efisiensi} &= \frac{m_{in} - m_{out}}{m_{in}} \times 100\% \\
 &= \frac{26,8 \text{ kg} - 1,2 \text{ kg}}{26,8 \text{ kg}} \times 100\% \\
 &= 95,5\%
 \end{aligned}$$

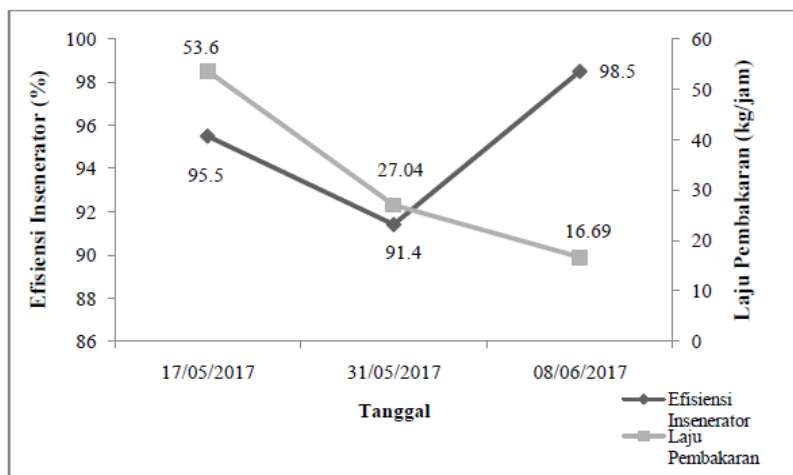
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-hasil perhitungan efisiensi insenerasi disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4 dan 5



Gambar 4. Efisiensi Panas dan Laju Pembakaran

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa semakin tinggi efisiensi panas pembakaran maka laju pembakaran umpan didalam insenerator akan semakin besar. Hal ini menunjukkan semakin tinggi temperatur pembakaran didalam burner, maka waktu tinggal yang diperlukan umpan untuk terbakar sempurna semakin singkat. Untuk efisiensi panas pada insenerator menurut AMDAL adalah sebesar 40 – 80 %. Efisiensi panas hasil perhitungan berada pada kisaran <45% karena pada saat pengoperasian insenerator temperatur operasi yang digunakan berkisar 250 – 600 °C sedangkan temperatur design insenerator berkisar 850 – 1000 °C



Gambar 5. Efisiensi Insenerator dan Laju Pembakaran

Gambar 5. menunjukkan bahwa semakin kecil laju pembakaran yang menandakan semakin lama waktu tinggal limbah didalam insenerator maka efisiensi insenerator akan semakin tinggi. Namun pada data tanggal 31 Mei didapat efisiensi insenerator lebih rendah dari efisiensi insenerator tanggal 17 Mei sedangkan laju pembakarannya lebih besar, hal ini dapat dipengaruhi beberapa faktor, yaitu temperatur operasi yang tidak maksimal dan komposisi umpan limbah yang banyak mengandung air dan bahan karet.

Dari pengamatan dan hasil yang diperoleh diketahui variabel yang mempengaruhi kinerja dari insenerator yaitu temperatur operasi, waktu tinggal dan komposisi sampah, Pembakaran sempurna membutuhkan waktu tinggal yang cukup yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menjamin terjadinya percampuran yang sempurna antara udara dan bahan bakar agar dapat bereaksi secara sempurna.

Pengoperasian insenerator akan menghasilkan gas buang (*flue gas*) dan abu hasil pembakaran. Karakteristik sampah seperti nilai panas, kandungan air dan sifat kimia (kandungan C, H, O, N, S dan Cl) sampah berpengaruh terhadap proses pembakaran dan jenis polutan pada gas buang dan abu. Maka diperlukan preparasi / penyortiran limbah sebelum insenerasi untuk memisahkan limbah yang mudah meledak dan tidak dapat di insenerasi.

**KESIMPULAN**

Perhitungan efisiensi kinerja insenerator kapasitas 50 kg/jam selama 3 kali proses pengolahan limbah di PTLR BATAN yaitu pada tanggal 17 Mei, 31 Mei dan 8 Juni 2017 secara berturut sebesar 95,5%, 91,4% dan 98,5%. Efisiensi terbaik didapat pada tanggal 8 Juni 2017 sebesar 98,5 % dengan massa limbah 75,1 kg, massa abu 1,1 kg, suhu operasi 310 – 610 °C dan pengolahan selama 4,5 jam operasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Technicatome,” Sistem note unit insenerator tecdoc PTLR, BATAN
- [2]. C. Nels, 1984, Recovery by Incineration of Solid Wastes in the Federal Republic of Germany, Waste Management & Research (1984)
- [3]. Brunner, C.R, Hazardous Waste Incineration, second edition McGraw-Hili Inc.
- [4]. Dimension Calculation Note, WSPG 820NPL8003, Technicatome
- [5]. Hicks TG, Handbook of Mechanical Engineering Calculation McGraw-Hill in
- [6]. Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations Third Edition*. New Jersey : PTR Prentice-Hall, Inc.
- [7]. Yaws, Carl L. 1999. *Chemical Properties Handbook : Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and*