

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, 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	

PENGOLAHAN LIMBAH URANIUM CAIR DENGAN RESIN ANION AMBERLITE IRA-400 CI DAN IMOBILISASI RESIN JENUH MENGGUNAKAN POLIMER

Dwi Luhur Ibnu Saputra¹, Wati¹, Nurhayati²

¹Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN,

²Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia

Email: ibnu.saputra@batan.go.id

ABSTRAK

PENGOLAHAN LIMBAH URANIUM CAIR DENGAN RESIN ANION AMBERLITE IRA-400 CI DAN IMOBILISASI RESIN JENUH MENGGUNAKAN POLIMER. Limbah uranium yang berasal dari fase rafinat hasil ekstraksi uranium sisa produksi radioisotop Mo⁹⁹ mengandung banyak radionuklida hasil belah dan uranium dengan konsentrasi rendah. Reduksi volume limbah dilakukan dengan proses penyerapan maksimal uranium yang membentuk [UO₂(SO₄)₃]⁻⁴ dengan resin penukar anion amberlite IRA 400 CI dalam kolom secara kontinyu. Kondisi tersebut berlangsung sampai waktu operasi selama 45 jam hingga resin menjadi jenuh. Analisis kandungan uranium diukur menggunakan alat spektrometer UV-Vis. Resin jenuh uranium di imobilisasi menggunakan polimer sesuai dengan standar IAEA. Proses imobilisasi dilakukan dengan mencampur resin jenuh dan polimer poliester dengan variasi kandungan limbah 10, 20, 30, 40, dan 50% berat/berat dalam seriform. Karakterisasi ketahanan polimer dilakukan dengan uji densitas, uji kuat tekan dan laju pelindihan diukur menggunakan alat tekan hidrolik dan soxhlet. Kondisi optimum imobilisasi pada kandungan limbah 20% didapat dengan densitas sebesar 1,1490 g/cm³, kuat tekan 4,342 kN/cm², dan laju pelindihan 0,0011 gram/cm².hari

Kata kunci :pengolahan limbah uranium, resin anion, imobilisasi, polimer

ABSTRACT

TREATMENT OF LIQUID URANIUM WASTE WITH ANION EXCHANGE RESIN AMBERLITE OF IRA – 400 CI AND IMMOBILIZATION RESIN SATURATED URANIUM USING POLYMER.Waste uranium of rafinat from uranium extractionprocees of Mo⁹⁹ radioisotope production contain many radionuclides fission product and uranium low concentration. Waste volume reduction is done with maximum absorption process of uranium that forms [UO₂(SO₄)₃]⁻⁴ with anion exchange resin Amberlite of IRA 400 CI in continuous column.The optimum condition was achieved 45 haur operation until resin become saturated. Analysis of uranium was measured by UV – Vis Spectrometer. According to the standart of IAEA that immobilization of the saturated resin usepolimer. The immobilization process was carried out by mix the saturated resin and polyester polymer with variety of waste loading 10, 20, 30, 40 dan 50 % in seriform. Resistance charackeristic of polimer conducted with test of density, and also test of compressive strength and leaching rate measured using a hydraulic press and soxhlet.The optimum condition for the immobilization were obtained on waste loading 20 weight %, with density is 1,1490 g/cm³, compressive strength is 4,342kN/cm² and leaching rate is 0,0011 gram/cm².day

Keyword : waste uranium treatment, anion resin, immobilization, polimer

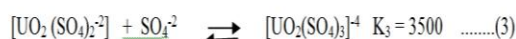
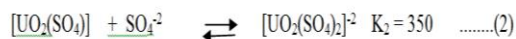
PENDAHULUAN

Produksiisotop Mo⁹⁹ dihasilkan dari Instalasi Produksi Radioisotop di BATAN. Isotop Mo⁹⁹ dihasilkan dari reaksi U²³⁵ dengan *neutron* di dalam reaktor nuklir G.A Siwabessy. U²³⁵ akan mengalami reaksi fisi (pembelahan) menjadi hasil belah diantaranya Mo⁹⁹ sedangkan U²³⁸ mengalami reaksi aktivasi *neutron* menjadi unsur – unsur aktinida [1]. Bahan bakar atau kapsul yang dilapisi uranium diiradiasi dalam reaktor kemudian dilarutkan dalam HNO₃ 6 – 8 M. Dalam larutan tersebut mengandung uranium yang konsentrasinya masih tinggi, hasil belah termasuk Mo⁹⁹ dan aktinida.Radionuklida Mo⁹⁹ diambil menggunakan larutan Al₂O₃. Uranium

dalam larutan dipisahkan secara ekstraksi menggunakan pelarut tributil fosfat dodekan [2]. Hasil dari proses ekstraksi yaitu fase ekstrak yang banyak mengandung uranium dan sedikit radionuklida hasil belah, serta fase rafinat yang didominasi radionuklida hasil belah dan uranium dengan konsentrasi rendah. Uranium sisa dengan konsentrasi rendah dan banyak mengandung hasil belah merupakan limbah cair yang akan diproses lebih lanjut dengan resin penukar anion. Limbah cair dari hasil ekstraksi uranium tidak dapat yang diolah di evaporasi Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR) karena tingkat keasaman yang tinggi dan IPLR hanya mengolah limbah cair dengan aktivitas rendah[3]. Uranium konsentrasi rendah, hasil

belah dan aktinida dalam bentuk kation merupakan limbah cair yang dikomplekskan dengan Na_2SO_4 sehingga membentuk senyawa anion akan diproses lebih lanjut dengan resin penukar ion anion hingga resin tersebut jenuh. Jika menggunakan resin penukar kation maka, UO_2^{+2} akan kompetitif dengan kation hasil belah yang lain.

Limbah uranium cair ini dikomplekskan dengan Na_2SO_4 sehingga menjadi [4]



Selanjutnya ion kompleks uranyl sulfat dialirkan melalui resin amberlite IRA-400 Cl. Variabel yang berpengaruh pada penyerapan $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$ oleh resin penukar anion amberlite IRA – 400 Cl adalah penentuan berat Na_2SO_4 , pH, dan waktu kontak. Pada reaksi pembentukan kompleks anion yang terbentuk hanya $[\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3]^{4-}$, sedangkan yang lain masih berupa kation dalam limbah yang lolos dari kolom pada penyerapan dengan resin penukar anion.

Resin jenuh uranium tersebut kemudian diimobilisasi menggunakan polimer. polimer baik digunakan karena uranium merupakan radionuklida pemancar alfa dengan waktu paro yang panjang[5]

Karakterisasi dan kualitas hasil imobilisasi

Karakterisasi hasil imobilisasi limbah radioaktif dilakukan dengan mengukur uji densitas, kuat tekan dan pelindihannya. Uji kuat tekan digunakan untuk menentukan kekuatan tekan blok polimer - limbah dengan alat hidrolik tekan. Uji densitas digunakan untuk menentukan massa jenis blok polimer - limbah sedangkan uji pelindihan digunakan untuk menentukan laju pelindihan blok polimer - limbah dengan menentukan banyaknya radionuklida yang terlepas ke lingkungan dan dilakukan dengan alat *soxhlet*.

Kuat tekan blok polimer-limbah merupakan parameter penting untuk evaluasi benturan agar menjamin keselamatan penanganan, transportasi dan penyimpanan lestari yang sudah dibuat standar oleh IAEA.

Laju pelindihan yaitu lepasnya unsur kerangka polimer dan lepasnya sejumlah unsur limbah dari blok polimer-limbah. Kerusakan kerangka polimer limbah dan laju pelindihan dapat ditentukan dengan mengukur kehilangan

berat polimer limbah. Laju pelindihan dapat ditentukan dengan analisis unsur - unsur atau radionuklida dalam air pelindih dengan laju pelindihan dipercepat. Laju pelindihan dipercepat digunakan untuk penelitian jangka pendek yang meneliti pengaruh beberapa parameter dan mengevaluasi kualitas hasil imobilisasi. Pengujian ini menggunakan air bebas mineral pada suhu 100°C untuk mempercepat pelindihan dengan cara mengekstrak sampel dengan alat *soxhlet* selama 24 jam. Laju pelindihan ditentukan dengan menggunakan kehilangan berat sampel pada cm^2 hari. Pengujian laju pelindihan jangka panjang dilakukan menggunakan ukuran polimer limbah sesungguhnya dan simulasi kondisi lingkungan dalam penyimpanan lestari.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan kimia yang digunakan adalah $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$, Na_2SO_4 , resin *amberlite* IRA – 400 Cl, *arsenazo* III dan polimer poliester

Peralatan yang digunakan adalah shaker, kolom resin, rangkaian *soxhlet* untuk uji lindih, pH meter, alat tekan hidrolik *carver*, spektrometer UV-Vis *Perkin Elmer Lambda 35*, *SeriFor*, neraca analitik dan alat – alat gelas laboratorium.

Tata Kerja

Pembuatan Limbah Simulasi

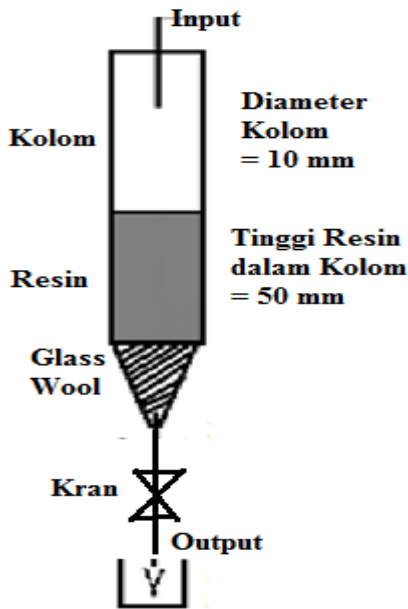
Limbah simulasi dibuat dengan cara melarutkan $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ menjadi konsentrasi 50 mg/l.

Penentuan efisiensi optimum penyerapan

Penyerapan optimum dilakukan untuk menentukan efisiensi optimum dari penambahan Na_2SO_4 sebagai pengkompleks, pH dan waktu kontak.

Penyerapan uranium dalam kolom resin

Penyerapan limbah uranium cair dilakukan dalam kolom resin dengan laju alir 30 ml/jam. Proses penyerapan dalam kolom resin dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Proses penyerapan limbah uranium cair dalam kolom resin

Imobilisasi resin dengan polimer

Imobilisasi resin anion amberlite IRA 400 - Cl dilakukan setelah mendapatkan penyerapan resin jenuh dalam proses alir pada kolom. Efisiensi yang didapat digunakan untuk perhitungan pembuatan resin jenuh. Imobilisasi dibuat dengan berbagai variasi *waste loading* (kandungan limbah) yaitu 10, 20, 30, 40 dan 50 %. Resin dan polimer dicampur pada masing - masing *waste loading* dalam cetakan *SeriForm*.

Uji Densitas

Uji densitas dilakukan dengan mencari volume blok polimer - limbah yaitu dengan mengukur tinggi dan diameter blok polimer - limbah dengan menggunakan jangka sorong. Selanjutnya blok polimer - limbah ditimbang hingga konstan. Densitas blok polimer-resin dihitung dengan persamaan 4 [6]

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (4)$$

Dimana ρ = densitas (gram/cm³), m = massa contoh (gram), v = volume contoh (cm³)

Uji Kuat Tekan

Blok polimer - limbah yang telah diukur densitasnya, dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan blok polimer - resin dilakukan dengan menggunakan alat tekan hidrolik *Carver* untuk menentukan kuat tekannya. Uji kuat tekan dilakukan untuk

menentukan kekuatan dari blok polimer - limbah. Nilai kuat tekan yang diukur didapat pada saat blok polimer - limbah mulai pecah. Kuat tekan blok polimer-limbah dihitung dengan persamaan 5 [6]

$$\sigma_c = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana σ_c = kekuatan tekan (kN/cm²), P_{max} = beban tekan maksimum (kN), A = luas penampang mula-mula (cm²). Uji tekan dilakukan dengan menggunakan alat *Carver Hydraulic Test* menggunakan prosedur ASTM C 39/C 39M-05[7]

Laju Pelindihan

Pengujian pelindihan dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat *soxhlet*. Proses pelindihan dilakukan dengan mengisi air bebas mineral dalam labu didih dan diisi blok polimer - resin. Pemanasan dilakukan pada suhu 100°C selama 24 jam. Laju pelindihan menurut *Japan Industrial Standart* (JIS) dirumuskan dengan persamaan 6 [6]:

$$L = \frac{W_o - W}{S.t} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana L = laju pelindihan (g cm²/hari), W_o = berat contoh sebelum dilindih (g), W = berat contoh sesudah dilindih (g), S = luas permukaan contoh (cm²/g), t = waktu pelindihan (hari)

Analisis Uranium dengan Spektrometer UV - VIS

Analisis uranium menggunakan pengkomplek arsenazo III 0,05 % pada pH 2 dan diukur dengan spektrometer pada panjang gelombang 650 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

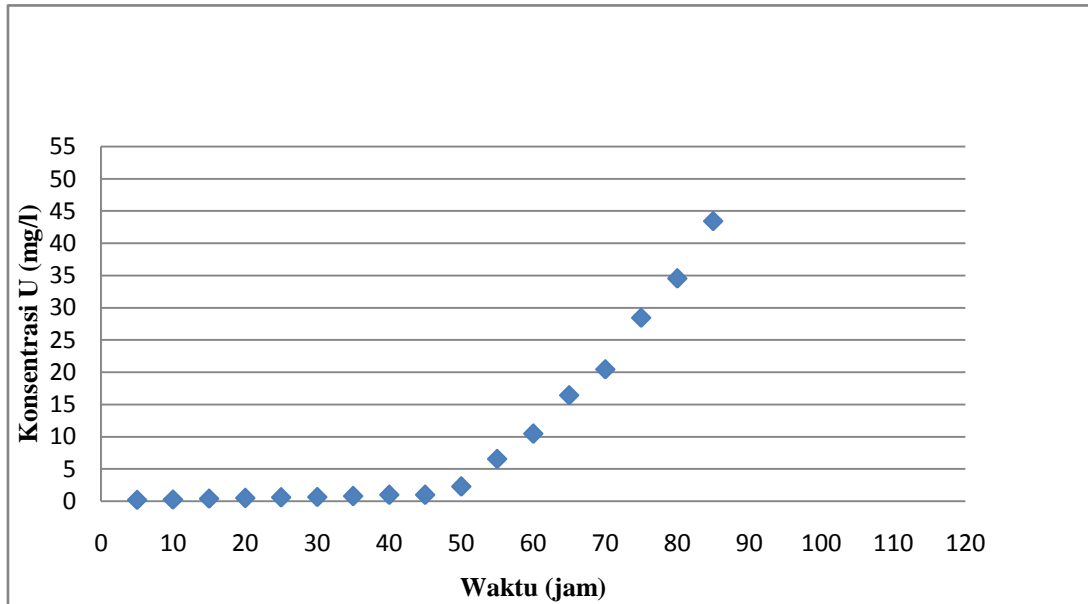
Kondisi optimum penyerapan uranium oleh resin dipengaruhi oleh komposisi umpan, pH, dan waktu kontak. Pada **Gambar 2** dapat dilihat bahwa, pada keadaan awal nuklida uranium yang melawati kolom resin terserap dengan baik. Hal ini terjadi karena adanya beda konsentrasi uranium dalam larutan dan resin, sehingga terjadi perpindahan uranium dari larutan ke resin sampai resin jenuh. Kondisi tersebut berlangsung sampai waktu operasi selama 45 jam.

Uranium yang terikat resin selama 45 jam adalah 66,190 mg.

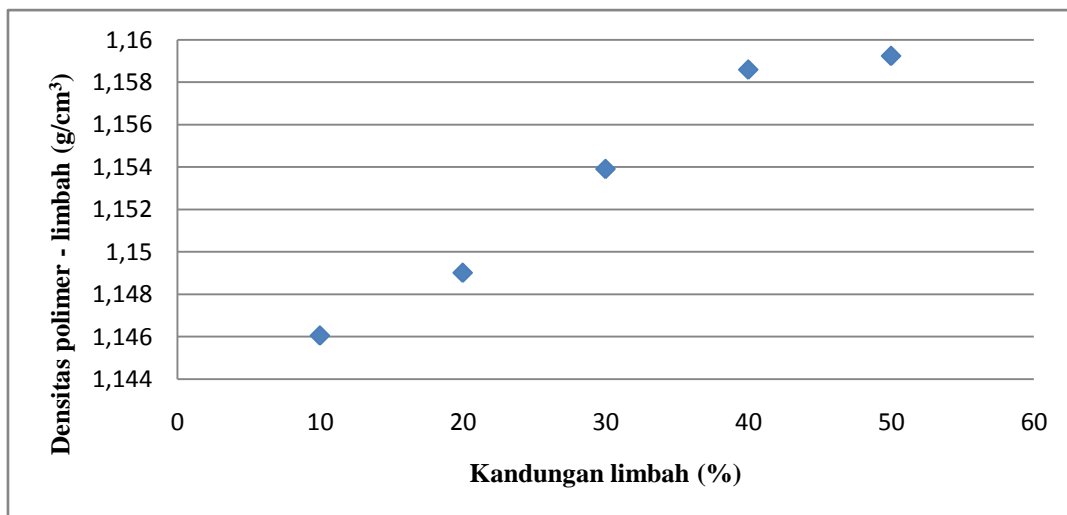
Densitas Polimer – Resin

Semakin besar kandungan polimer akan meningkatkan densitas karena massa jenis resin lebih besar dibanding dengan massa jenis

polimer. Peningkatan massa polimer – resin terjadi kerana banyaknya kandungan uranium dalam resin dari proses penjujukan dari pada unsur – unsur C dan H dalam polimer[8]. Hubungan antara kandungan limbah dengan densitas hasil imobilisasi polimer ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 2. Konsentrasi uranium yang keluar dari kolom penukar ion berisi resin anion amberlite IRA 400 - Cl

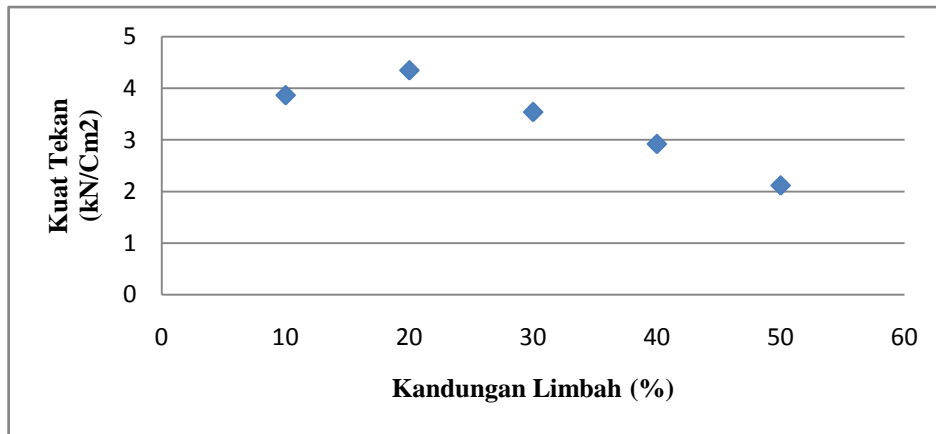


Gambar 3. Pengaruh kandungan limbah terhadap densitas polimer – resin

Kuat Tekan Polimer – Resin

Pada **Gambar 4** dapat dilihat bahwa kenaikan kuat tekan pada kandungan 20% merupakan komposisi yang baik hal ini disebabkan resin berperan sebagai pengisi dalam polimer sehingga dapat membentuk suatu bahan yang komposit [9]. Kuat tekan blok polimer

dengan kandungan 30 hingga 50% terus mengalami penurunan karena rantai polimer yang semakin pendek dan volume blok polimer – resin yang semakin besar maka tiap lapisan rantai polimer tidak cukup mengungkung limbah untuk memperkuat struktur, sehingga kekuatan tekanannya semakin menurun[10].

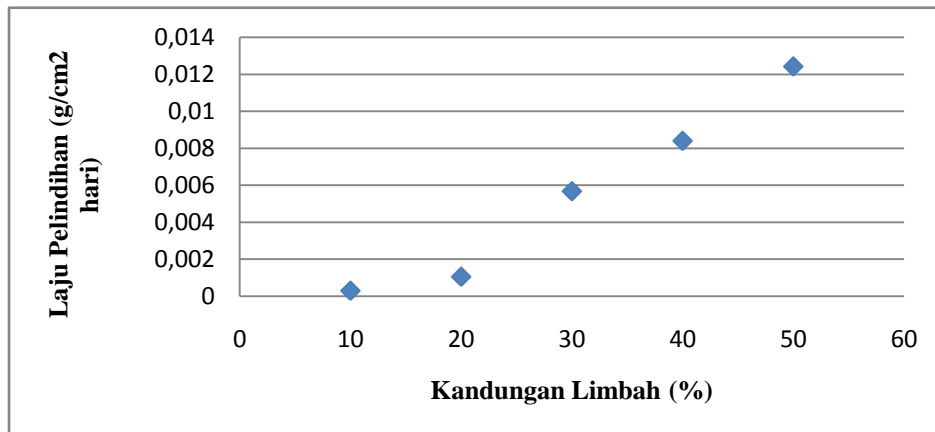


Gambar 4. Pengaruh kuat tekan hasil imobilisasi resin jenuh uranium menggunakan polimer dengan berbagai kandungan limbah

Laju Pelindihan Polimer –Resin

Dapat diketahui bahwa limbah yang terlindih terjadi setiap kandungan limbah. Pelindihan pada kandungan limbah 10 % sebesar $1,7 \times 10^{-4}$ g/cm².hari dan pelindihan terbesar terjadi pada kandungan limbah 50% sebesar $13,1 \times 10^{-3}$ g/cm².hari. Pelindihan uranium dari polimer resin terjadi karena difusi uranium dari dalam

polimer ke air pelindihan. Pada alat *soxhlet* pelindihan dilakukan pada 100⁰C, 1 atm. Laju pelindihan pada 100⁰C 1 atm sama dengan laju pelindihan pada suhu kamar selama satu tahun[11]. Pengaruh laju pelindihan polimer – resin dengan berbagai kandungan limbah dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Pengaruh laju pelindihan polimer – resin dengan berbagai kandungan limbah

KESIMPULAN

Pengolahan limbah uranium dengan pengkompleks Na₂SO₄ dapat diserap oleh resin anion amberlite IRA – 400 Cl menggunakan kolom dengan laju alir 30 ml/jam. Dimensi kolom resin yang digunakan adalah tinggi kolom 50 mm dan diameter kolom adalah 10 mm. Penyerapan optimal resin dalam kolom berlangsung sampai waktu operasi selama 45 jam. Imobilisasi resin bekas yang mengandung uranium jenuh dengan polimer didapatkan hasil

yang baik pada kandungan limbah 20%. Pada konsisi tersebut hasil imobilisasi polimer – resin dengan densitas sebesar 1,1490 g/cm³, kuat tekan 4,342kN/cm², dan laju pelindihan 0,0011 gram/cm².hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Herlan Martono yang telah membimbing penelitian ini dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

1. Dwi luhur ibnu saputra, Herlan Martono, “ Penyerapan Uranium Cair Dengan Pengkompleks Natrium Sulfat Menggunakan Resin Penukar Anion”, Prosiding Nasional XVIII, Kimia Dalam Pembangunan, Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia” ISSN 0854-4778, Tahun 2015
2. Wati, “Imobilisasi Limbah Cair Transuranium Simulasi Dari Instalasi Radiometarulgi dengan Polimer Poliester Tak Jenuh” Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, ISSN 1978-0176, Yoyakarta, 2009
3. Martono Herlan, Thamzil Las, Ajeng Sartika, “ Resin Poliester Tak Jenuh Untuk Imobilisasi Resin Bekas Pengolahan Simulasi Limbah Radioaktif Cair” Jurnal Kimia Valensi Vol.2 No.1, ISSN : 1978 – 8193, November 2010
4. Solgy Mostafa, *Adsorption Of Uranium (Vi) From Sulphate Solutions Using Amberlite IRA – 402 Resin*, Equilibrium, kinetic and thermodynamics study, Journal annals of nuclear energy, 2014
5. Aisyah, Herlan Martono, Wati, “*Pengolahan Limbah Uranium Menggunakan Alumino Siliko Fosfat*”, Jurnal Zeolit Indonesia Vol.7 No.2, ISSN : 1411-6723, Bandung, 2008
6. Martono Herlan, *Pengolahan Limbah Aktivitas Tinggi Dan Transuranium, Pendidikan Dan Pelatihan Pengolahan Limbah Radioaktif*, BATAN, Serpong, 2010
7. Yuli Purwanto, Aisyah, ”Imobilisasi Alumino Siliko Phospat Jenuh Uranium Menggunakan Polimer Epoksi”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX, ISSN 1410-6086, Serpong 2010
8. Aisyah, “Pengolahan Limbah Produksi Radioisotop Menggunakan Resin”. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, 2009
9. Wati, “Imobilisasi Limbah Cair Transuranium Simulasi Dari Instalasi Radiometarulgi dengan Polimer Poliester Tak Jenuh” Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, ISSN 1978-0176, Yoyakarta, 2009
10. Aisyah, “Pengolahan Limbah Produksi Radioisotop Menggunakan Resin”. Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, 2009
11. Martono Herlan, “*Degradasi Termal Epoksi Akrilat dan Poliester Stiren yang mengandung limbah transuranium simulasi*”, Prosiding pertemuan dan presentasi ilmiah PPNY – BATAN, Yogyakarta, 1996