

## **RANCANG BANGUN PROTOTIPE TUNGKU PEMBAKAR SAMPAH RADIOAKTIF**

Margono<sup>1</sup>, Henky Poedjo Rahardjo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, <sup>2</sup>Pusat Teknologi Nuklir Bahan Dan Radiometri

### **ABSTRAK**

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE TUNGKU PEMBAKAR SAMPAH RADIOAKTIF.** Berbagai eksperimen dalam laboratorium litbang nuklir selalu tidak terlepas dari pemakaian benda-benda kerja, baik berupa peralatan, ataupun bahan yang secara langsung maupun tidak langsung berinteraksi dengan zat radioaktif. Benda kerja yang dipergunakan dalam kegiatan laboratorium tersebut, pada saatnya akan tidak dipergunakan lagi, dan akan menjadi sampah yang terbuang. Sampah tersebut karena telah tercemar zat radioaktif maka digolongkan sebagai sampah radioaktif. Sampah radioaktif tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan, terutama jika aktivitasnya masih di atas batas yang diizinkan (di atas paparan latar belakang). Oleh karena itu perlu dilakukan penyimpanan dan pemrosesan terlebih dahulu agar tidak mencemari lingkungan. Tempat penyimpanan sampah radioaktif berupa tempat penampungan yang dibatasi dinding-dinding penahan, agar radiasi radioaktif yang dipancarkan sampah radioaktif tidak bebas keluar. Masalahnya jika volume sampah radioaktif yang disimpan besar, maka akan diperlukan ruangan yang besar pula. Hal ini akan menyebabkan meluasnya medan radiasi sehingga jangkauan aktivitas radiasi radioaktifnya menjadi luas. Demikian pula biaya penyediaan tempat penyimpanannya jadi mahal. Untuk menghindari meluasnya aktivitas radiasi dan mahalnya biaya tempat penyimpanan sampah radioaktif maka diperlukan suatu proses yang dapat mereduksi sampah tersebut, salah satunya yaitu dengan cara pembakaran. Dalam riset ini diusulkan pembuatan suatu prototipe pembakar sampah radioaktif yang sederhana, aman, relatif murah. Metoda yang digunakan dalam pembuatan pembakar sampah radioaktif ini dimulai dengan perancangan ruang bakar, dilanjutkan dengan pembuatan. Diharapkan prototipe ini dapat mereduksi volume sampah sekecil mungkin.

**Kata kunci:** tungku, sampah, radioaktif, mereduksi, pembakaran.

### **ABSTRACT**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF RADIOACTIVE WASTE INCINERATOR PROTOTYPE.** Various experiments in nuclear research and development laboratoratoty are always inseparable from the use of objects of work, whether in the form of equipment, or materials which are directly or indirectly interact with radioactive substances. Workpiece used in these laboratory activities, in time will not be used again, and will become an outcast garbage. The waste has been contaminated with radioactive then classified as radioactive waste. Radioactive waste can not be directly discharged into the environment, especially if the activity was still above the permitted levels (above the background exposure). Therefore, storage and processing needs to be made in advance so as not to pollute the environment. Storage of radioactive waste in the form of restricted shelters retaining walls, for radioactive radiation emitted by radioactive waste is not free to exit. The problem is if the volume of stored radioactive waste is will need a big room too. This will cause widespread radiation field so that the range of radioactive radiation activities became widespread. Similarly, the cost of providing storage to be expensive. To avoid the spread of radiation activity and the high cost of storage of radioactive waste, we

*need a process that can reduce waste, one of them is by burning. In this research proposed the creation of a prototype burner radioactive waste that is simple, safe and relatively inexpensive. The method used in the manufacture of radioactive incinerator was started by designing the combustion chamber, followed by manufacturing. This prototype is expected to reduce the waste volume as small as possible*

**Key words** : *incinerator, waste, radioactive, to reduce, burning.*

## 1. PENDAHULUAN

Suatu lembaga penelitian selalu menghasilkan produk penelitian yang berupa alat ataupun makalah dari penelitian tersebut. Dalam melakukan penelitian sering kali menggunakan bahan-bahan tertentu sebagai sarannya. Dari bahan-bahan tersebut dihasilkan sampah, ada padat ataupun cair tergantung bahan yang digunakan. Sampah-sampah tersebut dipisahkan antara yang padat dan yang cair untuk memudahkan pengelolannya. Di BATAN, Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri khususnya banyak sekali menghasilkan sampah padat terutama kertas, plastik dan karet, sehingga diperlukan pengelolaan yang baik. Sampah yang dihasilkan terutama yang terkontaminasi zat radioaktif, tidak boleh dibuang di sembarang tempat pembuangan sampah umum. Sampah ini harus disimpan di tempat khusus untuk sampai aktivitasnya meluruh sesuai batas yang diijinkan untuk diproses<sup>[1]</sup>. Tempat penyimpanan sampah yang dimiliki sampai volumenya terbatas, sementara sampah semakin banyak, maka diperlukan alat pemroses untuk mereduksi volume sampah tersebut. Salah satu cara mereduksi sampah padat adalah dengan cara membakarnya, untuk itu maka perlu dibuat tungku pembakar sampah. Adapun tungku yang diperlukan adalah tungku yang tahan terhadap panas yang dihasilkan oleh sampah kertas, plastik dan karet. Dalam melakukan kegiatan rancang bangun tungku pembakar sampah ini diperlukan bahan-bahan yang memenuhi kriteria tersebut, yaitu temperatur tertinggi sampah yang dibakar adalah 640 °C, sehingga tungku harus dirancang tahan pada suhu lebih tinggi dari 640 °C. Oleh karenanya tungku

dirancang mampu sampai pada suhu 750 °C agar tidak terjadi kerusakan pada saat digunakan pembakaran<sup>[2]</sup>. Di samping itu dinding luar tungku tidak panas apabila disentuh dengan tangan manusia, agar operator pembakar sampah aman dalam melakukan pembakaran dan suhu udara disekitarnya masih nyaman

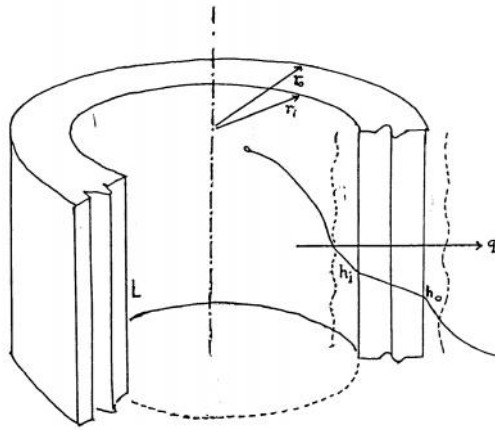
Jadi jelaslah bahwa dengan adanya kegiatan litbang di bidang nuklir selain menghasilkan kemajuan teknologi nuklir menghasilkan pula sampah yang bersifat radioaktif. Sampah ini apabila tidak secepatnya ditangani akan terjadi penimbunan yang dapat berbahaya bagi lingkungan.

Apalagi sampah yang mempunyai radioaktivitas tinggi maka penanganannya harus cepat dan terkendali. Oleh karena itu perlu dipikirkan secepatnya penanganan sampah radioaktif tersebut agar tidak mengganggu lingkungan, yaitu dengan cara mereduksi melalui pembakaran di dalam tungku pembakar sampah radioaktif.

## 2. TEORI

Perancangan pembakar sampah radioaktif dilakukan atas dasar pertimbangan data masukan, analisis awal dan dilengkapi dengan perhitungan teoritis. Bentuk pembakar sampah padat dapat berupa kotak atau silinder<sup>[2]</sup>. Dari teori perpindahan panas diharapkan bahwa bentuk silinder akan lebih baik untuk ruang bakar, karena distribusi panas di dalam ruang bakar akan lebih merata. Hal ini dimungkinkan karena tiap titik pada sisi silinder mempunyai jarak yang sama ke garis pusat silinder, lihat Gambar 1 dan

laju perpindahan kalornya pada



Gambar 1. Perpindahan kalor dalam ruang berbentuk silinder.

Jika suhu maksimum berada di pusat silinder atau sumber kalor ada di pusat silinder maka laju perpindahan kalor ( $q$ ) dari tengah ke luar silinder seperti dinyatakan dalam persamaan (1) berikut,

$$Q = U_o A_o ( T_{maks} - T_o ) \dots\dots\dots( 1 )$$

[4],[5]

dengan,

$$U_o = \frac{1}{r_o / r_i h + [r_o \ln(r_o / r_i)] / k + 1 / h}$$

- $A_o$  =  $2 r_o L$ , luas permukaan perpindahan kalor ( $m^2$ )
- $r_o$  = jari-jari luar (m)
- $r_i$  = jari-jari dalam (m)
- $h$  = koefisien perpindahan kalor konveksi ( $W/m^2 K$ )
- $k$  = koefisien perpindahan kalor konduksi ( $W/m^2 K$ )
- $T_o$  = suhu dinding tungku luar ( $^{\circ}K$ )
- $T_{maks}$  = suhu maksimum dinding tungku dalam ( $^{\circ}K$ )

Bentuk silinder juga mempunyai pengaruh yang baik bagi pengendalian radiasi yang dipancarkan sampah radioaktif<sup>[1]</sup>. Ruang bakar merupakan

persamaan (1) di bawah ini, jantung pembakar sampah, yang di dalamnya dapat berlangsung reaksi pembakaran sempurna pada suhu yang tinggi, tergantung jenis material sampah yang dibakar. Untuk mencapai suhu pembakaran sempurna tersebut, mula-mula dilakukan proses pengeringan sampah dengan memberi sejumlah kalor untuk penguapan sampah basah dan penguapan kandungan air dalam sampah, sehingga dicapai suhu sampah kering. Kemudian ditambahkan kalor untuk menaikkan suhu sampai mencapai titik didih air. Selanjutnya ditambahkan lagi kalor untuk menaikkan suhu dari titik didih sampai mencapai titik nyala. Titik nyala ini tergantung dari jenis material sampah yang akan dibakar. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan para ahli diperoleh bahwa titik nyala bahan kertas, plastik dan karet, ditunjukkan seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Titik nyala bahan kertas, plastik dan karet<sup>[3]</sup>

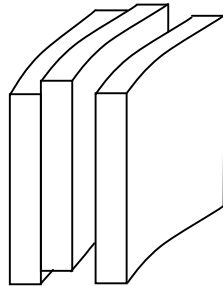
Bahan	Titik Nyala ( °C )
kertas	180 – 430
plastik	140 – 640
karet	150 – 500

### 3. PERANCANGAN TUNGKU

Jenis sampah yang akan dibakar sebagian besar adalah kertas, plastik dan karet, maka ditentukan suhu ruang bakar yang direncanakan adalah  $750^{\circ}C$ , lebih tinggi dari pada titik nyala tertinggi bahabahan sampah tersebut. Oleh karena itu dinding ruang bakar harus dipilih dari bahan yang tahan pada suhu tinggi tersebut. Syarat yang lain bagi bahan dinding ruang bakar adalah harus dapat menahan radiasi panas ke lingkungan sekitar tungku agar ruang operator tidak panas<sup>[2]</sup>. Dinding tungku dibuat dua lapis yaitu dinding primer dan sekunder yang dipisahkan dengan ruang udara.

Komposisi bahan tahan api pada umumnya terdiri dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ .<sup>[3]</sup>

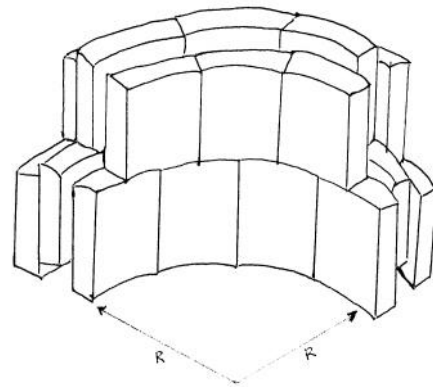
Dinding tungku primer dibangun dari batubata yang dibuat dari campuran semen tahan api, pasir batu dan semen bangunan. Perbandingannya 1 : 1 : 1 yang kemudian dicampur dengan air dan dicetak seperti pada Gambar 2 di bawah :



Gambar 2. Bentuk batu bata dinding tungku

Tungku pembakar dirancang untuk membakar sampah sebanyak  $0.5 \text{ m}^3$  untuk sekali bakar. Pembuatan dimulai dengan mencetak batubata untuk dinding ruang bakar primer. Ukuran batu-bata dapat disesuaikan dengan volume ruang bakar sampah radioaktif yang telah dirancang, yaitu dengan membagi luas dinding ruang bakar dengan jumlah bata yang telah ditentukan untuk dipasang. Bahan batu bata dibuat dari bahan yang tahan suhu tinggi, di atas  $750 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kemudian dibuat ruang bakar primer dengan menyusun batubata yang telah dibuat dalam bentuk silinder. Rangka bakar diletakkan dibagian tengah silinder dan dibuat lubang di bawahnya untuk pembuangan material sisa pembakaran. Dinding ruang bakar primer terdiri dari susunan batubata seperti terlihat pada Gambar 3.

dari ruang bakar, yaitu dengan cara pemisahan partikel dari gas buang menggunakan penyemprot air (nozle), sehingga partikel akan jatuh ke bawah sedang gasnya akan diteruskan oleh blower dan dilewatkan ke suatu filter udara untuk menyaring partikel yang

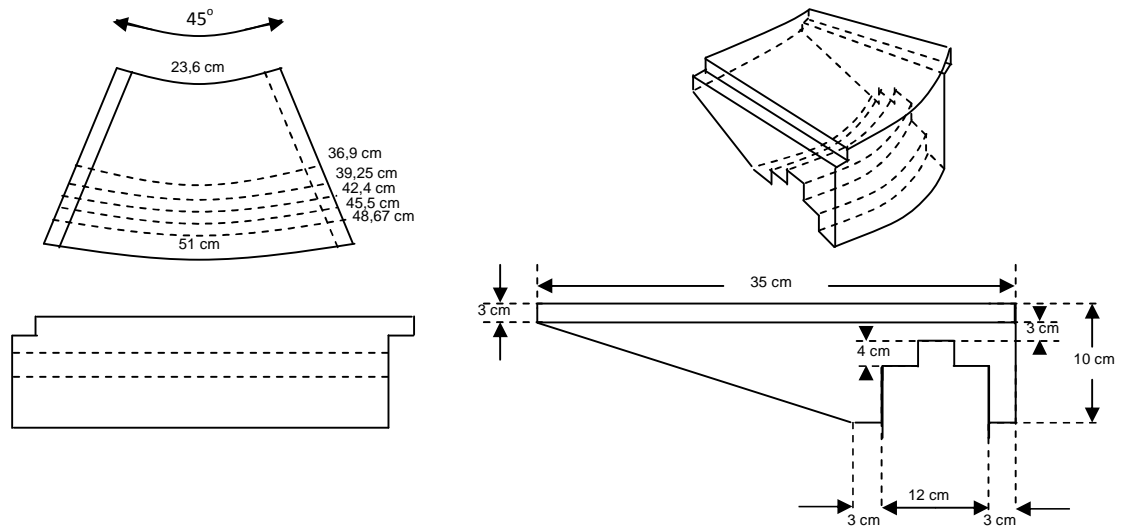


Gambar 3. Susunan batubata untuk ruang bakar

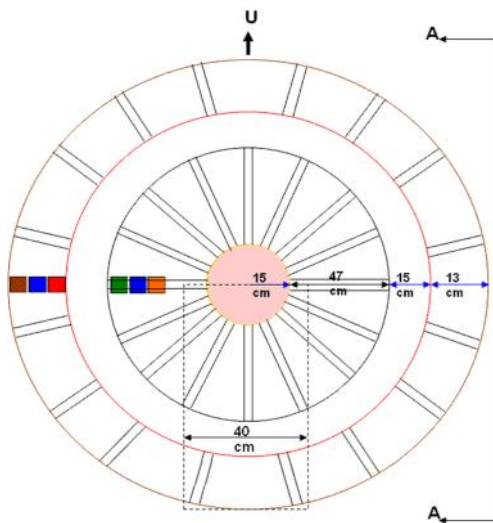
Untuk menahan baik radiasi radioaktif maupun radiasi termal yang kemungkinan masih lolos dari sela-sela dinding primer, maka dibuat dinding sekunder yang merupakan dinding beton biasa tidak dicampur semen tahan api dengan tebal tertentu dan bentuknya seperti bata dinding primer dengan diameter lebih besar. Dinding sekunder ini membentuk kolom udara untuk penyediaan udara yang akan didistribusikan sebagai udara bawah api yang berguna untuk mencatu oksigen, udara atas api dan udara sekunder. Kolom udara ini juga berfungsi sebagai lapisan pendingin dan menahan keluarnya kalor dari dinding primer ke lingkungan, udara disekitarnya tidak panas dan nyaman bagi operator. Kegunaan yang lain dari dinding sekunder adalah sebagai penyangga tutup ruang bakar dan cerobong gas buang. Direncanakan cerobong pengelolaan gas buang ini akan dilakukan secara terpisah kemungkinan masih ada yang lolos kelingkuhan. Pada penelitian ini yang dilakukan adalah sampai pada tungku bakar saja. Tungku bakar ini bentuknya direncanakan sebuah tungku bongkar-pasang (*knock down*), untuk itu maka tutup tungku juga direncanakan seperti

pada dindingnya yang bisa  
dibongkar pasang. Untuk itu tutup tungku

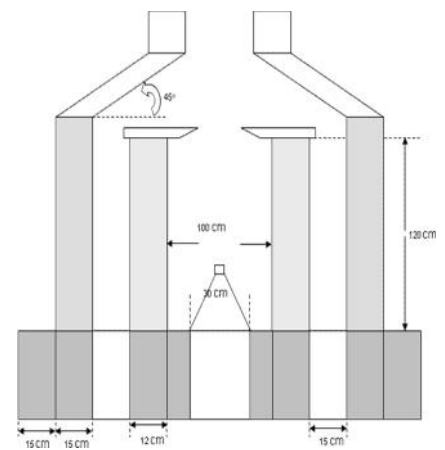
harus sesuai dengan dinding primernya,  
seperti terlihat pada Gambar 4 di bawah :



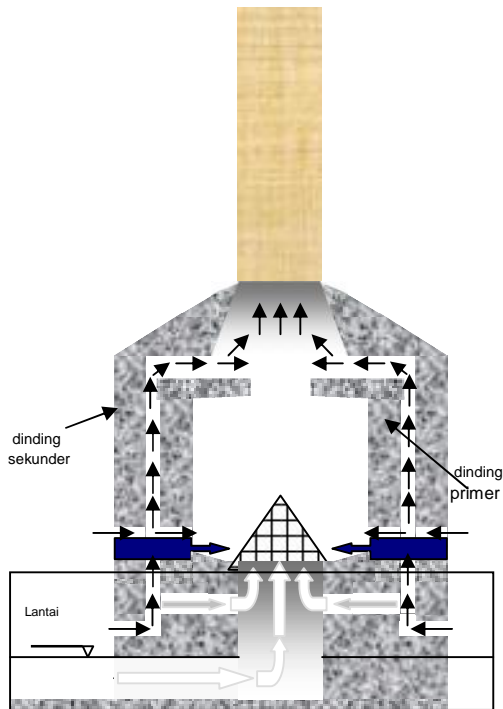
Gambar. 4. Bentuk bata penutup tungku dalam



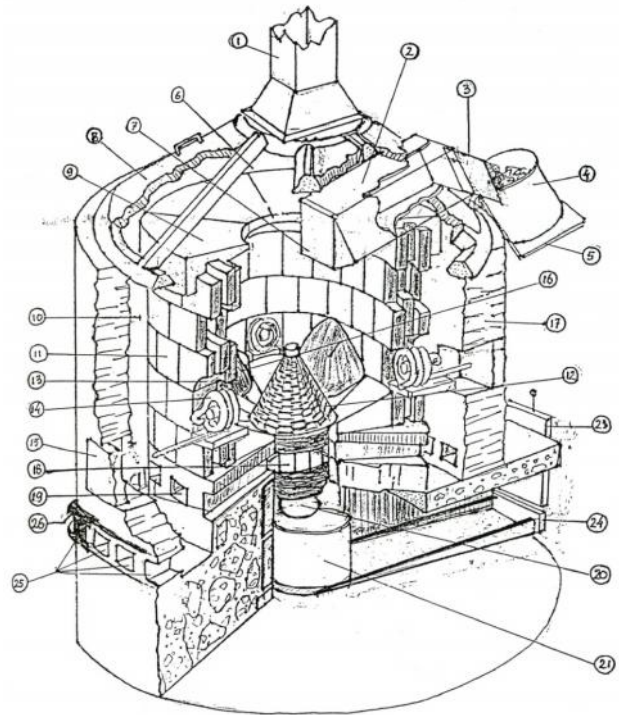
Gambar. 5. Perencanaan dasar tungku



Gambar 6. Dimensi dan ukuran tungku



Gambar 7. Irisan Vertikal Tungku



Gambar 8. Isometri Rancangan Prototipe  
Pembakar Sampah Radioaktif <sup>[3]</sup>

Keterangan Gambar 8:

- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagian bawah cerobong</li> <li>2. Saluran pemasukan SRA</li> <li>3. Pintu penutup luar saluran SRA</li> <li>4. Tabung SRA</li> <li>5. Dudukan dan pengungkit tabung SRA</li> <li>6. Ruang bakar sekunder</li> <li>7. Pintu penutup dalam saluran SRA</li> <li>8. Dinding ruang bakar sekunder</li> <li>9. Sekat pemisah ruang bakar primer dan sekunder</li> <li>10. Celah pemasukan udara sekunder</li> <li>11. Dinding ruang bakar primer</li> <li>12. Rangka bakar</li> <li>13. Lubang pemasukan udara atas api</li> <li>14. Burner</li> <li>15. Pintu penutup lubang burner</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>16. Segmen kerucut</li> <li>17. Dinding sekunder</li> <li>18. Lubang pemasukan udara bawah api</li> <li>19. Saluran pemasukan udara bawah api</li> <li>20. Penutup bawah rangka bakar</li> <li>21. Tabung abu</li> <li>22. Saluran pemasukan dan pengeluaran tabung abu</li> <li>23. Pintu penutup saluran abu</li> <li>24. Pintu penutup saluran pembersih sisa abu</li> <li>25. Lubang saluran pemasukan udara luar dan penutupnya</li> <li>26. Tutup pengendali saluran pemasukan udara luar</li> </ol> |
|--|---|



Gambar 9. Foto proses pembuatan tungku dan pengetesan dinding primer

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah tungku pembakar sampah dibangun sesuai dengan perencanaan, maka tungku dalam dibakar langsung dengan *burner* selama kira-kira 30 menit lebih sampai dinding terbakar membara bagian dalamnya. Pengujian ini dilakukan

beberapa kali dan dilakukan sebelum dinding sekunder dibuat, untuk membuktikan apakah tungku akan menjadi rusak seandainya sampah yang dibakar sampai bisa membakar dinding tungku. Dari hasil pengujian ini ternyata dinding tungku tidak mengalami perubahan, karena pembakaran tersebut

belum mencapai titik bakar bahan dinding tungku dan bahan dinding menggunakan semen tahan api. Dalam pengujian ini tidak digunakan langsung membakar sampah karena cerobong asapnya belum dibuat. Cerobong yang direncanakan akan dilengkapi dengan blower penghisap udara di sela-sela dinding, asap hasil pembakaran dan dipasang *filter* untuk menyaring gas buang serta *sprayer* yang berfungsi sebagai pendingin dan penangkap abu yang terbawa ke atas. Namun cerobong baru akan dibuat pada tahun berikutnya, pengamatan lebih terperinci akan dilakukan pada saat cerobong dan kelengkapannya sudah terpasang.

## 5. KESIMPULAN

Dari uraian yang dikemukakan di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Rancangan yang diajukan memenuhi syarat untuk dibuat.
2. Dengan adanya rancangan ini diharapkan agar dapat direalisasikan dengan segera sehingga penanganan sampah radioaktif dapat diatasi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. MORAN, M. J. AND SHAPIRO, H. N., *Fundamentals Engineering Thermodynamics*, John Willey & Sons, Inc., New York, 2004
2. PROFIO, A. EDWARD, *Radiation Shielding and Dosimetry*, John Willey & Sons, Inc., New York, 1979
3. *Incinerator Umum Alat Pengolahan Sampah*, Maxpell Technology, Solusi Alternatif Penanganan Sampah, Copyright 2008
4. COREY, RICHARD C., Editor : *Principles and Practices of Incineration*, John Willey & Son, Inc., New York, 1969.
5. REYNOLDS, W. C. AND PERKINS, H. C., *Engineering Thermodynamics*, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill, Inc. USA, 1982.