

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH XIV

TEMA SEMINAR

**Pengembangan IPTEK Pengelolaan Limbah yang Inovatif,
Handal, berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan
Guna Meningkatkan Daya Saing Bangsa**



05 Oktober 2016

**Gedung IASTH Universitas Indonesia
Salemba – Jakarta**

Penyelenggara



UNIVERSITAS INDONESIA

**Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN
Dan
Program Studi Ilmu Lingkungan - UI**

Diterbitkan Desember 2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas karunia-Nya Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV dapat diterbitkan. Seminar ini terselenggara atas kerjasama antara Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN dengan Program Studi Ilmu Lingkungan – Universitas Indonesia. Seminar dengan tema “Pengembangan IPTEK Pengelolaan Limbah yang Inovatif, Handal, Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan Guna Meningkatkan Daya Saing Bangsa” telah dilaksanakan pada tanggal 5 Oktober 2016 di Gedung IASTH It.3 Universitas Indonesia, Salemba.

Seminar diselenggarakan sebagai media sosialisasi hasil penelitian dan pengembangan di bidang limbah radioaktif dan non radioaktif. Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV dijadikan sebagai media tukar menukar informasi dan pengalaman, ajang diskusi ilmiah, peningkatan kemitraan di antara peneliti, akademisi, dan praktisi industri, mempertajam visi pembuat kebijakan dan pengambil keputusan, serta peningkatan kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengelolaan limbah yang inovatif, handal, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Prosiding ini memuat karya tulis dari berbagai hasil penelitian mengenai pengelolaan limbah radioaktif, industri dan lingkungan. Makalah telah melalui proses evaluasi dari tim editor. Makalah dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu kelompok pengelolaan limbah, disposasi, lingkungan, dan perundang-undangan. Makalah-makalah tersebut berasal dari para peneliti di lingkungan BATAN, BAPETEN dan BPPT serta dosen dan mahasiswa di lingkungan UI, UNDIP, dan UNS.

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

Jakarta, Desember 2016

Kepala
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif
Badan Tenaga Nuklir Nasional

Ir. Suryantoro, MT

SUSUNAN TIM EDITOR

Ketua	:	Dr. Budi Setiawan	-	BATAN
Anggota	:	1. Dr. Sigit Santoso	-	BATAN
		2. Dr. Heny Suseno	-	BATAN
		3. Drs. Gunandjar, SU	-	BATAN
		4. Ir. Aisyah, MT	-	BATAN
		5. Dr. Djoko Hari Nugroho	-	BAPETEN
		6. Dr. Ir. Mohammad Hasroel Thayib, APU	-	UI
		7. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA	-	UI

SUSUNAN PANITIA

Pengarah	:	1. Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional	- BATAN
		2. Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan UI	- UI
Penanggung Jawab	:	Ir. Suryantoro, MT	- BATAN
Penyelenggara			
Ketua	:	Budiyono, ST	- BATAN
Wakil Ketua	:	Moch. Romli, S.ST, MKKK	- BATAN
Sekretaris	:	1. Enggartati Budhy Hendarti, A.Md	- BATAN
		2. Pricillia Azhani, STP., M.Si.	- UI
		3. Titik Sundari, A.Md	- BATAN
Anggota	:	1. Widya Handayani, SE	- BATAN
		2. Sugianto, ST	- BATAN
		3. Wezia Berkademi, SE, M.Si	- UI
		4. M. Nurhasim, S.ST	- BATAN
		5. Eri Iswayanti, A.Md	- BATAN
		6. Agustinus Muryama, ST	- BATAN
		7. Budi Arisanto, A.Md	- BATAN
		8. Azhar Firdaus, S.Sos.I, M.Si	- UI
		9. Risdiyana, A.Md	- BATAN
		10. Adi Wijayanto, ST	- BATAN
		11. Arifin Istavara, S.ST	- BATAN
		12. CH. Susiana Atmaja, A.Md	- BATAN
		13. Imam Sasmito	- BATAN
		14. Moh. Cecep Cepi H., S.ST	- UI
		15. Parjono, ST	- BATAN
		16. Siswanto	- BATAN
		17. Sariyadi	- BATAN
		18. Maulana	- BAPETEN
		19. Drs. Hendro	- BATAN
		20. Sunardi, ST	- BATAN
		21. Gatot Sumartono, ST	- BATAN
		22. Ir. Eko Madi Parmanto	- BATAN
		23. Alphana Fridia Cessna, ST., M.Si	- UI
		24. Rukiaty	- BATAN
		25. Ade Rustiadam, S.ST	- BATAN
		26. Ajrieh Setiawan, S.ST	- BATAN
		27. Suparno, A.Md	- BATAN
		28. Suhartono, A.Md	- BATAN

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Susunan Tim Editor	ii
Susunan Panitia	iii
Daftar Isi	iv
1 Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif Pra-Disposal : Imobilisasi Limbah Radioaktif Uranium Menggunakan Abu Batubara Sebagai Bahan Matriks <i>Synroc</i> .. Gunandjar dan Yuli Purwanto	1
2 Pengelolaan Limbah Cair Dengan Pendekatan Konsep Eko-Efisiensi: Analisis Hubungan Antara Penerapan Program <i>Cleaner Production</i> Di Area Produksi Dengan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	14
Wahyu Wikandari, Roekmijati Widaningroem Soemantojo, Tri Edhi Budhi Soesilo	
3 Pengolahan Limbah <i>Methylen Blue</i> Secara Fotokatalisis Dengan TiO ₂ Dimodifikasi Fe Dan Zeolit	29
Agus Salim Afrozi, Rahmat Salam, Auring R, Asep Nana S	
4. Kinerja Konsorsium Bakteri Dari Sungai Opak Yogyakarta Dalam Reduksi Nitrat Dengan Sumber Karbon Yang Berbeda	37
Hanies Ambarsari, Miswanto	
5. Pengelolaan Limbah Radioaktif Hasil Dekontaminasi Di Instalasi Produksi Radioisotop Paska Berhenti Operasi	45
Suhaedi Muhammad, Nazaroh, Rr.Djarwanti,RPS	
6. Pemanfaatan Limbah Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Pembantu Peledakan (ANFO) Pada Kegiatan Pertambangan Batubara (Kasus Pemanfaatan Limbah Oli Bekas di PT. JMB Group)	52
Danang Widiyanto	
7. Sistem Pemurnian Helium Pada Reaktor Daya Experimental (RDE) Tipe HTR-10.....	60
Aisyah, Yuli Purwanto	
8. Pengolahan Limbah Daun Jati Kering Dari Desa Leyangan, Ungaran Menjadi Pulp Kering Dengan Proses Soda	68
Linda Kusumaningrum, Heny Kusumayanti	
9 Pembuatan Zat Warna Alami Dari Buah Mangrove <i>Spesies Rhizophora Stylosa</i> Sebagai Pewarna Batik Ramah Lingkungan Dalam Skala Pilot Plan	76
Paryanto, Wusana Agung Wibowo, Moch Helmy Aditya	
10 Konsentrasi Faktor Pada Bioakumulasi Plutonium Oleh Siput Macan (<i>Babylonia Spirata L.</i>) Di Perairan Teluk Jakarta	82
Murdahayu Makmur , Muhammad Qowi Fikri, Defri Yona, Syarifah Hikmah JS	
11. Pengaruh Koefisien Distribusi ¹³⁷ Cs Pada Keselamatan Calon Tapak Fasilitas Disposasi Limbah Radioaktif	93
Budi Setiawan, Dadang Suganda	
12. Kajian Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Beberapa Adsorben	105
Mirawaty, Gustri Nurliati	

13	Studi Eksperimen Difusi Boron Dalam Bentonit Terkompaksi Dalam Kondisi Reduksi Oleh Fe	113
	Mas Udi, Noria Ohkubo	
14	Pengolahan Limbah Uranium Cair Dengan Resin Anion Amberlite IRA-400 Cl Dan Imobilisasi Resin Jenuh Menggunakan Polimer	118
	Dwi Luhur Ibnu Saputra, Wati, Nurhayati	
15	Studi Pemanfaatan Zeolit Sebagai Bahan Penopang Asam Oksalat Untuk Dekontaminasi Permukaan Aluminium	124
	Sutoto	
16	Karakteristik Limbah Radioaktif Tingkat Rendah Dan Sedang Reaktor Daya Eksperimental HTR-10	129
	Kuat Heriyanto	
17	Pengembangan Penerapan Sistem Pengawasan Dalam Rangka Pencegahan Masuknya <i>Scrap Metal</i> Terkontaminasi Zat Radioaktif ke Dalam Wilayah Hukum Republik Indonesia	136
	Nanang Triagung Edi Hermawan	
18	Pengawasan Zirkon Di Indonesia	145
	Moekhamad Alfiyan	
19	Polimorfisme XPD23 Pada Pekerja Radiasi Medik	151
	Wiwin Mailana, dan Yanti Lusiyantri	
20	Pengukuran Radiasi Dan Konsentrasi <i>Naturally Occuring Radioactive Materials</i> (NORM) Pada Lahan Calon Tapak PLTU Batubara Kramatwatu Serang Banten	155
	Sucipta, Risdiyana S., Arimuladi SP.	
21	Perhitungan Jumlah Limbah Paska Dekomisioning Reaktor Triga Mark II Bandung	165
	Sutoto, Kuat Heriyanto, Mulyono Daryoko	
22	Fenomena Distribusi Radionuklida Kontaminan Pada Air Kanal Fasilitas KH-IPSB3 Pasca Perbaikan Filter <i>Skimer</i>	173
	Titik Sundari, Darmawan Aji, Arifin	
23	Difusi Radiocesium Oleh Tanah Urugan Sebagai Bahan Penutup Fasilitas Disposal Demo di Kawasan Nuklir Serpong : Karakterisasi <i>Dry Density</i> Tanah Permukaan di Lokasi Fasilitas Disposal Demo	179
	Nurul Efri Ekaningrum, Budi Setiawan	
24	Uji Integritas Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Bekas Reaktor Dengan Metode Uji Cicip ..	186
	Dyah Sulistyani Rahayu, Darmawan Aji	
25	Verifikasi Penggunaan Library Origen 2.1 Untuk Perhitungan Inventori Teras Reaktor Tipe HTGR 10 MWth	194
	Anis Rohanda, Jupiter S. Pane, Amir Hamzah	
26	Penentuan Densitas Boron Karbida (B ₄ C) Menggunakan Autopiknometer Dan Secara Metrologi	199
	Torowati, Mu`nisatun, S., Yatno Dwi Agus	
27	Evaluasi Pengukuran Tingkat Kontaminasi Permukaan Material Terkontaminasi Untuk Tujuan Klierens (Studi Kasus : Limbah Pelat Logam Hasil Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Fosfat Pt. Petrokimia Gresik)	205
	Moch Romli, Mas'udi , Sugeng Purnomo, M. Nurhasyim, T. Sulistiyo H.N., Suhartono, Imam Sasmito, L. Kwin P	

28	Evaluasi Tahanan Pembumian Instalasi Penyalur Petir Pada Stasiun Meteorologi Kawasan Nuklir Serpong	212
	Adi Wijayanto, Arief Yuniarto, Budihari	
29	Evaluasi Pengendalian Dosis Radiasi Pada Kegiatan <i>Dismantling</i> Dan Pengondisian Zat Radioaktif Terbungkus Yang Tidak Digunakan	217
	Suhartono, Moch Romli, Arie Budianti, Adi Wijayanto, Mahmudin	
30	Penerimaan Dosis Radiasi Sebagai Indikator Keselamatan Dalam Proses Pengolahan Limbah Radioaktif Tahun 2015	224
	L.Kwin Pudjiastuti, Hendro, Suhartono, Arie Budianti	
31	Penerapan Nilai Batas Lepas Radioaktivitas ke Badan Air di Kawasan Nuklir Serpong ..	230
	Arif Yuniarto, Aepah Nurbiyanti, Ambar Winansi, Ritayanti	
32	Analisis Kegagalan Proses Pembangkit Uap Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Cair	241
	Budiyono, Sugianto	
33	Jaminan Mutu Layanan Evaluasi Dosis Perorangan Dengan <i>TLD Barc</i> di PTKMR-Batan ..	250
	Nazaroh, Rofiq Syaifudin, Sri Subandini Lolaningrum, dan Nina Herlina	
34	Perancangan Sistem Kendali <i>VAC Off-Gas</i> Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif berbasis Programable Logic Control	260
	Sugianto, Budiyono, Arifin Istavara	
35	Uji Kelayakan Operasi Genset BRV20 RSG-Gas Setelah Dilakukan Perbaikan	268
	Teguh Sulisty	
36	Analisis Sistem Ventilasi Fasilitas Produksi 131I di PTRR-BATAN.....	278
	Mulyono, Hermanto, Sofyan Sori, Sriyono	
37	Aplikasi <i>Scada</i> Dengan Media Komunikasi Nirkabel 2.4 Ghz Untuk Pengendali Operasi Fasilitas Kanal Hubung Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (KHIPSB3)	283
	Parjono , Budiyono	
38	Pembuatan Dan Pengujian <i>Burner</i> Pada Tungku Peleburan Timbal Untuk Fabrikasi <i>Shielding</i> Sumber Radioaktif Bekas Terbungkus	292
	Arifin Istavara, Jonner Sitompul, Sugianto	
39	Aplikasi Reaktor Pada <i>Capacitor Bank</i> Sebagai Peredam Harmonik Catu Daya Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif	299
	Jonner Sitompul, Sugianto	

PENERIMAAN DOSIS RADIASI SEBAGAI INDIKATOR KESELAMATAN DALAM PROSES PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF TAHUN 2015

L. Kwin Pudjiastuti, Hendro, Suhartono, Arie Budianti
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Badan Tenaga Nuklir Nasional
Kawasan Puspiptek Serpong Gedung 50, Tangerang Selatan, Banten 15310
E-mail: kwin@batan.go.id

ABSTRAK

PENERIMAAN DOSIS RADIASI SEBAGAI INDIKATOR KESELAMATAN DALAM PROSES PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF TAHUN 2015. Risiko bekerja dengan bahan radioaktif adalah penerimaan dosis radiasi pada pekerja yang menanganinya. Salah satu indikator kegiatan proses pengolahan limbah radioaktif berjalan dengan aman dan selamat dapat dievaluasi dari penerimaan dosis radiasi pekerja yang menanganinya, sehingga pemantauan terhadap penerimaan dosis radiasi pekerja perlu mendapat perhatian secara terus menerus. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data sekunder yaitu hasil pengukuran laju dosis daerah kerja serta laju dosis limbah radioaktif yang diproses selama tahun 2015. Laju dosis dibandingkan dengan hasil penerimaan dosis radiasi pekerja pada periode yang sama (empat kali periode pemantauan) kemudian dibandingkan juga dengan batasan tahunan penerimaan dosis radiasi bagi pekerja radiasi. Dari hasil evaluasi penerimaan dosis radiasi pekerja selama tahun 2015 adalah sebesar antara 0 mSv – 0,91 mSv, dengan rerata sebesar 0,16 mSv. Sedangkan laju dosis daerah kerja saat proses pada tahun 2015 tertinggi di daerah *Interm Storage* (IS) sebesar 3,32 μ Sv/jam. Penerimaan dosis radiasi pekerja yang menangani proses penataan limbah radioaktif di IS yaitu rerata sebesar 0,28 mSv, namun masih jauh dibawah nilai batas dosis tahunan yaitu 20 mSv. Dengan demikian penerimaan dosis pekerja selama proses pengolahan limbah radioaktif tidak ditemukan adanya penerimaan dosis radiasi yang melebihi batasan tahunan yang diijinkan. Penerimaan dosis radiasi sebagai salah satu indikator keselamatan dalam proses pengolahan limbah radioaktif tetap terjamin.

Kata Kunci : dosis radiasi, keselamatan, limbah radioaktif.

ABSTRACT

ACCEPTANCE OF RADIATION DOSE AS INDICATORS OF SAFETY IN RADIOACTIVE WASTE PROCESSING IN 2015. The risk of working with materials radioaktif is acceptance of radiation doses to workers who handle. One indicator of activity radioactive waste treatment processes running safely and securely can evaluated from the radiation dose that workers receipt that they are handle, so that the monitoring of the radiation dose reception worker needs continuous attention. This research was conducted using secondary data, ie the measurement result the dose rate of work areas and the dose rate radioactive waste in prosess during 2015. This dose rate are compared with radiation dose of workers in the same period (four times the monitoring period) and also compared with limits annual dose radiation yearly. The evaluation of radiation dose during 2015 is between 0 mSv until 0.91 mSv. With the average radiation dose is 0.16 mSv. While the highest dose rate process on working area at 2015 in *Interm Storage* is 3.32 μ Sv/h. The average acceptance of radiation dose to workers who handle radioactive waste process is 0.28 mSv, it is still far below the value of the annual dose limit of 20 mSv. Thus the radiation dose of worker who handle radioactive waste treatment process, their reception radiation dose which exceeds the permitted annual limits is not found, The acceptance of radiation dose as one of an indicator of safety in the processing of radioactive waste is ensured.

Keywords : radiation dose, safety, radioactive waste

PENDAHULUAN

Limbah menjadi permasalahan pada setiap kegiatan, baik dalam industri maupun institusi penelitian dan pengembangan, tidak terkecuali pada kegiatan pengolahan limbah radioaktif. Pengelolaan limbah radioaktif di Indonesia di pusatkan di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai badan pelaksana dan secara teknis dilaksanakan oleh Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR), hal tersebut tertuang dalam Undang Undang Nomor 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran pasal 23. Dalam undang undang tersebut, yang dimaksud dengan

pengelolaan limbah radioaktif adalah kegiatan pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan/atau pembuangan limbah radioaktif, merupakan rangkaian kegiatan yang dilakukan secara berurutan. Pengelolaan limbah radioaktif dilaksanakan untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup di sekitarnya. Selain itu dalam pengelolaan limbah wajib memperhatikan keselamatan, keamanan, dan ketenteraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan hidup. Sebagaimana diketahui limbah radioaktif adalah

zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan lagi, [1] sehingga limbah radioaktif harus dikelola dengan baik agar tidak membahayakan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungannya.

Kata radioaktif bagi masyarakat umum merupakan hal yang menakutkan, yang identik dengan bom radiasi yang dapat menyebabkan kematian, namun disisi lain apabila radiasi dapat di kelola dengan baik, maka akan memberikan manfaat bagi kesejahteraan masyarakat. Beberapa contoh manfaat radiasi dalam bidang kesehatan misalnya untuk terapi menggunakan alat radioterapi dimana alat tersebut terdapat sumber yang dapat memancarkan radiasi. Dalam bidang industri radiasi dapat dimanfaatkan salah satunya untuk mengetahui kerapatan suatu bahan, sedangkan dalam bidang pertanian radiasi dapat untuk mengawetkan biji-bijian agar tidak cepat bertunas serta banyak jenis manfaat yang lainnya. [2]

Untuk dapat mengelola radiasi perlu di ketahui tentang persyaratan proteksi radiasi yang terdiri dari justifikasi, optimisasi dan limitasi. Justifikasi memberikan arti bahwa setiap kegiatan yang menggunakan radiasi perlu dipertimbangkan dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya, penerapan teknologi yang digunakan dengan risiko yang ditimbulkan lebih kecil dari yang sudah ada sebelumnya. Justifikasi juga harus mempertimbangkan faktor ekonomi, sosial, keselamatan dan kesehatan serta pengelolaan limbah yang ditimbulkan tidak memberikan risiko yang besar. Jika kegiatan menggunakan radiasi namun tidak memberikan manfaat, maka kegiatan tersebut tidak diperbolehkan. Limitasi adalah upaya untuk membatasi penerimaan dosis bagi pekerja dan masyarakat dari dosis eksterna maupun interna dengan menerapkan Nilai Batas Dosis (NBD) yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Radiasi (BAPETEN). Sedangkan Optimisasi diartikan bahwa paparan radiasi dari kegiatan dengan radiasi diusahakan serendah mungkin dengan menerapkan prinsip prinsip proteksi radiasi. Besarnya NBD yang ditetapkan untuk pekerja radiasi adalah 20 *mili sivert* (mSv) per tahun dosis efektif rata-rata selama lima tahun, sehingga dosis kumulatif selama lima tahun tidak melebihi 100 mSv. Dimungkinkan pekerja menerima dosis melebihi 20 mSv pada tahun tertentu, namun tidak melebihi 100 mSv dalam lima tahun. Besarnya NBD untuk masyarakat ditetapkan sebesar 1 mSv per tahun.[3]

Untuk mencapai tujuan persyaratan proteksi radiasi, maka dilakukan suatu pengendalian secara terus menerus dan berkelanjutan dengan menyusun program

proteksi dan keselamatan radiasi. Program ini harus dilaksanakan dan dievaluasi secara berkala untuk mengetahui jika terjadi anomali dari pelaksanaan dan hasil pemantauan yang dilakukan. Pengendalian radiasi dilakukan terhadap daerah kerja dan pada pekerjaannya secara periodik tergantung jenis pemantauannya. Pengendalian daerah kerja meliputi pemantauan daerah kerja terhadap kontaminasi udara maupun permukaan, dan pemantauan paparan radiasi atau laju dosis radiasi daerah kerja yang dilakukan secara rutin. Pengendalian keselamatan dan kesehatan pekerja radiasi meliputi pemantauan terhadap dosis radiasi eksternal dan internal.[4,5]

Penelitian hubungan perilaku keselamatan dan kesehatan kerja dengan dosis radiasi pada pekerja reaktor Kartini, menyimpulkan bahwa ada hubungan negatif yang signifikan antara perilaku K3 dengan dosis radiasi. Semakin baik perilaku K3 seseorang, semakin rendah dosis radiasi yang diterimanya, demikian pula sebaliknya. [6]

Proses pengolahan limbah meliputi preparasi, sementasi, kompaksi, kondisioning, penataan dan pemetaan limbah hasil proses maupun limbah sumber bekas. Dosis yang diterima pekerja dibandingkan dengan batasan yang diijinkan, laju dosis daerah kerja pada saat proses dan pemantauan rutin. Dosis radiasi yang diterima pekerja di kelompokkan sesuai dengan bidang pekerjaannya, untuk mengetahui adanya hubungan antara laju dosis daerah kerja dengan penerimaan dosis.

Makalah ini disampaikan dengan tujuan memberikan informasi keselamatan berdasarkan hasil evaluasi penerimaan dosis pekerja yang berhubungan langsung dengan bahan radioaktif, pada saat proses pengolahan limbah radioaktif tahun 2015. Informasi ini juga dapat dimanfaatkan untuk pertimbangan dalam kegiatan dengan sumber radioaktif, bahwa keselamatan bekerja pada setiap tahap kegiatan perlu dilaksanakan dengan baik dan benar untuk mewujudkan keselamatan dan kesehatan pada pekerja dan masyarakat. Pemantauan harus dilakukan terus menerus dan selalu dilakukan evaluasi. Evaluasi ini dapat digunakan pula sebagai salah satu indikator pemenuhan dari tujuan keselamatan yang termuat dalam kebijakan keselamatan BATAN yaitu nihil kecelakaan.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam evaluasi ini adalah data sekunder hasil pengukuran laju dosis secara rutin selama tahun 2015, laju dosis pada saat proses pengolahan limbah dan dosis radiasi yang diterima pekerja yang menangani proses pengolahan limbah radioaktif tahun 2015.

Tahap tahap kegiatan proses dan pengukuran dilakukan sebagai berikut [7] :

1. Proses Preparasi

Limbah radioaktif dari penimbul yang berupa material terkontaminasi, sebelum dilakukan kompaksi ataupun insensersi dilakukan preparasi / penyortiran untuk memisahkan dan memastikan limbah sesuai dengan proses yang akan digunakan.

2. Proses Penataan

Proses penataan adalah kegiatan yang dilakukan untuk pemetaan dan mengelompokkan limbah yang belum diproses sesuai dengan perlakuan proses yang digunakan, juga pemetaan limbah radioaktif setelah proses agar mudah dalam pencarian apabila diperlukan.

3. Proses Kondisioning

Proses kondisioning di lakukan untuk limbah-limbah sumber bekas dengan dimensi kecil, limbah sumber bekas ini dikelompokkan sesuai dengan jenis radionuklidanya/ pemancar radiasinya dan di simpan ke dalam *hotcell* dengan volume 350 liter.

4. Proses Sementasi

Proses sementasi pada tahun 2015, untuk limbah konsentrat berupa resin bekas yang berasal dari pemurnian air kolam reaktor. Resin bekas yang terkontaminasi di lakukan proses sementasi dengan menambahkan pasir, semen dengan perbandingan berat 260 : 400 : 600 kg, di tambahkan air sedikit demi sedikit sambil

dilakukan pengadukan, proses dilakukan di dalam *hotcell*.

5. Proses Kompaksi

Proses kompaksi yaitu kegiatan yang dilakukan untuk mereduksi volume limbah material terkontaminasi, limbah yang telah di lakukan preparasi/ penyortiran dimasukkan dalam drum volume 100 liter. Limbah dalam drum 100 liter di kompaksi satu persatu kedalam drum 200 liter. Satu buah drum 200 liter dapat berisi 5-6 drum 100 liter terkompaksi.

6. Proses immobilisasi

Adalah proses yang dilakukan agar limbah tidak mudah bergerak jika ada benturan atau goncangan, immobilisasi dilakukan untuk limbah material terkontaminasi di dalam drum 200 liter, dengan menggunakan adonan semen dan dituangkan pada sekeliling antara drum 100 liter dengan drum 200 liter.

7. Pengukuran Laju dosis :

Laju dosis diukur dengan menggunakan alat *surveymeter* digital, hasil pengukuran di kurangi pengukuran latar dan dikonversikan dengan faktor kalibrasi yang masih berlaku. Laju dosis daerah kerja saat proses diukur sama seperti pengukuran laju dosis daerah kerja, namun pada daerah dimana pekerja melakukan pekerjaan dengan limbah radioaktif.

Perhitungan laju dosis menggunakan rumus :[8,9]

$$LD = (LD_1 - LD_0) \times Fk \dots\dots\dots(1)$$

- LD = Laju Dosis
- LD₁ = Laju Dosis terukur
- LD₀ = Laju Dosis latar
- Fk = Faktor Kalibrasi Alat ukur yang digunakan

Pengukuran laju dosis daerah kerja :

1. Disiapkan data sekunder hasil pemantauan laju dosis daerah kerja yang dilakukan setiap minggu selama tahun 2015.
2. Menentukan daerah kerja yang digunakan untuk kegiatan proses pengolahan limbah
3. Data di ambil pada titik pemantauan daerah kerja yang digunakan untuk masing masing proses yaitu pada 10 (sepuluh) titik pemantauan.
4. Menentukan data laju dosis kumulatif, tertinggi dan rerata pada masing-masing daerah kerja yang digunakan kegiatan proses.

1. Melakukan inventarisasi proses yang dilakukan selama tahun 2015
2. Memasukkan data laju dosis saat proses yang sesuai dengan daerah kerja yang digunakan untuk masing masing proses pengolahan limbah pada program *exell*.
3. Menentukan data laju dosis kumulatif, tertinggi dan rerata pada masing-masing daerah kerja yang digunakan kegiatan proses

Pengukuran dosis radiasi pekerja :

Pengukuran dosis radiasi eksternal yang diterima pekerja menggunakan alat *Thermoluminisence Dosimeter* (TLD) yang dilakukan evaluasi setiap tiga bulan untuk mengetahui dosis radiasi yang diterima pekerja. Evaluasi dilakukan oleh laboratorium yang terakreditasi atau ditunjuk oleh Badan Pengawas radiasi. Pemantauan dosis

radiasi pekerja secara internal dilakukan dengan pengukuran langsung pada tubuh pekerja menggunakan alat *Whole Body Counter* (WBC)

untuk mengetahui adanya kontaminasi zat radioaktif dalam tubuh.[8,9]

Perhitungan dosis radiasi :

$$D = D_{\text{eksternal}} + D_{\text{internal}} \text{ (mSv)} \dots \dots \dots (2)$$

D = Dosis radiasi yang diterima pekerja

Data pemantauan radiasi di analisis dan di evaluasi menggunakan program *excel* untuk memperoleh data kumulatif, rerata dan minimum/ maksimum.

Tahapan kegiatan pengolahan data :

1. Mengelompokkan pekerja sesuai dengan pekerjaan yang ditanganinya
2. Memasukkan data dosis masing-masing pekerja empat kali pemantauan pada tahun 2015
3. Menentukan dosis radiasi kumulatif pekerja selama tahun 2015
4. Menentukan dosis rerata yang diterima kelompok pekerja pada masing masing proses.
5. Membuat tabel kelompok kegiatan dengan laju dosis rutin dan saat proses
6. Membuat tabel dosis yang diterima pekerja pada masing-masing kegiatan

7. Membandingkan hasil perhitungan dosis radiasi pekerja dengan batasan yang di iijinkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2015 kegiatan proses pengolahan limbah meliputi, preparasi, penataan, kondisioning, sementasi, kompaksi dan immobilisasi. Hasil pengukuran laju dosis daerah kerja pada saat proses maupun pengukuran rutin mingguan setelah dilakukan pengolahan data diperoleh besaran laju dosis rerata untuk setiap kegiatan proses. Hasil pengukuran laju dosis pada berbagai proses di tampilkan pada Tabel 1 sebagai berikut ;

Tabel 1. Laju dosis rerata pada saat proses dan pemantauan rutin

No	proses	Kode Daerah kerja	Laju dosis (µSv/jam)	
			Proses	rutin
1	preparasi	3004	0,57	0,21
2	penataan	IS-1.C	2,62	1,10
3	kondisioning	IS-1.B	3,32	0,52
4	sementasi	3003	0,50	0,23
5	kompaksi	3002	0,37	0,18
6	immobilisasi	2021	0,35	0,18

Pengukuran laju dosis pada pengukuran rutin dilakukan pada titik pemantauan yang telah ditetapkan, yang dianggap dapat mewakili setiap sudut pada ruangan tersebut, sehingga bukan merupakan laju dosis terukur salah satu paket limbah. Pada saat proses pengukuran laju dosis dilakukan di daerah dimana kegiatan tersebut dilakukan dan tentu saja jarak dengan limbah yang akan diolah tidak jauh, sehingga memberikan kontribusi peningkatan laju dosis terukur. Pada kegiatan kondisioning, sumber limbah radioaktif di disiapkan di ruang koridor IS. Kegiatan kondisioning dilakukan di IS-1B yaitu ruang antara limbah sebelum diolah dan setelah diolah, sehingga laju dosis rerata pada proses kondisioning lebih besar dibandingkan dengan laju dosis rerata pada pengukuran rutin. Proses pengolahan limbah preparasi, sementasi,

kompaksi dan immobilisasi di lakukan di daerah pengendalian dengan batasan pengukuran yang ditetapkan sebesar 10 µSv/jam. Jika dibandingkan dengan batasan untuk daerah kerja, maka laju dosis pada saat proses maupun pemantauan rutin rerata maksimal sebesar 48 % dari batasan. Pengukuran laju dosis rutin pada ruang 3004, relatif kecil karena ruang tersebut jika tidak ada proses preparasi, maka tidak ada limbah radioaktif, sehingga hasil pengukuran rutin bisa dianggap hasil ukur latar. Hal demikian juga pada proses sementasi, kompaksi dan immobilisasi, jika tidak melakukan proses ruang tersebut tidak ada limbah radioaktif. Berbeda dengan ruang IS, meskipun tidak ada proses, hasil pengukuran rutin memberikan besaran lebih besar dari pada ruang lainnya, karena di IS telah tersimpan limbah radioaktif baik sebelum

maupun setelah proses yang memberikan kontribusi peningkatan hasil pengukuran laju dosis.

Setiap kegiatan proses dilakukan oleh 6 sampai 7 personil yang terdiri dari penanggung jawab kegiatan, operator proses, petugas sistem

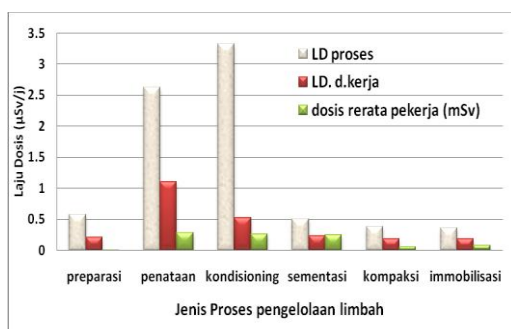
bantu, dan petugas keselamatan atau petugas proteksi radiasi. Hasil perhitungan rerata dosis radiasi kumulatif yang diterima pekerja, yang bertugas pada kegiatan proses pengolahan limbah selama tahun 2015, ditampilkan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Penerimaan dosis radiasi rerata pekerja pada berbagai proses

No	Proses	Jumlah personil	Penerimaan dosis rerata (mSv)
1	preparasi	6	0,01
2	penataan	6	0,28
3	kondisioning	7	0,26
4	Sementasi	7	0,25
5	Kompaksi	6	0,06
6	Immobilisasi	6	0,08

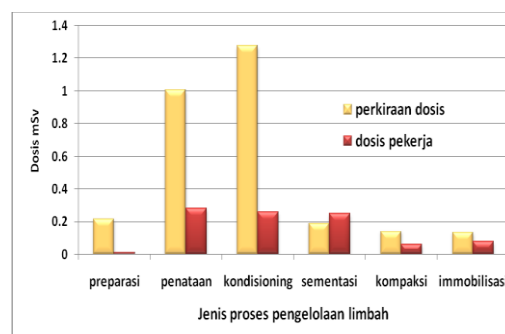
Dari Tabel 2 tersebut diatas, terlihat bahwa dosis tertinggi diterima pekerja pada proses penataan dan kondisioning, hal ini berkorelasi jika dibandingkan dengan data laju dosis pada Tabel 1 diatas. Laju dosis baik saat proses maupun pemantauan rutin tertinggi pada ruang IS, dimana kegiatan proses penataan dan kondisioning dilakukan di ruang tersebut. Dosis yang diterima pekerja adalah dosis kumulatif selama satu tahun, jika dibandingkan dengan NBD yang ditetapkan sebesar 20 mSv/tahun, maka dosis yang diterima pekerja masih sangat jauh dari batasan yaitu sekitar 1,4 % dari batasan. Penerimaan dosis terkecil pada pekerja yang melakukan kegiatan preparasi yaitu rerata sebesar 0,01 mSv selama satu tahun, hal ini karena beberapa hal upaya yang dilakukan untuk memenuhi syarat limitasi yaitu membatasi

penerimaan dosis dengan melakukan rekayasa. Rekayasa yang dilakukan untuk memperkecil penerimaan dosis yaitu kegiatan dilakukan di ruang *glovebox* sehingga mengurangi paparan radiasi karena adanya penahan radiasi pada *glovebox* tersebut. Pengerjaan di dalam *glovebox* juga mengurangi potensi bahaya radiasi interna yang dapat terhirup oleh pekerja. Demikian juga pada proses kompaksi, penerimaan dosis personil yang menanganinya kecil yaitu sebesar 0,06 mSv selama satu tahun, hal ini karena kegiatan kompaksi juga dilakukan di dalam ruang khusus, sehingga paparan radiasi pada saat kompaksi dilakukan tidak memberikan kontribusi penerimaan dosis personil yang signifikan. Sebagai gambaran perbandingan penerimaan dosis dengan pengukuran laju dosis ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. sebagai berikut



Gambar 1. Kurva laju dosis saat proses, pemantauan rutin dan penerimaan dosis pekerja

Gambar 1. laju dosis saat proses relatif tinggi dibandingkan dengan laju dosis pemantauan rutin, karena saat proses berhubungan langsung dengan limbah radioaktif, sedangkan laju dosis rutin, tidak semua ruangan ada limbah radioaktif, limbah hanya ada di *interm storage* saja. Laju dosis diperhitungkan dengan satuan $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, sedangkan dosis yang diterima pekerja dengan



Gambar 2. Kurva perkiraan dosis dan penerimaan dosis pekerja

satuan mSv selama satu tahun. Gambar 2. menunjukkan kurva perkiraan penerimaan dosis berdasarkan pengukuran laju dosis selama proses, dengan waktu kerja berhubungan langsung dengan limbah radioaktif selama 384 jam dalam satu tahun, dibandingkan dengan penerimaan dosis yang sebenarnya dari pengukuran dosimeter perorangan. Sebagian

besar perkiraan dosis berdasarkan laju dosis lebih besar dibandingkan dengan penerimaan dosis sebenarnya, karena pekerja tidak berada tetap pada satu titik dengan sumber radiasi. Pada proses sementasi dosis rerata lebih tinggi dari perkiraan dosis dikarekan ada pekerja yang melakukan kegiatan lain diluar kegiatan proses yang dilakukan selama periode pemakaian dosimeter, sehingga penerimaan dosis selama kegiatan lain memberikan penambahan dosis yang diterima pada periode tertentu.

KESIMPULAN

Penerimaan dosis radiasi pekerja, tergantung pada kegiatan yang dilakukan yang berhubungan langsung dengan sumber radiasi yang ditanganinya. Semakin tinggi paparan radiasi limbah yang ditanganinya, maka semakin besar potensi penerimaan dosis radiasi. Penerimaan dosis tertinggi pada kegiatan penataan limbah sebesar 0,28 mSv, dengan laju dosis saat proses 2,62 μ Sv/jam. Penerimaan dosis ini masih jauh dari batasan tahunan yang diijinkan untuk pekerja yaitu 20 mSv. Penerimaan dosis tindak hanya tergantung pada besarnya paparan radiasi yang ditanganinya, namun juga tergantung pada jarak dengan sumber dan penahan atau alat pelindung diri yang digunakan. Penerimaan dosis radiasi dapat digunakan sebagai indikator keselamatan dalam pengolahan limbah radioaktif. Semakin kecil penerimaan dosis radiasi dan semakin rendah dari batasan yang ditentukan, maka semakin baik tingkat keselamatan dan kesehatan pekerja. Dengan melaksanakan persyaratan proteksi radiasi pada setiap tahapan kegiatan dengan sumber radiasi, maka keselamatan dan kesehatan kerja dapat berjalan dengan baik, sehingga keselamatan pekerja dan masyarakat pada umumnya juga akan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh staf Bidang Keselamatan Kerja dan Operasi, Bidang Pengolahan Limbah dan Bidang Pengembangan Fasilitas – PTLR. Ucapan

terima kasih juga disampaikan kepada Bidang Pemantauan Dosis Personil dan Pemantauan Lingkungan – Pusat Pendayagunaan Informatika Kawasan Strategik Nuklir (PDPPL – PPIKSN) yang telah membantu dalam evaluasi dosis personil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, Undang Undang Negara RI Nomor 10 tahun 1997, tentang Ketenaganukliran, Lembaran Negara nomor 23 tahun 1997
2. Diseminasi dan Kemitraan, www.batan.go.id, diakses pada tanggal 12 Juli 2016.
3. Anonim, Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 tahun 2013, tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir.
4. ALAN MARTIN, SAMUEL A. HARBISON; An Introduction to Radiation Protection; second edition, Chapman and Hall, 1979.
5. Anonim, Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif, Bidang Keselamatan Kerja dan Operasi, PTLR., 2015
6. ZAINAL A, TRI WULAN T, ISHANDONO D. “Hubungan perilaku keselamatan dan kesehatan kerja dengan dosis radiasi pada pekerja reaktor Kartini”, Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, ISSN 1978-0176, Yogyakarta, 2008
7. Anonim, Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013, tentang pengelolaan Limbah Radioaktif, lembaran negara nomor 152 tahun 2013.
8. Anonim, *Standard Operation Procedure Administratif Pengendalian Daerah Kerja Bidang Keselamatan Kerja dan Operasi*, PTLR., , revisi 0, 2015.
9. Anonim, *Standard Operation Procedure*, Pemantauan Dosis Personil, Bidang Keselamatan Kerja dan Operasi, PTLR., 2015.