



ISSN 1410-6086

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH XIII TAHUN 2015

*Tema :*

*“Penguasaan Teknologi Pengelolaan Limbah untuk Mendukung Pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan Menuju Kesejahteraan Bangsa”*



*Diselenggarakan pada :  
Selasa, 29 September 2015*

*di Grlha Widya Bhakti  
PUSPIPTEK Tangerang Selatan, Banten*

*Diterbitkan pada :  
30 Desember 2015*

PUSAT TEKNOLOGI LIMBAH RADIOAKTIF  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

### PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH XIII

2015



### Seminar Nasional Teknologi Limbah XIII

**Sekretariat :**

**Gd. 50, PTLR-BATAN, Kawasan Puspipstek Setu, Tangerang Selatan, 15310**

**Telp. (021) 7563142, Fax (021) 7560927**

**Website : [www.batan.go.id/seminarlimbah](http://www.batan.go.id/seminarlimbah)**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas karunia-Nya Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIII dapat diterbitkan. Seminar dengan tema "Penguasaan Teknologi Pengelolaan Limbah untuk Mendukung Pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan Menuju Kesejahteraan Bangsa", telah dilaksanakan pada tanggal 29 Oktober 2015 di Gedung Graha Widya Bhakti, Kawasan PUSPIPTEK Serpong – Tangerang.

Seminar ini diselenggarakan sebagai media sosialisasi hasil penelitian di bidang pengelolaan limbah radioaktif dan non radioaktif. Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIII dijadikan sebagai media tukar menukar informasi dan pengalaman, ajang diskusi ilmiah, peningkatan kemitraan di antara peneliti dengan praktisi, penimbul dengan pengelola limbah, mempertajam visi pembuat kebijakan dan pengambil keputusan, serta peningkatan kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengelolaan limbah yang handal.

Prosiding ini memuat karya tulis dari berbagai hasil penelitian mengenai pengelolaan limbah radioaktif, industri dan lingkungan. Dalam seminar ini disajikan 45 makalah dalam bentuk poster dari para peneliti di lingkungan BATAN, BPPT, LIPI, SMPN 7 Bojonegoro, UNTAN dan Rumah Sakit Siloam. Makalah yang diterbitkan dalam prosiding ini sudah melalui proses editing dari para editor. Prosiding ini diterbitkan dalam bentuk buku dan CD.

Semoga penerbitan prosiding ini dapat digunakan sebagai data sekunder dalam pengembangan penelitian di masa akan datang, serta dijadikan bahan acuan dalam pengelolaan limbah. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

Serpong, 30 Desember 2015

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif  
Kepala,

Ir. Suryantoro, MT

### **SUSUNAN TIM EDITOR**

Ketua	:	Dr. Budi Setiawan	- BATAN
Anggota	:	1. Drs. Gunandjar, SU	- BATAN
		2. Ir. Aisyah, MT	- BATAN
		3. Kwat Heriyanto, ST	- BATAN
		4. Dr. Heny Suseno, S.Si, M.Si	- BATAN
		5. Dr. Sigit Santoso	- BATAN
		6. Dr. Erlan Rosyadi	- BPPT
		7. Dr. Tamzil Las	- UIN Syarif Hidayatullah

**SUSUNAN PANITIA****Pengarah**

Pembina : Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto - BATAN

Penanggung Jawab : Ir. Suryantoro, MT - BATAN

**Penyelenggara**

Ketua : Gustri Nurliati, S.Si, M.Si - BATAN

Wakil Ketua : Nurul Efri Ekaningrum, S.ST - BATAN

Sekretaris : Enggartati Budhi Hendarti, A.Md - BATAN

Mirawaty. S.Si - BATAN

Anggota : 1. Anna Triyana, A.Md - BATAN

2. Mas Udi, S.ST - BATAN

3. Endang Nuraeni, ST - BATAN

4. Yuli Purwanto, A. Md - BATAN

5. Sugianto, ST - BATAN

6. Siswanto - BATAN

7. Budi Arisanto, A.Md - BATAN

8. Adi Wijayanto, A.Md - BATAN

9. Siti Silaturohmi - BATAN

10. Imam Sasmito - BATAN

11. Ajrieh Setyawan, S.ST - BATAN

12. Parjono, ST - BATAN

13. Sariyadi - BATAN

14. Moh. Cecep Cepi Hikmat, S.ST - BATAN

15. Suparno, A.Md - BATAN

16. Drs. Hendro - BATAN

17. Sunardi, ST - BATAN

18. Ir. Eko Madi Parmanto - BATAN

19. Jamilah Hanum, S.IP - BATAN

20. Ade Rustiadam, S.ST - BATAN

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
SUSUNAN TIM EDITOR	ii
SUSUNAN PANITIA	iii
DAFTAR ISI	iv
1. Pengkajian Pengelolaan Limbah Radioaktif Reaktor Daya Eksperimental Tipe HTR-10 <b>Zainus Salimin, Endang Nuraeni</b>	1
2. Proyeksi Fasilitas Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas di Pulau Jawa <b>B.Setiawan, E. Nuraeni, H. Sriwahyuni, Mirawaty, D.S. Rahayu, T. Sundari, N. Efriekaningrum, G. Nurliati, H. Zamroni</b>	15
3. Pengolahan Limbah Daur Bahan Bakar Nuklir Yang Mengandung Uranium Menggunakan Resin Penukar Anion <b>Aisyah</b>	21
4. Pengolahan Limbah Cair Simulasi Dari <i>Pressurized Water Reactor</i> Dengan Amonium Zeolit Secara Kontinyu dan Imobilisasi Zeolit Jenuh Menggunakan Polimer Poliester <b>Dwi Luhur Ibnu Saputra, Herlan Martono, Ajrieh Setyawan</b>	29
5. Karakterisasi Limbah Radioaktif Cair Untuk Kesesuaian Proses Evaporasi <b>Sugeng Purnomo, Ajrieh Setyawan, Darmawan Aji</b>	37
6. Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dari Industri : Imobilisasi Limbah Radioaktif Thorium Menggunakan Bahan Matriks <i>Synroc</i> Titanat Dengan Proses Sintering Suhu Tinggi <b>Gunandjar, Titik Sundari, Yuli Purwanto</b>	45
7. Imobilisasi Limbah Thorium Dengan Bahan Matriks <i>Synroc Supercalcine Zirkonia Fosfat</i> <b>Mirawaty</b>	57
8. Pengaruh Komposisi dan Radiasi Terhadap Ketahanan Kimia Gelas-Limbah Hasil Vitrifikasi <b>Herlan Martono, Wati</b>	67
9. Penggunaan Data Analisis Paparan Radiasi Untuk Merancang Wadah Limbah Reflektor Dari Reaktor Triga Mark II <b>Mulyono Daryoko , Sutoto, Dwi Luhur Ibnu Saputra</b>	79
10. Kajian Pengolahan Limbah Resin Penukar Ion Dari Proses Aplikasi Nuklir <b>Mirawaty</b>	87
11. Evaluasi Pengelolaan Limbah Radioaktif di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Tahun 2001 s/d 2010 <b>Ayi Muzyawati</b>	99
12. Evaluasi Operasi Unit Evaporasi Untuk Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Selama Tahun 2014 <b>Bambang Sugito</b>	107

13.	Studi Pengelolaan Limbah Radioaktif Hasil Dekomisioning di Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka <b>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti,RPS, Farida Tusafariah</b>	113
14.	Isolasi Dan Seleksi Bakteria Penghasil Biosurfaktan Untuk Pengolahan Air Limbah <b>Hanies Ambarsari, Hsiao Yun Chen</b>	123
15.	Inventarisasi Peralatan Sistem Pendingin Sebagai Studi Optimalisasi Pengelolaan Limbah Dari Dekomisioning Reaktor Kartini <b>Sutoto</b>	133
16.	Studi Karakterisasi <i>Dismantling</i> Program Dekomisioning Reaktor <i>Triga Mark II</i> Bandung <b>Kuat Heriyanto</b>	143
17.	Karakterisasi Tanah Pada Tapak Calon Demo Disposasi Lokasi SP4 di Kawasan Nuklir Serpong <b>Dewi Susilowati, Heru Sriwahyuni</b>	155
18.	Penyiapan Konsep Desain Drainase Fasilitas Disposasi Demo di Kawasan Nuklir Serpong <b>Heru Sriwahyuni, Sucipta</b>	165
19.	Kesiapan Teknologi Pendukung Untuk Keselamatan Fasilitas Disposasi Limbah Radioaktif <b>Sucipta, Arimuladi SP, Dadang S, Hendra AP, Nurul Efri E.</b>	173
20.	Karakterisasi Geofisika Tapak Terpilih Untuk Disposasi Limbah Radioaktif di P. Jawa : Penggunaan Metode Geolistrik di Daerah Kabupaten Serang <b>Dadang Suganda</b>	191
21.	<i>Hazard And Operability Study</i> desain Disposasi Demo Limbah Radioaktif di Tapak Kawasan Nuklir Serpong <b>Moch Romli, Sucipta</b>	199
22.	Studi Penyusunan Dokumen Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Fasilitas Disposasi Demo Di Kawasan Nuklir Serpong <b>Nurul Efri Ekaningrum</b>	213
23.	Pembuatan <i>Ca-Montmorillonite</i> dan Koefisien Difusi $^{85}\text{Sr}^{+2}$ Dalam <i>Ca-Montmorillonite</i> Terpadatkan <b>Yuli Purwanto, Jaka Rachmadetin</b>	221
24.	Penentuan Kelompok Kritis Masyarakat Sekitar Kawasan Nuklir Serpong Untuk Lepas Atmosferik Dalam Kondisi Operasi Normal Dengan Pendekatan <i>Representative Person</i> <b>Arif Yuniarto, Syahrir</b>	229
25.	Perbandingan Teknik Interpolasi Linier dan <i>Inverse Distance Weighted</i> Untuk Pemetaan Radioaktivitas Lingkungan <b>Chevy Cahyana</b>	243
26.	Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cd: Menggunakan Tanaman Sebagai Akumulator Dengan dan Tanpa Konsorsia Inokulan Mikroba Berbasis Kompos Radiasi <b>Tri Retno D.L, Yusraini D.I.S, dan Susi Susiyanti</b>	253

27.	Validasi Metode Analisis Beta Dalam Sampel Urin Pekerja Radiasi <b>Ruminta Ginting, Yanni Andriani, Ratih Kusuma P.</b>	267
28.	Implikasi Seifgard Terhadap Limbah Radioaktif dan Bahan Bakar Bekas <b>Endang Susilowati</b>	279
29.	Kajian Perancangan Unit <i>Prefilter</i> Pada Sistem Filtrasi Zona 2 dan 3 Instalasi Pengelolaan Limbah Radioaktif <b>Arifin Istavara</b>	285
30.	Kajian Penentuan Pembatas Dosis Di Kanal Hubung –Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (KH-IPSB3) <b>L.Kwin Pudjiastuti, Suhartono, Untara</b>	291
31.	Perumusan Kerangka Sasaran Sistem Manajemen K3 OHSAS 18001 <b>Sih Damayanti, Sik Sumaedi, Tri Widiанти, dan Medi Yarmen</b>	299
32.	Penerapan Sistem Akuntansi Limbah Radioaktif Terpadu ( SALT ) Pada Bidang Kedokteran Nuklir Diagnostik In Vivo <b>Suhaedi Muhammad, Rr.Djarwanti, RPS, Farida Tusafariah</b>	305
33.	Implementasi 5S Untuk Optimalisasi Keselamatan, Kesehatan Dan Performa Kerja <b>Tri Widiанти, Sih Damayanti, Sik Sumaedi</b>	315
34.	Perancangan dan Perhitungan Sistem Pemipaan Saluran Limbah Cair Dari KH-IPS3 ke Saluran PBT <b>Titik Sundari, Marhaeni Djoko P, Yhon Irzon, Arifin</b>	325
35.	Pemantauan Tingkat Kebisingan dan Pencahayaan Daerah Kerja Untuk Menunjang K3 di PTLR-BATAN <b>Adi Wijayanto, Arie Budianti, Cecep Cepi Hikmat</b>	333
36.	Upaya Pencegahan Korosi Galvanik Pada Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Bekas Di Fasilitas Kanal Hubung – Instalasi Penyimpanan Bahan Bakar Bekas (KH-IPSB3) <b>Endang Nuraeni, Sumarbagiono</b>	341
37.	Karakteristik Radioaktivitas Lepasn Efluen Limbah Cair Pada Operasi PLTN PWR 1000 MWe <b>Nurokhim</b>	351
38.	Teknologi Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga <b>Adi Mulyanto</b>	361
39.	Kajian Pra-Revitalisasi Mesin Pendingin ( <i>Chiller</i> ) <i>York Ycha 175</i> Pada Fasilitas Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif <b>Budiyono, Parjono, Sugianto</b>	369
40.	Perhitungan Dan Pengurangan Limbah Abu Batubara Produk PLTU Batubara Dalam Rencana Pembangkit 35.000 Mw <b>Rizki Firmansyah Setya Budi, Muhammad Muhyidin Farid</b>	377

41. Efisiensi Pemilihan Kandungan Uranium Tinggi dan Sulfur Rendah Melalui Analisis Radiometri Pada Bijih Uranium Bm-179 Kalan-Kalbar 385  
**Rachmat Sahputra**
42. Analisis Integrasi ISO 9001 dan ISO 14001 391  
**Muh. Azwar Massijaya, Sih Damayanti, Sik Sumaedi, Medi Yarmen**
43. Pengelolaan Tailing Tambang Timah Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) 403  
**Tuti Suryati , Dominikus H. Akhadi**
44. Pemanfaatan Teknologi *Infrared Thermography* Untuk Memantau Distribusi Panas Pada Panel Sistem Penyedia Air Dingin Di Sistem Ventilasi Daerah Radiasi Rendah RSG-GAS 415  
**Teguh Sulisty, M. Taufiq**
45. Manajemen Limbah *Gamma Knife® Perfexion* di Indonesia 431  
**Irhas, Elia Soediatmoko, Sammuel Mamesa**



## INVENTARISASI PERALATAN SISTEM PENDINGIN SEBAGAI STUDI OPTIMALISASI PENGELOLAAN LIMBAH DARI DEKOMISIONING REAKTOR KARTINI

Sutoto

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN

### ABSTRAK

**INVENTARISASI PERALATAN SISTEM PENDINGIN SEBAGAI STUDI OPTIMALISASI PENGELOLAAN LIMBAH DARI DEKOMISIONING REAKTOR KARTINI.** Telah dilakukan inventarisasi peralatan sistem pendingin reaktor TRIGA MARK II (Reaktor Kartini) dengan tujuan menyiapkan metode pengelolaan limbah hasil dekomisioningnya. Pengelompokan limbah dilakukan berdasarkan fungsi dan posisi peralatan yang bersinggungan dengan air pendingin dan berada di dalam kolam reaktor. Peralatan yang teraktivasi oleh neutron dalam teras reaktor langsung dikelompokkan sebagai limbah. Sedangkan untuk peralatan yang bersinggungan langsung dengan air pendingin dimasukkan sebagai peralatan/bahan terkontaminasi. Tindakan dekontaminasi awal ditempat (*in situ*) sebelum perlakuan dismantling ditentukan berdasarkan tingkat radioaktivitas kontaminan dan tingkat kesulitan pelaksanaannya, disamping cara pengelolaan limbah sekundernya. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian pipa aluminium sistem pendingin primer yang berada didalam kolam akan dikelompokkan sebagai limbah material teraktivasi dan dapat diolah secara sementara. Peralatan sistem pendingin sekunder dapat *disdismantling* setelah dilakukan dekontaminasi ringan. Untuk mereduksi ukuran limbah pipa aluminium dapat dilakukan dengan cara penggergajian (*mechanical sawing*) atau dengan cara pelelehan (*flame cutting*). Pengelolaan limbah sekunder *fume* harus mendapatkan perhatian lebih karena berpotensi terjadinya penyebaran kontaminan. Persiapan fasilitas penyimpanan sementara untuk limbah, perencanaan teknik dismantling dan sistem keselamatan pekerja dapat direncanakan secara optimal.

Kata kunci : Reactor TRIGA MARK II, limbah logam, dekontaminasi dan pengolahan limbah

### ABSTRACT

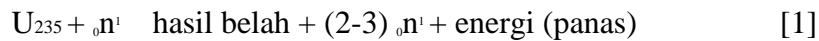
**THE INVENTARIZATION OF EQUIPMENT FOR COOLING SYSTEM AS STUDY TO OPTIMIZATION OF WASTE MANAGEMENT FROM DECOMMISSIONING OF THE KARTINI REACTOR.** The inventarization of cooling system TRIGA MARK II (Kartini Reactor) was done with objective on preparing of management method of waste from its decommissioning results. The grouping of waste was done based on the function and position of equipments that contact with the cooling water stream and it where in the reactor pool. The equipment activated in the reactor core directly was classified as radioactive waste. While the equipments that is contact directly to the water cooler was classified as contaminated materials waste. The first decontamination in situ before dismantling was determine base on the radioactivity of contaminat and the difficulty level of its implementation beside of the secondary waste management. Result of the analysis show that aluminium pipe of primery cooling system existing in the reactor pool will classified as activated materials waste and it can be treated by cementation method. Part equipments of secondary cooling system can be dismantled after light decontamination process. To reduce the size of the aluminium pipe waste can be used of mechanical sawing or by flame cutting method. The managemant of the fumes secondary waste must be priority action attention, because it potentially to occur the contamination dispersion. Preparation of waste interim storage facility, dismatling technical planing and worker safety system can be programed optimally.

Key Word : Reactor TRIGA MARK II, metal waste, decontamination and waste treatment

### PENDAHULUAN

Untuk mempercepat tercapainya program kesejahteraan bangsa Indonesia, maka pemerintah mengintensifkan pembangunan di semua sektor. Penerapan teknologi dipakai untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Berbagai riset dasar, terapan dan pengembangan dilakukan untuk menghasilkan produk unggulan baru. Salah satu kegiatannya adalah yang dilakukan oleh BATAN, yaitu membuat senyawa radioisotop untuk memenuhi kebutuhan fasilitas industri dan kedokteran. Proses pembuatannya dilakukan dengan cara iradiasi neutron yang diproduksi dan dikendalikan dalam teras reaktor nuklir, persamaan reaksi pembentukan neutron terlihat pada Persamaan (1). Untuk memenuhi kebutuhan produk tersebut, maka telah dibangun 3 buah reaktor. Reaktor pertama dan kedua adalah reaktor TRIGA Bandung dengan daya 2 MW dan reaktor Kartini berdaya 100 watt di Yogyakarta. Sedangkan reaktor ketiga adalah MTR (*multi purpose reactor*) G.A Siwabesny berdaya 30 MW yang berada di PUSPIPTEK (Pusat

Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) Serpong Selain untuk memproduksi senyawa radioisotop, ketiga reaktor tersebut berfungsi sebagai sarana pelatihan SDM (sumber daya manusia) dan penelitian aktivasi iradiasi.

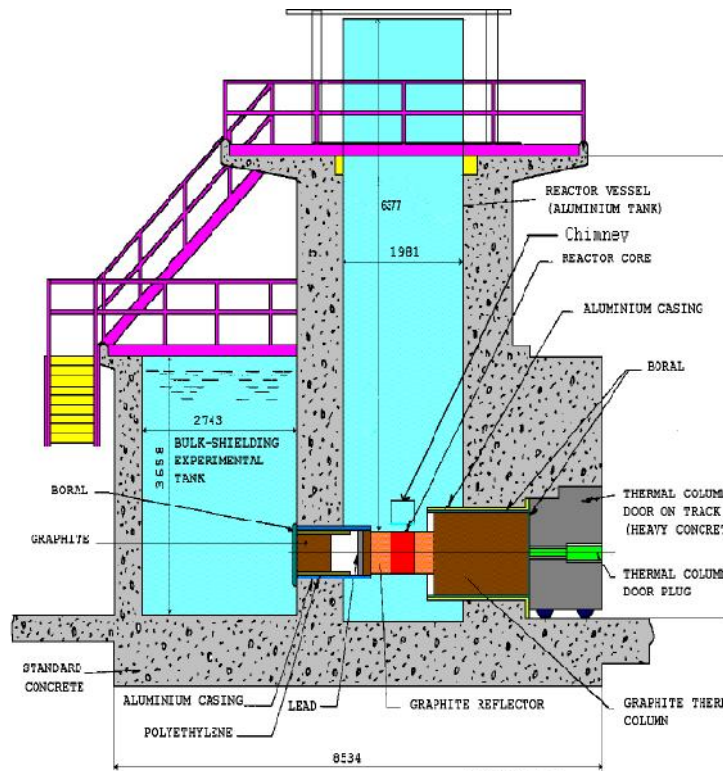


Pembangunan instalasi reaktor nuklir dilakukan dengan kaidah keselamatan yang tinggi, mengikuti dokumen perencanaannya (*detail design*) dan penggunaan bahan dan peralatan yang berkualitas sesuai yang termuat dalam dokumen spesifikasi teknisnya (*specification technique*). Pemasangan sistemnya dilakukan mengikuti prosedur kerja yang dijabarkan dari dokumen EID (*erection and isometric drawing*) dan dilakukan oleh pekerja yang telah dikualifikasi keterampilan dan keahliannya. Kemudian hasil penginstalasiannya diperiksa (*erection check procedure*) dan diuji dingin (*cold test*) untuk mengetahui fungsi kinerja subsistemnya. Pengujian fungsional sistem terangkai (*hot test*) dilakukan dengan menggunakan bahan proses simulasi. Sebagai kelengkapan dokumen untuk mendapatkan izin operasi dari BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) maka dilakukan komisioning (uji fungsi proses bertahap) menggunakan bahan proses sungguhan. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan mengatur parameter yang terkait sampai kondisi optimal. Semua data proses komisioning didokumentasikan dan dilengkapi dokumen pendukung lainnya diajukan ke BAPETEN untuk dianalisis perijinan operasinya.

Berdasarkan analisis sistem keselamatan radiasi yang optimal suatu instalasi diberi izin lisensi beroperasi. Kegiatannya selalu diawasi dan diperiksa (*audit*) secara periodik oleh Tim keselamatan fasilitas setempat dan BAPETEN. Program perawatan-perbaikan (*maintenance*) dan kalibrasi peralatan adalah bagian dari program keselamatan operasi instalasi yang dapat menentukan diijinkannya kontinuitas fasilitas boleh beroperasi. Parameter usia/lama waktu beroperasi yang langsung berhubungan dengan laju proses korosi bahan sistem mengharuskan dilakukan penggantian dengan suku cadang. Pelaksanaan penggantian suku cadang sistem yang berdekatan dengan teras reaktor mendapat perhatian lebih karena radioaktivitasnya relatif tinggi dan berpotensi bahaya untuk pekerja. Sampai kurun waktu tertentu, karena produktivitas dan tingkat keselamatannya rendah maka penghentian operasi fasilitas harus diberhentikan atau didekomisioning. Untuk menjamin keselamatan pelaksanaan dekomisioning maka kegiatannya harus diprogramkan secara detail dan menyeluruh [1,2,3]. Inventarisasi radioaktivitas pada permukaan bahan sistem merupakan dasar informasi yang akan menentukan jenis teknologi dekontaminasi dan *dismantling* yang akan dipakai. Jenis dan jumlah limbah yang akan dihasilkan harus juga di prakirakan untuk keselamatan pengelolaannya[4,5]

Reaktor Kartini Yogyakarta telah beroperasi mulai tahun 1979, gambar bagan teras reaktor TRIGA MARK II terlihat pada Gambar.1 Oleh karena umur beroperasinya telah panjang, maka perlu disiapkan program dekomisioningnya. Tujuannya adalah untuk mendapatkan tingkat keselamatan tinggi pada pelaksanaan dekomisioning yang belum ditentukan waktunya. Pada penelitian ini telah

dilakukan inventarisasi sistem pendingin reaktor Kartini yang akan menjadi limbah dan orientasi pengelolaan yang akan dilakukan. Analisis potensi terkontaminasinya bahan sistem yang akan menjadi limbah ditentukan berdasarkan fungsi dan posisi jarak dari teras reaktor. Hasil yang dapat dikemukakan adalah bahan sistem aliran fluida primer pendingin reaktor yang terdiri dari pipa dan alat penukar panas (*heat exchanger*) berpotensi menjadi limbah radioaktif. Untuk optimalisasi keselamatan dismantlingnya dapat dilakukan tindakan dekontaminasi setempat (*in situ decontamination*) terlebih dahulu. Metode dekontaminasi yang efisien dapat dilakukan dengan cara kimia. Jenis limbah padat logam relatif besar jumlahnya, terdiri dari potongan pipa, alat penukar panas dan valve. Untuk limbah pipa yang berukuran panjang harus dilakukan pemotongan sehingga dapat dikemas dalam wadah limbah untuk diproses secara kompaksi. Limbah sekunder yang akan timbul adalah cairan bekas pendekontaminasi dan serpihan logam dari proses pemotongan. Limbah sekunder cair dapat diolah secara kimia dengan proses pengendapan.



Gambar 1. Bagan teras Raktor Kartini [6]

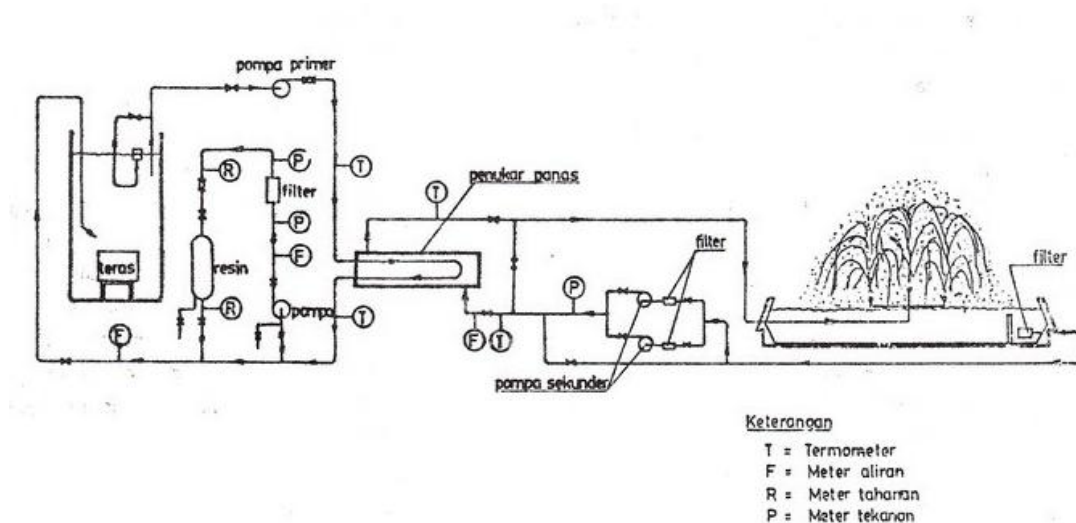
## TATA KERJA

### Bahan dan peralatan

Dokumen P&ID (*piping and instrument diagram*), EID (*erection isometric diagram*), spesifikasi teknis (*technical specification*) dan dokumen gambar sistem pendingin Reaktor Kartini terpasang (*as built drawing*)

### Metode

Penelitian dilakukan dengan cara menganalisis dokumen P&ID (*Piping & Instrument Diagram*), EID (*Erection Isometric Diagram*) dan dokumen spesifikasi teknis sistem pendingin reaktor Kartini. Pengelompokan bagian sistem yang berpotensi terkontaminasi dilakukan dari alur aliran air pendingin. Bagian sistem pemipaan yang mengalami kontak langsung (bersinggungan) dengan air pendingin primer digolongkan langsung sebagai limbah radioaktif. Sistematika pemipaan dan instrumentasi sistem pendingin Reaktor Kartini ditunjukkan pada Gambar 2. Klasifikasi tingkat radioaktivitasnya dilakukan sesuai dengan PP No. 63 Tahun 2013 : Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif [7]. Orientasi pengolahan yang akan dilakukan disesuaikan dengan kapabilitas fasilitas pengolahan limbah radioaktif padat PTLR-BATAN [8]



Gambar 2. Sistematika pemipaan dan instrumentasi sistem pendingin Reaktor Kartini[6]

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembangkitan neutron dalam teras reaktor berjalan seperti persamaan 1. Disamping menghasilkan neutron untuk proses aktivasi, produk hasil belah dan energi panas dikeluarkan dari reaksi nuklir tersebut. Untuk mendapatkan sejumlah produk neutron yang ditentukan, maka reaksinya dikendalikan dengan penyerapan produk neutron lainnya dengan batang kendali. Sebaliknya untuk meningkatkan produk netronnya, maka batang kendali diangkat sehingga di sekitar

teras reaktor fluks netronnya bertambah. Panas yang dihasilkan harus terjaga temperaturnya sehingga tidak mengganggu jalannya reaksi dan sistem keselamatannya. Gambar. 2 menampilkan sistem pemipaan dan instrumentasi sistem pendingin ; terlihat ada 2 buah siklus pemipaan aliran fluida (air pendingin) yang kontak bersinggungan dibatasi sekat/ elemen dari sebuah alat penukar panas (*heat exchanger*). Siklus pertama dialirkan air dari kolam reaktor (pendingin primer) dan siklus kedua adalah air yang telah didispersikan kontak dengan udara (pendingin sekunder). Oleh karena fluida air pendingin primer berasal dari kolam reaktor yang potensial terkontaminasi dan fluida pendingin sekunder adalah air bersih (tidak terkontaminasi) maka unit alat penukar panas HE dipakai untuk pembatas pengelompokan peralatan berpotensi terkontaminasi. Pada kegiatan dekomisioning kedepan, peralatan-peralatan yang termasuk dalam siklus sistem pendingin primer tersebut akan digolongkan sebagai limbah radioaktif padat. Untuk mengklasifikasi jenis dan tingkat radioaktivitasnya maka perlu dianalisis secara *programmable* menggunakan sistem *computer code* atau secara sampling dan ditentukan radioaktivitasnya di laboratorium. Hasil analisis potensi terkontaminasinya peralatan sistem pendingin dan cara pengelolaanya terlihat pada Tabel.1

**Tabel 1. Hasil analisis peralatan sistem pendingin berpotensi terkontaminasi**

No	Bagian Sistem	Peralatan	Bahan	Ukuran/Spesifikasi	Keterangan
1	Pendingin Primer	Pompa	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i>	2 buah
		Pipa	<i>Aluminium</i>	<i>Welded Joint</i>	
		Pengatur aliran <i>Flowmeter</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i> <i>Welded Joint</i>	2 buah
		Pengatur Tekanan fluida air	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i> <i>Welded Joint</i>	2 Buah
		Valve	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i>	7 buah
		Kolom Resin	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i>	1 Buah
2	Perpindahan Panas (air-air)	Penukar Panas <i>Heat Exchanger</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Welded Joint</i>	1 buah

3	Pendingin Sekunder	Pompa	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i>	2 buah
		Pipa	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i> <i>Flange Joint</i>	Diluar-didalam gedung
		Pengatur aliran / <i>Flowmeter</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i>	1 buah
		<i>Valve</i>	<i>Stainless steel</i>	<i>Flange Joint</i>	4 buah
4	Perpindahan Panas (air-udara)	<i>Tower</i>	<i>Galvanized Steel</i>	<i>Flange Joint</i>	Diluar gedung

Sebagai upaya meningkatkan sistem pelaksanaan dismantlingnya, maka dilakukan analisis kebutuhan perlakuan dekontaminasi. Sedangkan untuk sistem pendingin sekunder yang tidak langsung bersinggungan dengan fluida maka tingkat potensial terkontaminasinya kecil dan akan masuk dikelompok sebagai limbah biasa. Terhadap limbah sekunder tersebut sebelum dismantlingnya harus dicuci dengan air (*flushing*) sebagai tindakan dekontaminasi ringan. Selektivitas pemilihan metode dekontaminasi akan dilakukan berdasarkan jenis/tingkat radioaktivitas kontaminan, spesifikasi bahan peralatannya dan jenis limbah sekunder yang akan dikeluarkan. Disamping analisis keberadaan kontaminan dalam bahan, sebagai bahan teraktivasi atau presipitasi. Kedudukan peralatan terpasang (*as build drawing*) dan tingkat kesulitan pelaksanaan dekontaminasi sangat diperhatikan karena berhubungan langsung dengan nilai batas dosis yang akan diterima. Sebagai dasar ketentuan adalah NBD (Nilai Batasan Dosis) radiasi yang boleh diterima pekerja dan masyarakat. Jenis metode dekontaminasi untuk berbagai bagian sistem pendingin reaktor Kartini terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil penentuan metode dekontaminasi yang dapat digunakan pada kegiatan *pradismantling* sistem pendingin Reaktor Kartini

No	Bagian Sistem	Peralatan	Bahan	Potensi kontaminasi	Tindak lanjut
1	Pendingin Primer	Pompa	<i>Stainless steel</i>	Korosi-penetrasi	Dekontaminasi-dismantling
		Pipa dalam kolam teras	<i>Aluminium</i>	Aktivasi-Korosi-penetrasi	Dekontaminasi-dismantling
		Pengatur aliran / <i>Flowmeter</i>	<i>Stainless steel</i>	Korosi-penetrasi	Dekontaminasi-dismantling
		Pengatur Tekanan fluida air	<i>Stainless steel</i>	Korosi-penetrasi	Dekontaminasi-dismantling
2	Perpindahan Panas (air-air)	Penukar Panas <i>Heat Exchanger</i>	<i>Stainless steel</i>	Korosi-penetrasi	Dekontaminasi
3	Pendingin Sekunder	Pompa	<i>Stainless steel</i>	-	Dekontaminasi ringan
		Pipa	<i>Stainless steel</i>	-	Dekontaminasi ringan
		Pengatur aliran / <i>Flowmeter</i>	<i>Stainless steel</i>	-	Dekontaminasi ringan
		<i>Valve</i>	<i>Stainless steel</i>	-	Dekontaminasi ringan
4	Perpindahan Panas (air-udara)	<i>Tower</i>	<i>Galvanized Steel</i>	-	Dekontaminasi ringan

Untuk mempermudah proses pengolahan limbahnya, maka berbagai ketentuan/persyaratan yang terkait dengan kapabilitas proses dan keselamatan akan diperhatikan secara dini. Pengelompokan jenis/tingkat radioaktivitas, ukuran hasil pemotongan (*dismantling*) dan jenis wadah yang dipersyaratkan akan dilakukan secara baik. Ketentuan-ketentuan tersebut berhubungan langsung dengan proses dan keselamatan pengolahannya. Metode pengolahan limbah *dismantling* sistem pendingin reaktor Kartini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel.3 Pengelolaan limbah hasil dismantling sistem pendingin Reaktor Kartini

No	Bagian Sistem	Peralatan	Perlakuan	Pengelolaan	Tindak lanjut
1	Pendingin Primer	Pompa	Dekontaminasi-dismantling	Penyimpanan/sementasi	Monitoring radioaktivitas
		Pipa dalam kolam teras	Dekontaminasi-dismantling	Reduksi ukuran/volume-Penyimpanan/sementasi	Monitoring radioaktivitas
		Pengatur aliran <i>/Flowmeter</i>	Dekontaminasi-dismantling	Penyimpanan/sementasi	Monitoring radioaktivitas
		Pengatur Tekanan fluida air	Dekontaminasi-dismantling	Penyimpanan/sementasi	Monitoring radioaktivitas
2	Perpindahan Panas (air-air)	Penukar Panas <i>Heat Exchanger</i>	Dekontaminasi	Penyimpanan	Monitoring radioaktivitas
3	Pendingin Sekunder	Pompa	Dekontaminasi ringan	-	-
		Pipa	Dekontaminasi ringan	-	-
		Pengatur aliran <i>/Flowmeter</i>	Dekontaminasi ringan	-	-
		<i>Valve</i>	Dekontaminasi ringan	-	
4	Perpindahan Panas (air-udara)	<i>Tower</i>	Dekontaminasi ringan		Dekontaminasi ringan

## KESIMPULAN

Sistem pendingin reaktor Triga Kartini terbagi dalam 2 siklus yang dibatasi oleh alat penukar panas (*heat exchanger*). Siklus pendingin primer merupakan rangkaian peralatan berpotensi terkontaminasi dan perlu tindakan dekontaminasi sebelum dipotong-potong (*dismantling*). Hasil dismantling dikemas (*packaging*) dalam wadah limbah yang disesuaikan dengan prosedur pengolahan limbah radioaktif di fasilitas PTLR-Batan dan dapat diolah secara sementasi atau langsung disimpan di PSLAT (Penyimpanan Sementara Limbah Aktivitas Tinggi).



**UCAPAN TERIMA KASIH**

Kepada Drs. Moch Yasid, anggota Tim Keselamatan Reaktor Kartini yang telah memberikan bantuan informasi dan konsultasi teknis keselamatan operasi reaktor.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. IAEA," *Planing And Management for The Decommissioning of Research Reactor and Small Nuclear Facility*" TRS-1999
2. OECD-NEA (Organisation Economic Co-operation and Development-Nuclear Energy Agency)" *International Structure for Decommissioning Costing of Installation Nuclear*" ISBN 978-92-64-99173-6 OECD 2012 NEA No. 7088.
3. International Atomic Energy Agency, " *Radiological Characterzation of Shut Down Nuclear Reactor fo Decommissioning Purpose*", IAEA-TRs No.386, Vienna 2002
4. BAPETEN" *Ketentuan Keselamatan Pengelolaan Limbah Radioaktif*" SK Kepala Bapeten No. 03/Ka Bapeten/V-99.
5. IAEA" *General Safety Guide*" Safety Guide No : GSG-1 November 2009.
6. PTAPB- BATAN " Reaktor Kartini" Dokumentasi Ilmiah PTAPB, Mei 2003
7. BAPETEN " *Pengelolaan Limbah Radioaktif*" PP No. 63 Tahun 2013
8. BATAN-Technicatome, " *System Note of Solid Waste Treatment*" WSPG 300 USN 001