

PRARANCANGAN PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DENGAN PROSES MIKROWAVE DARI PLTN TIPE PWR 1000 MW

Cerdas Tarigan¹
¹Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir

ABSTRAK

PRARANCANGAN PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DENGAN PROSES MIKROWAVE DARI PLTN TIPE PWR 1000 MW. Telah dilakukan prarancangan pengolahan limbah radioaktif padat dengan proses mikrowave dari PLTN 1000 MW. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan prarancangan pengolahan limbah radioaktif padat yang berupa abu insenerasi, resin penukar ion bekas, konsentrat padat dan metal sludge dengan proses mikrowave dengan cara peleburan dalam suatu melter menggunakan teknik mikrowave. Hasil reduksi volume limbah hingga 1/20 kali dari volume limbah semula dan berbentuk padatan yang sangat solid sehingga mudah disimpan dan dipindahkan ketempat penyimpanan limbah. Dengan demikian bahwa pengolahan menggunakan proses mikrowave mempunyai banyak kelebihan dibandingkan proses immobilisasi dimana lebih efisien dan efektif. Dalam prarancangan instalasi pengolahan limbah radioaktif padat mikrowave ini dilakukan penyusunan konseptual desain dan proses diagram alir prarancangan.

Kata kunci : prarancangan, pengolahan, limbah radioaktif, mikrowave

ABSTRACT

A PRE DESIGN PROCESSING OF SOLID RADIOACTIVE WASTE USING MICROWAVE PROCESS FROM NUCLEAR POWER PLANT TYPE PWR 1000 MW. A pre design processing of solid radioactive waste using microwave process from nuclear power plant type 1000 MW has been carried out. The aims of study is to conduct pre design solid radioactive waste treatment in the form of incineration ash, ion exchange resins, solid concentrates and metal sludge by microwave process by melting them in a melter using a microwave technique. The results of the reduction of waste volume up to 1/ 20 times from the original waste volume and having shape very solids so that it will be easily stored and transferred at the waste storage place. Thus, the processing using microwave process has many advantages compared to the immobilization process which is more efficient and effective. In the pre design installation of solid radioactive waste processing is done by compilation of microwave conceptual design and process flow diagram of pre design.

Keyword : pre design, radioactive waste, processing, microwave

1. PENDAHULUAN

Selama beroperasinya Pusat Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) pencemaran yang disebabkan oleh zat radioaktif terhadap lingkungan dapat dikatakan tidak ada. Air laut atau air sungai yang digunakan untuk membawa panas dari kondensor sama sekali tidak mengandung zat radioaktif karena tidak bercampur dengan air pendingin yang bersirkulasi didalam reaktor.

Limbah radioaktif padat dan cair yang ditimbulkan selama beroperasinya PLTN diolah dengan teknologi yang sesuai dan hasil olahannya harus memenuhi

standar pengolahan kemudian disimpan di dalam tempat penyimpanan sementara yang mempunyai kapasitas dan standar keselamatan sesuai dengan perencanaan PLTN. Sedangkan gas radioaktif yang keluar dari sistem reaktor tetap terkungkung dalam sistem PLTN dengan pengolahan melalui sistem vac off gas yang dilengkapi dengan hepa filter yang mempunyai efisiensi penyaringan yang sangat tinggi sehingga gas yang keluar melalui cerobong sudah memenuhi baku mutu keselamatan lingkungan.[1]

Limbah radioaktif yang ditimbulkan dari PLTN dengan daya

1000 MW aktivitasnya diklasifikasikan secara umum menjadi tiga kelompok yaitu limbah radioaktif aktivitas rendah, sedang dan aktivitas tinggi. Jenis limbah padat yang timbul dari PLTN cukup banyak dan bermacam-macam seperti kain lap, kertas, kotak/ bungkus kecil, kayu, karbon aktif, shoe cover, pakaian lab, filter bekas dll. Selain limbah padat tersebut di atas ada juga limbah padat hasil pengolahan dari limbah gas dan limbah cair serta limbah semi cair (limbah resin bekas) yang hasil pengolahan akhirnya berbentuk kemasan limbah padat. Limbah padat ini di bagi ke dalam limbah padat yang terbakar dan tidak terbakar, terkompaksi dan tidak terkompaksi. Limbah padat yang timbul ini lebih 90 % termasuk dalam aktivitas sangat rendah dan hanya 10 % yang mengandung nuklida aktif dengan paparan kontaknya lebih kecil 0.5 mGy/h. Jumlah limbah padat hasil pengolahan yang ditimbulkan tergantung dari tipe reaktor dan kondisi operasi. Radionuklida yang terdapat dalam limbah padat antara lain : Sr-90, Y-91, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Te-129m, I-131, Cs-134, Cs-136, Cs-137, Ce-144, Cr- 51, Mn-54 Fe-55, Fe-59, Co-58 dan Co-60.[2]

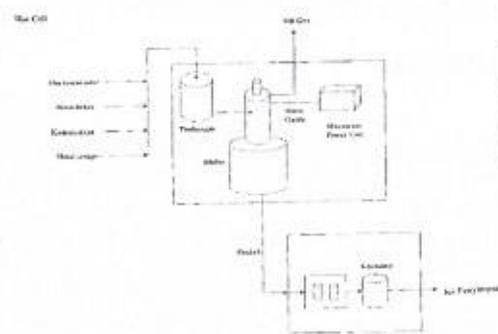
Jumlah limbah radioaktif padat yang ditimbulkan tiap tahun dari operasi PLTN 1000 MW adalah sekitar 1200 m³. Pada umumnya jenis dan tipe serta jumlah limbah radioaktif padat yang ditimbulkan dari PLTN tipe PWR 1000 MW untuk setiap tahunnya adalah sebagai berikut :

Limbah radioaktif padat aktivitas rendah $D \leq 2$ mrem/ jam dengan jumlah total 440 m³, yang terdiri dari limbah radioaktif padat terbakar sejumlah 375 m³, karbon aktif sebanyak 9 m³, filter udara sebanyak 39 m³, filter air sebanyak 10 m³, karet sebanyak 3 m³ dan material isolasi tak terbakar sebanyak 4 m³. dapat dilihat pada Lampiran 1, Gambar 1. [3,4]

Limbah radioaktif padat dengan aktivitas $D < 2$ mrem/jam, limbah ini berupa material logam teraktivasi dengan jumlah relatif kecil.

Limbah radioaktif semi cair berupa konsentrat yaitu hasil evaporasi sejumlah 32 m³ dan limbah sekunder resin bekas dengan jumlah 40 m³ dengan aktivitas : $A \geq 10^{-3}$ Ci/m³.

Pada umumnya limbah radioaktif padat diolah dengan proses imobilisasi dengan matriks semen, bitumen atau resin epoksi, sedangkan pada penelitian ini pengolahan dilakukan dengan proses microwave dimana proses ini lebih efektif dan efisien. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan prarancangan peralatan instalasi microwave untuk pengolahan limbah radioaktif padat dari PLTN 1000 MW. Gambar diagram aliran pra rancangan pengolahan limbah radioaktif padat instalasi microwave dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses pengolahan limbah radioaktif padat dengan *Microwave Melting Proses*.

2. TATA KERJA

Instalasi microwave terdiri dari alat timbangan, melter, wave guide (mikrowave power unit), screw conveyor dan unit penyimpanan. Instalasi microwave melting proses diletakkan didalam gedung reaktor PLTN yang menyatu dengan ruangan untuk penampungan dan pengolahan limbah radioaktif.

Instalasi pengolahan limbah ini dioperasikan dalam ruangan hot cell yang telah dilengkapi sistem peralatan keselamatan proteksi radiasi. Jenis

limbah radioaktif padat masing masing terdiri dari abu insenerasi, resin bekas, konsentrat dan metal sludge mula mula ditimbang dalam timbangan sesuai dgn jumlah kebutuhan untuk diolah kemudian dimasukkan kedalam melter yang telah diperlengkapi dengan sistem vac off gas. Selanjutnya dari mikrowave power unit memancarkan gelombang elektromagnet dengan panjang gelombang tertentu dan gelombang tersebut berinteraksi dengan materi yang menimbulkan panas. Temperatur dan waktu disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan. Setelah selesai proses dihasilkan limbah padatan yang solid berbentuk glass kemudian dimasukkan kedalam kontainer lalu disimpan didalam gedung instalasi penyimpanan limbah.

Hal hal utama yang perlu diperhatikan dalam prarancangan ini adalah :

1. Instalasi mikrowave diletakkan didalam ruangan atau hot cell yang dilengkapi dengan sistem vac off gas.
2. Ruangan atau hot cell harus mempunyai tekanan negatif
3. Bahan dan tebal ruangan hot cell harus dipilih dan dihitung agar dosis paparan pada daerah kerja tetap aman.
4. Pemilihan penempatan peralatan ada yang ditempatkan pada zona radiasi dan zona daerah kerja.
5. Pemilihan teknik pengumpulan limbah yang akan diolah.
6. Sistem pintu dan cara pengeluaran kanister yang ada didalam kontainer.
7. Penyimpan hasil olahan.
8. Seluruh lantai dan dinding baik untuk zona radiasi dan daerah kerja harus bersifat dekontaminabel.
9. Kemudahan pengoperasian dan perawatan.
10. Tersedianya sarana dan prasarana penunjang yang memadai seperti vac off gas, listrik, air, udara tekan dan sebagainya.
11. Faktor keselamatan radiasi dan kontaminasi serta faktor keselamatan non nuklir.

12. Dan faktor lainnya yang berpengaruh dalam kegiatan perancangan.
13. Rencana pengolahan limbah radioaktif padat dengan menggunakan proses pemanasan dengan mikrowave pada umumnya antara lain:
 14. Limbah radioaktif abu insenerasi 4,65 m³ setelah dimikrowave menjadi 1 buah kanister 200 liter
 15. Limbah padat terkompaksi 32 buah dalam drum 200 liter
 16. Limbah radioaktif konsentrat evaporasi 32 m³ setelah dimikrowave sebanyak 5 buah kanister 1 m³.
 17. Limbah sekunder resin penukar ion bekas 40 m³, setelah diolah dengan proses mikrowave menjadi sebanyak 7 buah kanister 1 m³. [6]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama ini pengolahan limbah radioaktif padat diolah dengan proses immobilisasi dengan menambahkan dan mencampurkan bahan matrik seperti campuran semen, bitumen atau resin epoksi di dalam wadah seperti shell beton 950 liter atau shell drum 200 liter sebagai pengungkung.

Proses pengolahan limbah radioaktif padat dengan mikrowave memancarkan tenaga gelombang elektromagnet dengan panjang gelombang tertentu dan gelombang tersebut berinteraksi dengan materi yang menimbulkan panas untuk melebur limbah radioaktif padat didalam melter. Hasil akhir olahan berbentuk padatan yang sangat solid dengan berat jenis sekitar 3 gram/cc. Reduksi volume proses mikrowave sekitar 1/20 kali dari volume limbah awal. Hasil pengkajian menunjukkan bahwa pengolahan limbah radioaktif padat dari PLTN tipe PWR 1000 MW menggunakan proses immobilisasi menghasilkan 184 buah shell beton 950 liter dan 72 buah drum 200 liter, sedangkan dengan menggunakan proses mikrowave jauh lebih kecil dan sedikit yaitu menghasilkan 5 buah kanister 1 m³, 1

buah kanister 200 liter dan 32 buah drum 200 liter untuk setiap tahunnya.[5,6] Dari data ini menunjukkan bahwa menggunakan proses mikrowave mempunyai banyak kelebihan yaitu merupakan inovasi teknologi pengolahan yang mengarah kepada proses pengolahan yang lebih efisien dan efektif dibandingkan proses immobilisasi.

Untuk mencapai target kegiatan prarancangan yang optimal perlu dikaji dan dipelajari beberapa faktor yang berpengaruh dalam setiap tahapan prarancangan. Faktor yang berpengaruh dalam tahapan prarancangan ini antara lain aktivitas dan kandungan radionuklida dalam limbah radioaktif padat, jenis dan kebutuhan bahan untuk peralatan utama mikrowave, sarana penunjang diperlukan, pekerjaan sipil, pekerjaan mekanik, pekerjaan elektrik kontrol dan sarana keselamatan kerja. Aktivitas dan kandungan radionuklida limbah radioaktif padat sangat berpengaruh dalam perhitungan dan pemilihan peralatan proses dan keselamatan kerja. Jenis dan kebutuhan bahan peralatan utama instalasi mikrowave harus dihitung dan dirinci agar supaya mempermudah mencarinya dari mana dan dimana peralatan tersebut dapat dibeli atau diadakan.

Sarana dan prasarana penunjang yang diperlukan untuk menunjang beroperasinya instalasi mikrowave seperti vac off gas, layanan udara (air service), udara tekan, listrik, dan sebagainya harus dihitung secara cermat karena faktor ini sangat berpengaruh dalam prarancangan. Pekerjaan sipil meliputi pemilihan jenis beton untuk pembuatan hot cell, pengecatan lantai dan dinding dengan jenis cat resin epoksi dan dinding lobang penetrasi yang diperlukan. Pekerjaan mekanik meliputi semua pekerjaan yang berkaitan dengan logam baik untuk peralatan utama dan peralatan sarana penunjang harus dibuat sesuai dengan hasil perhitungan prarancangan. Pekerjaan elektrik kontrol disiapkan secara khusus untuk menunjang beroperasinya instalasi karena instalasi

mikrowave ini bekerja menggunakan sumber listrik yang cukup. Sarana keselamatan kerja seperti peralatan proteksi radiasi dan proteksi kontaminasi baik yang portabel maupun yang terpusat harus diadakan dan dipasang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

Rancangan riset terutama untuk kegiatan perancangan suatu sistem harus mengikuti alur kegiatan rancang bangun dan perekayasaan agar supaya setiap butir kegiatan dapat dikerjakan dengan baik. Tahapan kegiatan rancang bangun perekayasaan adalah sebagai berikut pertama tama dilakukan pengumpulan data dan informasi yang terdiri dari bagaimana memberikan kerangka pikir tentang rencana kegiatan, menyusun rencana kegiatan, mengumpulkan data dan informasi sekunder dan mengumpulkan data dan informasi primer. Kemudian dilanjutkan dengan analisis data dan informasi, cara pelaksanaan analisis, pengelompokan data, analisis data dan melakukan koreksi akhir hasil analisis. Selanjutnya dilakukan studi kelayakan antara lain mengelompokkan hasil analisis data, menyusun dan merumuskan hasil analisis, membuat draft perumusan hasil studi kelayakan dan merumuskan hasil studi kelayakan. Terakhir dilakukan perancangan instalasi mikrowave antara lain menyusun konsep perancangan, menyusun pra-rancangan, menyusun rancangan dan menyempurnakan rancangan.

4. KESIMPULAN

Teknik menggunakan sistem pengolahan limbah secara mikrowave mempunyai beberapa keuntungan dimana dapat mereduksi volume limbah menjadi 1/20 kali lebih kecil dari limbah awal, pemanasan cepat, temperatur tinggi yang digunakan bisa diatur (>1000°C), mampu melakukan proses insitu dan mudah dikontrol. Hasil akhir olahan berbentuk padatan yang sangat keras dalam bentuk gelas dengan berat jenis sekitar 3 gram/cc sehingga dapat dengan mudah dipindahkan ketempat

penyimpanan limbah. Dari data ini menunjukkan bahwa menggunakan proses microwave mempunyai banyak kelebihan dibandingkan proses imobilisasi dengan matriks semen, bitumen atau resin epoksi. Melalui penelitian ini akan diperoleh hasil konseptual desain dan diagram alir prarancangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ANONIM. 1983. Guide to the Safe Handling of Radioactive Wastes at Nuclear Power Plants. (Technical Reports Series, No 198). IAEA, Vienna.
- [2]. HUSEN, Z., JAKA, R. 2008. Limbah Radioaktif yang Ditimbulkan dari Operasional PLTN PWR 1000 MW. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI. BATAN.
- [3]. ANONIM.1983. Treatment of Low and Intermediate Level Solid Radioactive Wastes. (Technical Reports Series No. 223). IAEA, Vienna.
- [4]. ANONIM. 1985. Management of Radioactive Wastes from Nuclear Power Plants. IAEA, Vienna.
- [5]. BRIDGES J.E.1986. Microwave Volume-Reduction and Stabilization Systems for Radwaste Resins. Symposium on Radioactive Waste Management..
- [6]. BENNETT. D.G. 2001. Review of Waste Immobilisation Matrices. United Kingdom Nirex Limited.
- [7]. SCHULZ R.L. 1993. Applications of Microwave Energy for Waste Remediation. Proceedings of the 28th, Microwave Power Symposium, International Microwave Power Institute, Montreal, Canada.

6. LAMPIRAN

Tabel 1. Limbah Radioaktif Padat PLTN PWR 1000 MW/Tahun

