

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, disposal, 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, Risdiana 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	

EVALUASI PENGUKURAN TINGKAT KONTAMINASI PERMUKAAN MATERIAL TERKONTAMINASI UNTUK TUJUAN KLIERENS PADA LIMBAH PELAT LOGAM HASIL DEKOMISIONING FASILITAS PEMURNIAN FOSFAT PT. PETROKIMIA GRESIK

Moch Romli, Mas'udi, Sugeng Purnomo, M. Nurhasyim, T. Sulistiyo H.N., Suhartono, Imam Sasmito, L. Kwin P.

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-Badan Tenaga Nuklir Nasional
Kawasan Puspipstek Serpong Gedung 50, Tangerang Selatan, Banten 15310
E-mail: mrrromli@batan.go.id

ABSTRAK

EVALUASI PENGUKURAN TINGKAT KONTAMINASI PERMUKAAN MATERIAL TERKONTAMINASI UNTUK TUJUAN KLIERENS PADA LIMBAH PELAT LOGAM HASIL DEKOMISIONING FASILITAS PEMURNIAN FOSFAT PT. PETROKIMIA GRESIK Klierens merupakan pembebasan dari pengawasan BAPETEN terhadap zat radioaktif terbuka, limbah radioaktif, atau material terkontaminasi. Untuk limbah radioaktif dan juga material terkontaminasi dapat dibebaskan dari pengawasan BAPETEN apabila tingkat kontaminasi permukaan kurang dari atau sama dengan 1 Bq/cm^2 untuk kandungan radionuklida yang dapat diidentifikasi dan $0,1 \text{ Bq/cm}^2$ untuk kandungan radionuklida yang tidak dapat diidentifikasi. Limbah pelat hasil dekomisioning fasilitas pemurnian asam fosfat Petrokimia Gresik diukur menggunakan surveymeter kontaminasi permukaan MCB2. Dari hasil pengukuran tingkat kontaminasi permukaan, terdapat 65 (enam puluh lima) pelat logam atau objek ukur seberat 1226 Kg yang tingkat kontaminasi permukaannya di bawah tingkat klierens yang ditentukan.

Kata Kunci : klierens, limbah radioaktif, tingkat kontaminasi permukaan, limbah pelat, fasilitas pemurnian fosfat

ABSTRACT

EVALUATION OF SURFACE CONTAMINATION MEASUREMENT OF CONTAMINATED MATERIAL FOR CLEARANCE PURPOSE On THE METAL SCRAP WASTE OF DECOMMISSIONING RESULTS FROM PHOSPHATE PURIFICATION FACILITY OF PT. PETROKIMIA GRESIK. Clearance is an exemption from BAPETEN oversight for the open radioactive substances, radioactive waste, contaminated material. For radioactive waste and contaminated material also can be freed from supervision of Nuclear Energy Regulatory Agency if surface contamination level less than or equal to 1 Bq/cm^2 for identified radionuclide content and less than or equal to $0,1 \text{ Bq/cm}^2$ for unidentified radionuclide content. Plate waste from decommissioning of phosphate purification facility was measured use MCB2 surface contamination surveymeter. The results of surface contamination measurement, there are 65 pieces of metal scrap weighing 1226 Kg which surface contamination below the clearance value.

Keywords : clearance, radioactive waste, surface contamination level, plate waste, phosphate purification facility

PENDAHULUAN

Dalam tata kerja organisasi Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) mendapatkan tugas dalam pengendalian klierens limbah radioaktif. Dalam pelaksanaannya, tugas ini didistribusikan ke Subbidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi, Bidang Keselamatan Kerja dan Operasi (KKPR – BKKO). Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 16 Tahun 2012 tentang Tingkat Klierens, Klierens adalah pembebasan dari pengawasan BAPETEN terhadap zat radioaktif terbuka, limbah radioaktif, atau material terkontaminasi atau teraktivasi. Sedangkan tingkat klierens adalah nilai yang ditetapkan oleh BAPETEN dan dinyatakan dalam konsentrasi aktivitas, pada atau di bawah nilai tersebut zat radioaktif terbuka,

limbah radioaktif, atau material terkontaminasi atau teraktivasi dapat dibebaskan dari pengawasan. (BAPETEN, 2012)

Pengendalian klierens terhadap limbah radioaktif secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pengendalian klierens limbah radioaktif pra pengolahan dan pasca pengolahan. Pengendalian klierens limbah radioaktif pra pengolahan bertujuan untuk memisahkan secara jelas limbah-limbah dari daerah aktif menjadi limbah radioaktif dan limbah klierens yang dapat dikelola sebagai limbah domestik non radioaktif. Dengan demikian pengendalian klierens limbah radioaktif pra pengolahan dapat meminimisasi jumlah limbah dari daerah aktif yang harus dikelola sebagai limbah radioaktif. Sedangkan pengendalian klierens limbah radioaktif pasca pengolahan bertujuan untuk menentukan paket-

paket limbah olahan yang karena konsentrasi aktivitasnya sudah mencapai tingkat klierens, dapat dikeluarkan dari obyek pengawasan BAPETEN.

Teknik pengukuran untuk tujuan klierens dapat dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu pengukuran kontaminasi permukaan, pengukuran konsentrasi aktivitas secara langsung, dan pengumpulan sampel untuk dianalisis di laboratorium. Pengukuran kontaminasi permukaan dan pengukuran konsentrasi aktivitas secara langsung relatif murah dan merupakan metode yang tepat untuk dilakukan jika komposisi radionuklida yang terkandung atau melekat dalam material tertentu telah diketahui. Teknik pengukuran kontaminasi permukaan dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu cara langsung dan cara tidak langsung. Untuk cara langsung, alat ukur digunakan secara langsung untuk mengukur kontaminasi permukaan dari material. Dan untuk cara tidak langsung, kontaminasi yang ada di material dipindahkan ke media perantara, dan kemudian media perantara tersebut yang akan diukur menggunakan alat ukur. (IAEA, 2012)

Di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 16 Tahun 2012 dinyatakan bahwa radionuklida buatan yang hanya terdiri dari 1 (satu) radionuklida, dapat dibebaskan dari pengawasan BAPETEN apabila konsentrasi aktivitas radionuklida buatan kurang dari atau sama dengan tingkat klierens yang telah ditetapkan. Sedangkan untuk radionuklida yang terdiri lebih dari 1 (satu) radionuklida, perhitungannya mengikuti rumus yang telah diberikan di dalam peraturan tersebut. Di samping itu, untuk limbah radioaktif dan juga material terkontaminasi juga dijelaskan bahwa dapat dibebaskan dari pengawasan BAPETEN apabila tingkat kontaminasi permukaan kurang dari atau sama dengan 1 Bq/cm^2 untuk kandungan radionuklida yang dapat diidentifikasi dan $0,1 \text{ Bq/cm}^2$ untuk kandungan radionuklida yang tidak dapat diidentifikasi.

Material yang akan diukur adalah merupakan material yang berasal dari dekomisioning fasilitas pemurnian fosfat PT. Petrokimia Gresik. Bahan baku pembuatan pupuk fosfat adalah batuan fosfat yang mengandung uranium dengan konsentrasi yang relatif tinggi. Pemrosesan batuan fosfat oleh industri pupuk fosfat mengakibatkan U^{238} dan anak-anak luruhnya terdistribusi di dalam produk-produk utama, produk sampingan, dan limbah industri tersebut (Syarbaini & Bunawas, 2011). Secara umum, kegiatan klierens harus dapat dipertanggungjawabkan dengan teknik pengukuran yang tepat dan proses permohonan pengajuan klierens ke BAPETEN yang benar, karena menyangkut paparan dan dampak

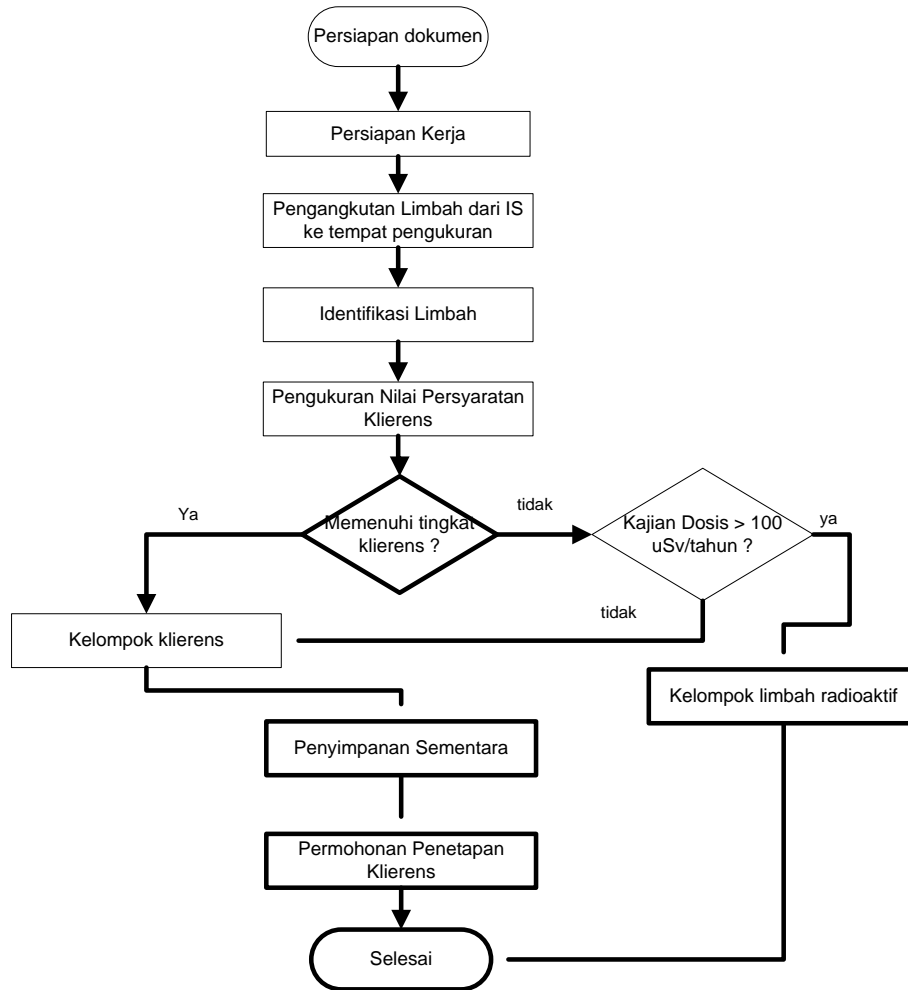
radiologik terhadap masyarakat. Tujuan dari kegiatan implementasi klierens limbah radioaktif ini adalah sebagai strategi minimisasi jumlah limbah radioaktif, sehingga dapat menghemat ruang penyimpanan sementara limbah radioaktif.

METODOLOGI

Kegiatan yang dilakukan merupakan eksperimental dengan output hasil pengukuran tingkat kontaminasi permukaan. Output tersebut dijadikan dasar dalam mengambil keputusan pengajuan penetapan klierens. Secara umum, kegiatan implementasi klierens limbah radioaktif mengikuti alur seperti pada gambar 1.

Tahapan kegiatan dimulai dengan persiapan dokumen seperti proposal kegiatan, izin kerja, dan daftar inventaris limbah yang akan diukur. Kemudian dilakukan persiapan kerja, baik itu persiapan daerah kerja maupun persiapan perlengkapan dan peralatan kerja. Daerah kerja yang digunakan adalah *airlock* limbah padat Gedung Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR). Sedangkan perlengkapan dan peralatan kerja yang dibutuhkan di antaranya surveymeter, surveymeter kontaminasi, Alat Pelindung Diri (APD) seperti sarung tangan rajut, sarung tangan karet, masker, dan penutup kepala, bahan dan alat dekontaminasi, dosimeter perorangan, pencuplik udara, kertas filter & *smear test* (tes usap), alat angkat angkut (*forklift* dan *overhead crane*), kotak/ peti penyimpanan. Tahapan selanjutnya adalah pengangkutan dari *Interim Storage* ke daerah kerja pengukuran, kemudian dilakukan identifikasi limbah dengan menelusur asal usul limbah termasuk radionuklida yang terkandung di dalamnya dengan menganalisis kontaminan yang masih melekat pada beberapa objek ukur, dalam tahapan ini termasuk juga penomoran/ *coding* tiap lembar material yang diukur untuk memudahkan pembagian antara material terkontaminasi yang dapat diklierens dan yang belum dapat diklierens.

Tahapan berikutnya merupakan pengukuran nilai persyaratan klierens. Limbah pelat logam yang menjadi objek pengukuran merupakan lembaran logam yang terkontaminasi. Sesuai Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 16 tahun 2012 Pasal 6 bahwa limbah radioaktif dan material terkontaminasi yang dibebaskan dari pengawasan BAPETEN jika memiliki tingkat kontaminasi permukaan kurang dari atau samadengan 1 Bq/cm^2 . Dalam hal jika nanti jenis radionuklidadanalam sebagaimana dimaksud sebelumnya tidak dapat diidentifikasi, maka di Pasal 8 peraturan tersebut dijelaskan bahwa tingkat klierens ditetapkan kurang dari atau samadengan $0,1 \text{ Bq/gr}$ atau $0,1 \text{ Bq/cm}^2$.



Gambar 1. Alur Proses Klierens Limbah Material Terkontaminasi di PTLR

Ada 2 (dua) cara yang dapat digunakan dalam melakukan pengukuran tingkat kontaminasi permukaan, dengan pengukuran langsung maupun tidak langsung. Dalam pengukuran, khususnya pengukuran langsung, perlu diperhatikan kondisi pengukuran yang dilakukan sesuai dengan kondisi pengukuran pada saat kalibrasi surveymeter kontaminasi, di

antaranya dengan menjaga jarak sumber dengan permukaan alat ukur sebesar 3 mm. Nilai tingkat kontaminasi permukaan dari pengukuran langsung didapatkan dengan mengkonversikan hasil pembacaan surveymeter kontaminasi (misal : Bq eq) menjadi nilai tingkat kontaminasi permukaan (Bq/m²).

$$TK \text{ (Bq/m}^2\text{)} = [\text{Nilai baca alat (Bq eq)} - \text{nilai } background \text{ (Bq eq)}] * \text{Faktor konversi } \left(\frac{\text{Bq/m}^2}{\text{Bq eq}} \right)$$

TK : Tingkat Kontaminasi Permukaan

Sedang untuk pengukuran tidak langsung, dilakukan tes usap untuk bagian material terkontaminasi yang tidak memungkinkan untuk melakukan pengukuran langsung. Kemudian hasil tes usap tersebut diukur dan dihitung untuk mendapatkan nilai tingkat kontaminasi permukaan dengan memperhatikan efisiensi usap dan efisiensi pencacahan. Dalam makalah ini,

kegiatan pengukuran hanya dibatasi pada kegiatan pengukuran langsung.

Setelah didapatkan hasil pengukuran, kemudian dilakukan justifikasi apakah material terkontaminasi yang telah diukur tersebut telah memenuhi tingkat klierens atau belum. Selanjutnya material terkontaminasi yang memenuhi tingkat klierens di simpan sementara di gudang penyimpanan dan menyusun rencana

pelepasan sekaligus kajian radiologik kepada masyarakat jika dilakukan pelepasan sebagai salah satu syarat pengajuan permohonan penetapan klierens ke BAPETEN. Untuk material terkontaminasi yang belum memenuhi tingkat klierens masih diperlakukan sebagai limbah radioaktif. Dalam makalah ini ruang lingkup kegiatan klierens hanya akan dibahas sampai dengan tahapan justifikasi hasil pengukuran tingkat kontaminasi permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan dekomisioning fasilitas pemurnian asam fosfat Petrokimia Gresik dilakukan pada tahun 2008. Dari kegiatan tersebut dihasilkan limbah radioaktif yang telah dikirim ke PTLR berupa (Tomo & Santoso, 2009) :

- Limbah padat dalam drum 200 liter berjumlah 69 buah drum;
 - Limbah padat dalam drum 150 liter berjumlah 25 buah drum;
 - Limbah berupa *sludge* dalam drum 150 liter berjumlah 16 buah drum;
 - Limbah *yellow cake* dalam drum 150 liter berjumlah 7 buah drum;
 - Limbah cair dalam drum 150 liter berjumlah 4 buah drum;
- Limbah padat berupa bekas peralatan seberat 2 ton dalam beberapa kotak kayu;
 - Limbah padat berupa sumber bekas berjumlah 2 buah, masing-masing seberat 50 kg;

Limbah berupa lembaran pelat merupakan bekas peralatan yang digunakan untuk preparasi umpan (asam fosfat yang mengandung uranium) sebelum diekstraksi, sehingga belum ada pemekatan kadar uranium, atau dapat dikatakan konsentrasi uranium masih sama dengan keadaan awal umpan (masih dalam kriteria *naturally occuring radioactive material*). Limbah ini terbuat dari *carbon steel* dan *stainless steel* yang terkontaminasi permukaannya telah dilakukan dekontaminasi dengan memasukkannya di dalam ruangan khusus yang berventilasi dengan sistem vakum oleh *blower* penghisap kemudian diproses dengan *chemical treatment* di dalam bak (Salimin & dkk, 2008). Setelah dilakukan proses dekontaminasi, limbah tersebut disimpan dalam *interim storage* dalam kotak/ peti yang sebagian terbuat dari kayu dan sebagian lagi telah diperbarui dengan kotak/ peti yang terbuat dari besi dengan masing-masing volume kotak/ peti sebesar 0,637 m³. Limbah inilah yang menjadi objek pengukuran untuk tujuan klierens.



Gambar 2. Kondisi Penyimpanan Limbah Pelat Hasil Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Fosfat

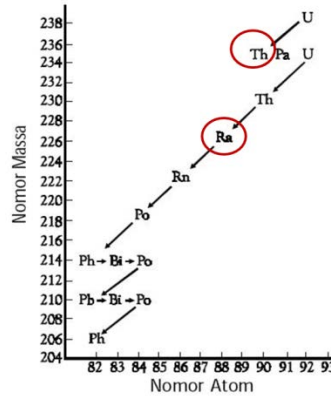
Lembaran pelat tersebut telah disimpan lama dalam *Interim Storage*, sehingga cukup banyak debu dan kotoran yang menempel dan menutupi permukaannya. Agar tidak mengganggu dalam proses pengukuran, dilakukan pembersihan kotoran-kotoran tersebut menggunakan *vacuum cleaner*. Untuk memudahkan dan memfokuskan pengukuran, lembaran pelat *carbon steel* atau *stainless steel* ini dibagi dalam beberapa kotak di kedua sisi permukaannya. Hal ini membantu dalam

pengumpulan data dan klarifikasi lapangan di kemudian hari jika diperlukan.

Pada tahap awal, dilakukan *screening* terhadap keseluruhan lembaran pelat logam tersebut. Didapatkan ada beberapa lembaran yang tingkat kontaminasi permukaannya masih tinggi. Setelah diambil sampel kontaminan yang melekat kemudian dianalisis menggunakan *Multi Channel Analyser*, didapatkan radionuklida kontaminan adalah Th-234 dan Ra-226 yang merupakan anak luruh dari U-238. Berdasarkan histori operasi dari Fasilitas Pemurnian Asam

Fosfat dan hasil analisis terhadap kontaminan, dapat dipastikan bahwa radionuklida yang mengkontaminasi pelat logam ini adalah U-238 beserta anak luruhnya. Dengan demikian, berdasarkan Peraturan Kepala BAPETEN Nomor

16 tahun 2012, bahan dan peralatan terkontaminasi memiliki batasan tingkat klerens 1 Bq/cm² untuk radionuklida kontaminan yang dapat teridentifikasi.



Gambar 3. U-238 dan anak luruhnya

Alat ukur yang digunakan dapat dibagi menjadi alat ukur tingkat kontaminasi permukaan dan alat ukur paparan radiasi radiasi. Alat ukur tingkat kontaminasi permukaan yang digunakan adalah jenis MCB2 dengan nomor serial 0144 dan 0161. MCB2 merupakan surveymeter kontaminasi yang dapat mendeteksi dan mengkuantifikasi kontaminasi alfa, beta, dan gamma. MCB2 menggunakan detektor Geiger Mueller *end window* seluas 15 cm². Kedua MCB2 tersebut telah dikalibrasi menggunakan sumber standar pemancar radiasi beta (Sr-90) dan sumber standar pemancar alfa (Am-241). Limbah yang akan diukur merupakan limbah yang terkontaminasi uranium alam, khususnya U-238, yang dominan memancarkan radiasi alfa. Sehingga dari masing-masing MCB2 tersebut hanya menggunakan faktor konversi untuk pengukuran kontaminasi pemancar alfa, yaitu

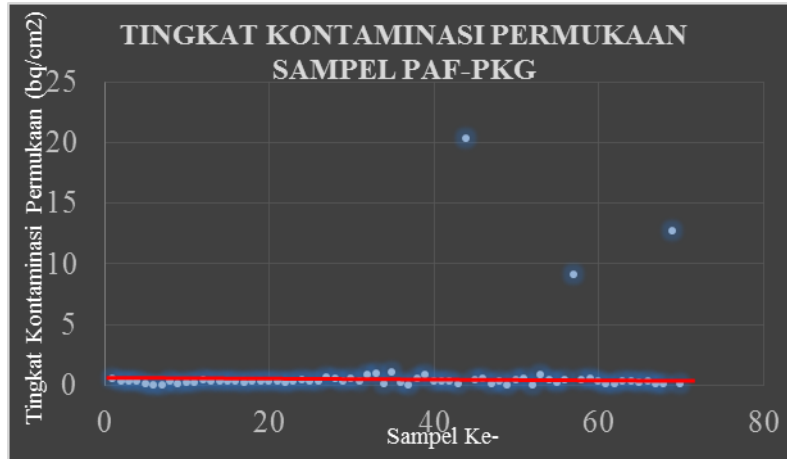
$0,057 \frac{\text{Bq/cm}^2}{\text{Bq eq}}$ untuk nomor serial 0144 dan $0,045 \frac{\text{Bq/cm}^2}{\text{Bq eq}}$ untuk nomor serial 0161. Hasil pembacaan dengan MCB2 adalah dalam satuan Bq eq, sehingga untuk mendapatkan satuan tingkat kontaminasi permukaan yang sesuai dengan persyaratan dalam Peraturan Kepala BAPETEN nomor 16 Tahun 2012, maka perlu dikonversikan menggunakan faktor konversi ke satuan Bq/cm². Hasil pengukuran dilengkapi dengan pengukuran paparan paparan radiasi masing-masing objek ukur untuk mengetahui apakah objek ukur tersebut memiliki kontribusi dalam paparan radiasi eksterna (pemancar beta & gamma). Pengukuran paparan radiasi dilakukan dengan menggunakan surveymeter Terra nomor serial 1500089 dengan faktor kalibrasi 0,957.



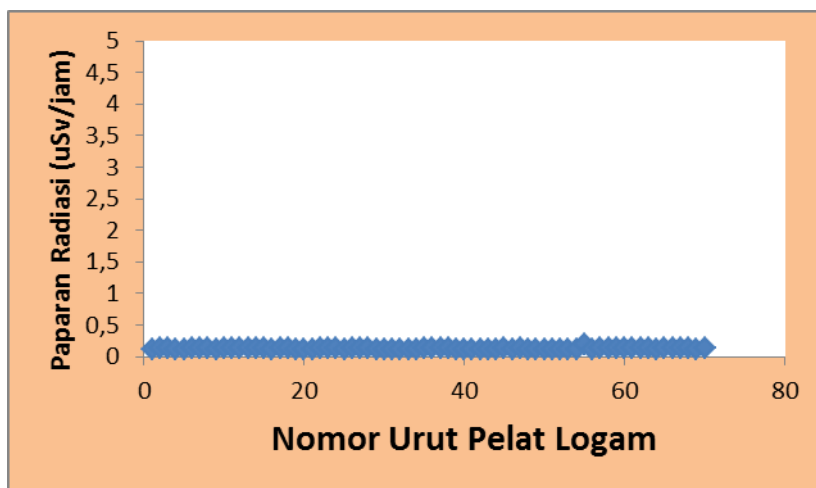
Gambar 4. Proses pembersihan kotoran dan *mapping grid* lembaran pelat¹⁾, dan pengukuran tingkat kontaminasi permukaan dan paparan radiasi²⁾

Dengan batasan tingkat kontaminasi permukaan 1 Bq/cm², dari 70 (tujuh puluh) lembar atau objek ukur, terdapat 5 (lima) lembar atau objek ukur yang masih berada di atas tingkat klierens yang ditentukan. Sedangkan hasil pengukuran paparan

radiasi, rata-rata hasil pengukuran mendekati paparan radiasi latar belakang yaitu sekitar 0,12 – 0,14 µSv/jam. Dari hasil pengukuran, limbah pelat logam yang diproyeksikan dapat diklierens seberat 1226 Kg dengan volume kurang lebih 0,3 m³.



Gambar 5. Tingkat Kontaminasi Permukaan Pelat Logam



Gambar6. Paparan Radiasi Pelat Logam



Gambar7. Prosentasi Proyeksi Sampel Klierens dan Belum Klierens

KESIMPULAN

- a. Limbah pelat logam hasil dekomisioning Fasilitas Pemurnian Asam Fosfat merupakan bahan atau peralatan yang terkontaminasi radionuklida U-238 dan turunannya. Persyaratan tingkat klierens untuk material terkontaminasi radionuklida yang dapat diidentifikasi adalah 1 Bq/cm²;
- b. Dari hasil pengukuran, pelat logam yang diproyeksikan dapat diklierens sebanyak 65 (enam puluh lima) lembar atau objek ukur dengan total berat 1226 Kg dan volume sekitar 0,3 m³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada manajemen PTLR yang telah memberikan dukungan materiil dan spirituil, sehingga kegiatan pengukuran tingkat kontaminasi permukaan untuk tujuan klierens ini dapat berjalan dengan lancar. Ucapan terima kasih pula kepada Bapak Dadong Iskandar yang telah memberikan pengetahuan tentang teknik pengukuran yang benar.

DAFTAR PUSTAKA

1. BAPETEN. (2012). Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 16 tahun 2012 tentang Tingkat Klierens.
2. IAEA. (2012). *Safety Report Series No. 67 "Monitoring for Compliance with Exemption and Clearance Level"*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
3. Salimin, Z., & dkk. (2008). Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Asam Fosfat Petrokimia Gresik. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VI, 1-15.
4. Syarbaini, & Bunawas. (2011). Klierens Limbah Padat Uranium dengan Spektrometer Gamma. Jurnal Teknik Bahan Nuklir, 136-148.
5. Tomo, B., & Santoso, I. (2009). Pengolahan Limbah Radioaktif Padat Hasil Dekomisioning Fasilitas Instalasi Pemurnian Asam Fosfat Petrokimia Gresik. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VII, 15-26.