

# PENGGUNAAN THORIUM NITRAT PENTAHIDRAT, URANIUM NITRAT HEXAHIDRAT, DAN URANIUM NITRICIUM DALAM PEMBUATAN LIMBAH SIMULASI

Dwi Luhur Ibnu Saputra

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

## ABSTRAK

**PENGGUNAAN THORIUM NITRAT PENTAHIDRAT, URANIUM NITRAT HEXAHIDRAT, DAN URANIUM NITRICIUM DALAM PEMBUATAN LIMBAH SIMULASI.** Bahan kimia yang bersifat radioaktif sering digunakan dalam penelitian sebagai limbah simulasi. Bahan kimia tersebut mempunyai potensi bahaya radiasi sehingga perlu kehati-hatian dalam penggunaan untuk keselamatan peneliti. Pengukuran laju dosis dan laju cacah terhadap bahan kimia tersebut dilakukan untuk mempekirakan radiasi yang akan diterima peneliti. Alat *radiation inspector* dapat digunakan untuk mengetahui dengan cepat laju dosis dan laju cacah radiasi suatu bahan kimia radioaktif. Telah dilakukan pengukuran laju dosis radiasi terhadap 3 jenis bahan kimia yang sering digunakan dalam penelitian guna membuat limbah simulasi yaitu *thorium nitrat pentahydrat*, *uranil nitrat hexahydrat*, dan *uranium nitricium*. Pengukuran laju dosis dan laju cacah dengan *radiation alert inspector* diukur pada jarak 2 cm terhadap bahan kimia tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa laju dosis dan laju cacah per gram bahan *thorium nitrat pentahydrat*, *uranil nitrat hexahydrat*, dan *uranium nitricium* masing – masing adalah 19,67; 83,9; 115,3  $\mu\text{Sv/h}$  dan 97; 539; 689 CPS. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut disimpulkan bahwa sebagai limbah simulasi yang mengandung *uranium* sebaiknya menggunakan *uranil nitrat hexahydrat* karna laju dosis dan laju cacah radiasinya lebih kecil dibanding dengan *uranium nitricium* dan limbah simulasi yang mengandung *thorium* dapat digunakan *thorium nitrat pentahydrat* karena bahan ini memiliki laju dosis dan laju cacah yang relatif rendah.

Kata kunci : *thorium nitrat pentahydrat*, *uranil nitrat hexahydrat*, *uranium nitricium*, laju dosis, laju cacah

## ABSTRACT

**USE OF THORIUM NITRATE PENTAHYDRATE, URANIUM NITRATE HEXAHYDRATE, AND URANIUM NITRICIUM FOR SIMULATED WASTE.** Radioactive chemicals are often used as simulated. Those chemicals have potential radiation hazard, so it is need circumspection in its use for researcher safety. Radiation exposure measurement need to determine which chemicals should be used in a research based on the radiation dose rate and count rate. A tool named radiation inspector can be used to quickly determine the radiation dose rate of a radioactive chemical. Has carried out measurements of radiation dose rate to 3 kinds of chemicals that are often used in research to create simulated waste is pentahydrat thorium nitrate, uranyl nitrate hexahydrat, and uranium nitricium. Measurement of dose rate and count rate using a radiation alert inspector has been conducted at a distance of 2 cm to radioactive chemicals. The measurement results showed dose rate and count rate per gram of thorium nitrate chemicals pentahydrat, uranyl nitrate hexahydrat, and uranium nitricium respectively is 19.67; 83.9; 115.3  $\mu\text{Sv/h}$  and 97; 539; 689 CPS. Based on the measurement results concluded that uranyl nitrate hexahydrat is better used as the simulated waste containing uranium because its radiation is smaller than uranium nitricium and thorium nitrate pentahydrat is better used in simulated waste containing thorium because its radiation is relatively small

Keyword : thorium nitrate pentahydrate, uranyl nitrate hexahydrate, uranium nitricium, dose rate, count rate

## PENDAHULUAN

Bahan kimia dilaboratorium kimia, Bidang Teknologi Pengolahan dan Penyimpanan Limbah, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN digunakan sebagai bahan penelitian dalam pengolahan limbah radioaktif. Bahan kimia tersebut dapat digunakan sebagai pereaksi, pelarut dan juga digunakan sebagai limbah

simulasi. Limbah radioaktif pada umumnya mengandung unsur radioaktif seperti *uranium, thorium, cesium, stronsium* dan *kobal*. Dalam penelitian, dengan mempertimbangkan aspek keselamatan sering digunakan limbah simulasi. Limbah simulasi dapat dibuat dari beberapa bahan kimia sesuai dengan komposisi yang mirip dengan kandungan limbah sebenarnya seperti *thorium nitrat pentahidrat, uranil nitrat hexahidrat, uranium nitricium, cesium nitrat hexahidrat, stronsium nitrat,* dan *kobal nitrat*. Bahan kimia *thorium nitrat pentahidrat, uranil nitrat hexahidrat,* dan *uranium nitricium* bersifat radioaktif seperti tertera pada label kemasan bahan kimia yang mencantumkan kata radioaktif dengan huruf kecil sedangkan pada kemasan *uranium nitricium* tidak dicantumkan kata radioaktif dan juga bahan kimia simulasi yang lain. Dari informasi label tersebut dapat diketahui bahwa bahan kimia tersebut mempunyai potensi bahaya radiasi dan kontaminasi pada penggunaan bahan kimia tersebut. Pada Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB) akan lebih jelas mengetahui informasi dari bahan kimia tersebut. Pengukuran laju dosis dan laju cacah pada bahan kimia yang mempunyai sifat radioaktif bertujuan untuk mengetahui berapa besar radiasi yang ditimbulkan dan dapat memilih bahaya radiasi yang paling kecil untuk digunakan. Seberapa besar radiasi yang dikeluarkan oleh bahan kimia *thorium nitrat pentahidrat, uranil nitrat hexahidrat,* dan *uranium nitricium* dilakukan pengukuran menggunakan alat *radiation inspector*. Pengukuran radiasi menggunakan *radiation inspector* hanya sebagai identifikasi awal potensi bahaya yang ditimbulkan dengan cara mengukur langsung laju dosis dan gross aktivitasnya dari bahan kimia tersebut.

### **Sumber radiasi**

Salah satu sumber radiasi latar belakang yang berasal dari alam adalah sumber radiasi terestial. Sumber radiasi tersebut secara alami dipancarkan oleh radionuklida didalam kerak bumi dan mempunyai waktu paro berorde milyar ( $10^9$ )[1]. Radionuklida ini ada sejak terbentuknya bumi atau dapat disebut juga dengan *Natural Occurring Radioactive Material (NORM)*. *Natural Occurring Radioactive Material (NORM)* adalah bahan yang berasal dari alam yang terkandung didalam tanah yang mengandung bahan radioaktif, yang secara langsung merupakan bagian dari kehidupan manusia. *Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (TENORM)* adalah bahan radioaktif yang berasal dari alam berupa batuan, tanah, mineral dan terkonsentrasi atau naik kandungan radioaktivitasnya sebagai akibat dari kegiatan industri. Tenorm dijumpai di pertambangan uranium, pabrik produksi pupuk fosfat, produksi minyak dan gas, produksi energi geotermal[2]. Uranium alam adalah campuran  $U^{238}$  (99,3%),  $U^{235}$  (0,7%) dan  $U^{234}$  (0,006%), semua uranium ini dalam bentuk radioaktif. Isotop uranium alam mempunyai waktu paro sangat panjang  $4,5 \times 10^9$  tahun untuk  $U^{238}$ , dan  $7,1 \times 10^8$  tahun untuk  $U^{235}$  dan  $2,5 \times 10^5$  tahun untuk  $U^{234}$ . Thorium – 232 yang mempunyai waktu paro  $1,39 \times 10^{10}$  tahun adalah unsur awal dari deret peluruhan yang berakhir pada  $Pb^{208}$ [3].

Radioaktivitas alam seperti  $U^{238}$ ,  $Th^{232}$ ,  $Ra^{226}$  dan  $K^{40}$  banyak terdapat di batuan fosfat dibandingkan dengan batuan lainnya[4]. Unsur *uranium* dan *thorium* juga terdapat pada kandungan pasir monasit yang berasal dari penambangan mineral[5]. Pembuatan bahan kimia berupa *uranium nitricium, uranil nitrat hexahidrat, thorium nitrat pentahidrat* berasal dari alam yang telah dilakukan proses

pengambilan *uranium* dan *thorium* atau bisa juga merupakan bagian dari pengolahan bijih fosfat yang dikombinasikan dengan unsur atau senyawa lainnya seperti nitrat. Konsentrasi uranium dalam bijih fosfat adalah antara 20 - 300 mg/l (0,26 sampai dengan 3,7 Bq/gr), sedangkan kandungan torium berada pada level background yaitu sekitar 1- 5 mg/l (3,7 sampai dengan 22,2 mBq/gr).[2]

### Potensi Bahaya Bahan Kimia Yang Bersifat Radioaktif

Dalam pewadahan suatu bahan kimia diperlukan informasi tentang bahan kimia tersebut seperti nama molekul, rumus molekul, kemurniannya dan simbol bahaya yang ditimbulkannya. Setiap bahan kimia mempunyai lembar informasi tentang bahan tersebut. Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB) atau Lembar data bahaya (Hazard Data Sheets/HDSs) terkadang disebut Material Safety Data Sheets (MSDSs) atau Chemical Safety Data Sheet (CSDSs) adalah lembar informasi yang detail tentang bahan-bahan kimia. Pada bahan kimia *uranium nitricium*, *uranil nitrat hexahidrat*, dan *thorium nitrat pentahidrat* dapat dilihat LDKB secara umum yang terdapat 16 BAB informasi tentang bahan tersebut. Pada BAB ke - 2 terdapat komposisi yang detail tetapi biasanya tidak akan ditulis dalam dokumen LDKB mengingat hal ini merupakan rahasia perusahaan bagi produsen, akan tetapi bahan yang secara umum digunakan harus dicantumkan. Pada identifikasi bahaya Lembar Data Keselamatan Bahan tersebut hanya *uranium nitricium* ( $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yang mencantumkan identifikasi bahaya radioaktif sedangkan di bahan kimia yang lain tidak terdapat bahaya radioaktif. Informasi tentang bahan radioaktif dari bahan kimia *uranil nitrat hexahidrat*, dan *thorium nitrat pentahidrat* memberi tidak di identifikasi bahaya tetapi terdapat pada keterangan yang lain. Pada **Gambar 1** dapat dilihat identifikasi bahan kimia radioaktif dari Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB).

Pemasangan label dan tanda dengan memakai lambang atau tulisan peringatan pada wadah/packingsnya atau tempat penyimpanan untuk bahan berbahaya adalah tindakan pencegahan yang penting. Pengguna bahan kimia atau seorang pekerja dilaboratorium dapat mengetahui secara pasti bahaya yang akan ditimbulkan dari bahan kimia tersebut dan juga orang yang bekerja pada proses produksi atau pengangkutan biasanya belum mengetahui sifat bahaya dari bahan kimia dalam wadah/packingsnya. Simbol bahaya pada bahan kimia *uranium nitricium*, *uranil nitrat hexahidrat*, dan *thorium nitrat pentahidrat* tidak dicantumkan simbol radiasi pada kemasannya hanya bahaya lain seperti simbol bahaya, oksidator, dan beracun yang di informasikan. Informasi radioaktif hanya tertulis kecil pada kemasan bahannya. Pada **Gambar 2** dapat dilihat bahan kimia radioaktif dari *uranium nitricium*, *uranil nitrat hexahidrat*, dan *thorium nitrat pentahidra*.

Thorium nitrate		Page Number: 3
<b>Section 6. Accidental Release Measures</b>		
Small Spill	Use appropriate tools to put the spilled solid in a convenient waste disposal container.	
Large Spill	<b>Radioactive material.</b> Oxidizing material. Stop leak if without risk. Do not attempt recovery actions unless for rescue purposes. Do not touch damaged container or spilled material. Do not clean-up or dispose except under supervision of a specialist. Avoid contact with a combustible material (wood, paper, oil, clothing...). Keep substance damp using water spray. Do not touch spilled material. Prevent entry into sewers, basements or confined areas; dike if needed. Call for assistance on disposal.	

(a). LDKB Thorium Nitrat Pentahidrat

Section 5: Fire and Explosion Data	
<b>Flammability of the Product:</b>	Non-flammable.
<b>Auto-Ignition Temperature:</b>	Not applicable.
<b>Flash Points:</b>	Not applicable.
<b>Flammable Limits:</b>	Not applicable.
<b>Products of Combustion:</b>	Hazardous decomposition products include UO <sub>2</sub> , UO <sub>3</sub> , U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , NO <sub>x</sub> (thermal, alpha, beta, gamma radiation, uranium daughters (decay)).
<b>Fire Hazards in Presence of Various Substances:</b>	shocks
<b>Explosion Hazards in Presence of Various Substances:</b>	Risks of explosion of the product in presence of static discharge: Not available. Explosive in presence of shocks, of heat.
<b>Fire Fighting Media and Instructions:</b>	Not applicable.
<b>Special Remarks on Fire Hazards:</b>	Not available.
<b>Special Remarks on Explosion Hazards:</b>	This material is an oxidizer. It may enhance combustion of other materials. It may detonate is subjected to pressure of friction or shock. Ether solutions in sunlight may explode.

(b). LDKB Uranil Nitrat Hexahidrat

Section 2: Composition / Information on Ingredients						
Principle Hazardous Component(s) (chemical and common name(s)) (Cas. No)	%	OSHA PEL mg/m3	ACGIH TLV mg/m3	NTP	IARC	OSHA regulated
*Uranyl Acetate, Dihydrate (6159-44-0)	99.9-100	0.05 (U)	NIF	NIF	NIF	NIF
<b>*Made from Depleted Uranium</b>						

(c). LDKB uranium nitricium

Gambar 1. Identifikasi potensi bahaya pada bahan kimia radioaktif pada Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB)[6][7][8]



(a).  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (b).  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (c).  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 Gambar 2. Bahan kimia radioaktif yang tidak menginformasikan simbol radioaktif

Bahan kimia yang mengandung *uranium* dan *thorium* mengalami peluruhan radioaktif dengan memancarkan partikel alpha yang disertai dengan radiasi beta dan gamma yang lemah[9]. Potensi bahaya dapat diterima pekerja pada saat pengambilan dan penimbangan bahan kimia tersebut. Bahan kimia radioaktif memiliki potensi bahaya eksterna dan interna berupa radiasi alpha dan beta/gamma. Pada saat pengambilan dan penimbangan bahan tidak terjadi potensi bahaya eksterna karena *uranium* dan *thorium* memiliki radiasi alpha dan beta/gamma yang lemah dan juga jarak tubuh dan bahan kimia tidak terlalu dekat dan waktu penimbangan tidak terlalu lama. Peluang timbulnya bahaya interna dapat terjadi karena kontaminan dapat masuk melalui inhalasi, ingesti, dan penyerapan melalui kulit. Penggunaan Alat Pelindung Diri sangat diperlukan untuk menghindari terjadinya peluang bahaya interna. Efek dari kontaminasi uranium didalam tubuh dapat merusak organ kritisnya seperti paru – paru dan kontaminasi thorium mempunyai efek biologik pada paru – paru, hati, tulang dan ginjal[10]

### **Radiation inspector surveymeter**

*Radiation inspector* merupakan alat untuk mengukur radiasi alpha, beta, gama, dan sinar-X yang bersifat portable. Alat ini dapat mengukur aktivitas gross alpha, beta dan juga dapat mengukur laju dosis. *Radiation inspector* menggunakan detektor *Geiger Muler* (GM) untuk pengukuran aktivitas kontaminasinya sedangkan laju dosisnya menggunakan detektor isian gas *Geiger Muler* (GM). Pada bagian belakang alat terdapat window untuk mengukur radiasi yang masuk, diameter efektif window tersebut adalah 45 mm (1,77 inch)[11]. Pada detector alat ini jumlah ion yang dihasilkan sangat banyak, mencapai nilai saturasinya, sehingga pulsanya relatif tinggi sehingga tidak diperlukan penguat pulsa lagi. Kerugian utama dari detektor ini adalah tidak dapat membedakan membedakan energi radiasi yang memasukinya, karena berapapun energinya jumlah ion yang dihasilkan sama dengan nilai saturasinya. Detektor ini merupakan detektor yang paling banyak digunakan karena dari elektronik sangat sederhana dan tidak perlu rangkaian penguat[1]

### **METODOLOGI**

Bahan kimia berupa *uranium nitricium*, *uranil nitrat hexahydrat* dan *thorium nitrat pentahidrat* di timbang masing – masing sebanyak 1 gram. Bahan kimia tersebut diukur laju dosis dan aktivitas gross dengan menggunakan alat *radiation inspector* dengan faktor kalibrasi 1,01  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  untuk laju dosis dan faktor kalibrasi  $0,089 \left( \frac{\text{Bq}/\text{Cm}^2}{\text{CPS}} \right)$ . Untuk menentukan laju dosis dan laju cacah ketiga bahan kimia tersebut diukur pada permukaan kontak dengan jarak 2 cm. Pada pengukuran radioaktivitas pada bahan kimia *thorium nitrat pentahidrat*, *uranil nitrat hexahydrat*, dan *uranium nitricium* dilakukan dengan menentukan laju cacah yang dinyatakan dalam cacah per detik (CPS) dan aktivitasnya dinyatakan dalam satuan bekqualer (Bq). Pada alat *radiation inspector* aktivitas yang dihasilkan dalam satuan aktivitas per luas area ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ), sedangkan aktivitas yang seharusnya digunakan adalah  $\text{Bq}/\text{gr}$  dengan menggunakan spektrometri  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Pengukuran radioaktivitas dapat dilakukan dengan menentukan aktivitas gross dari radiasi  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Aktivitas per luas area ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) merupakan satuan kontaminasi pada permukaan sehingga penggunaan data pada pengukuran ini menggunakan cacah per detik (CPS). Laju

cacah yang dihasilkan bukan merupakan aktivitas langsung tetapi aktivitas dapat dipengaruhi oleh laju cacah[12].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penimbangan bahan kimia radioaktif, pekerja mempunyai potensi bahaya radiasi eksterna pada laju dosis dengan jarak 2 cm dan bahaya interna pada laju cacah dari masing – masing bahan kimia tersebut. Laju dosis dan laju cacah dalam bahan kimia radioaktif tersebut per 1 gramnya dapat dilihat pada **Tabel 1**. Luas area sampel yang terukur oleh window *radiation inspector* dapat diukur secara efektif karena luas area sampel yang diukur lebih kecil dibanding luas area window pada alat, luas area window yaitu 70,65 mm<sup>2</sup>.

**Tabel 1.** Besaran Laju Dosis dan Laju Dosis Bahan Kimia per 1 gram

No	Nama Bahan Kimia	Paparan		Aktivitas		
		Latar (μSv/h)	Laju Dosis (μSv/h)	Latar (CPS)	Laju cacah (CPS)	Aktivitas kontaminasi (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	<i>thorium nitrat pentahidrat</i> Th(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,16	19,67	0	97	8,633
2	<i>uranium nitrat hexahidrat</i> UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,16	83,9	0	539	47,971
3	<i>uranium nitricium</i> (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,16	115,3	0	689	61,321

Sebagai contoh pada pembuatan limbah simulasi dilakukan dengan pembuatan larutan induk dan larutan kerja. Larutan induk yang dibuat dimaksudkan untuk mengurangi faktor kesalahan sekecil mungkin dalam penimbangan. Pada pembuatan larutan induk sebesar 1000 mg/l dan larutan kerja sesuai kebutuhan. Dalam pembuatan larutan induk 1000 mg/l diperlukan penimbangan *uranium nitricium* sebesar 1,7 gram, *uranil nitrat hexahidrat* sebesar 2,1 gram dan *thorium nitrat pentahidrat* sebesar 2,5 gram. Besaran laju dosis dan laju cacah bahan kimia radioaktif dalam pembuatan larutan induk dihitung dari jumlah bahan kimia yang dibutuhkan dikalikan dengan hasil pengukuran per gramnya. Hasil perhitungan laju dosis dan laju cacah dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Besaran Laju Dosis dan Laju Cacah Bahan Kimia dalam pembuatan larutan induk

No	Nama Bahan Kimia	Paparan		Aktivitas		
		Latar (μSv/h)	Laju Dosis (μSv/h)	Latar (CPS)	Laju cacah (CPS)	Aktivitas kontaminasi (Bq/cm <sup>2</sup> )
1	<i>thorium nitrat pentahidrat</i> Th(NO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,16	49,175	0	165	14,676

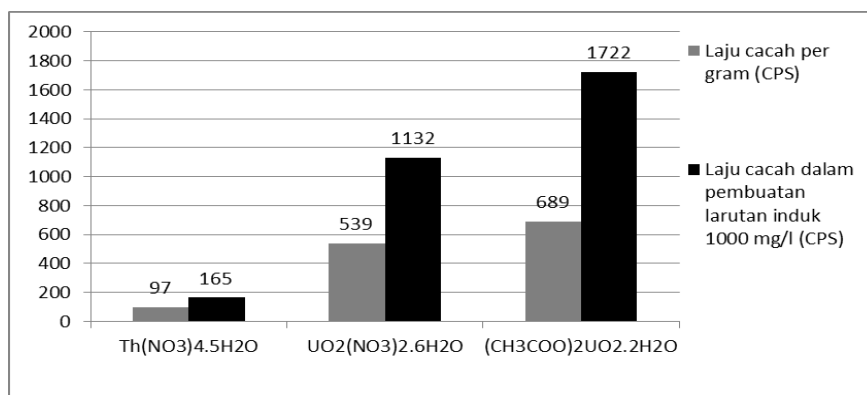
**Tabel 2.** Besaran Laju Dosis dan Laju Cacah Bahan Kimia dalam pembuatan larutan induk (lanjutan)

	<i>uranium nitrat</i>					
2	<i>hexahidrat</i> UO <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,16	176,2	0	1132	100,748
3	<i>uranium nitricium</i> (CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> UO <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,16	196	0	1722	153,303

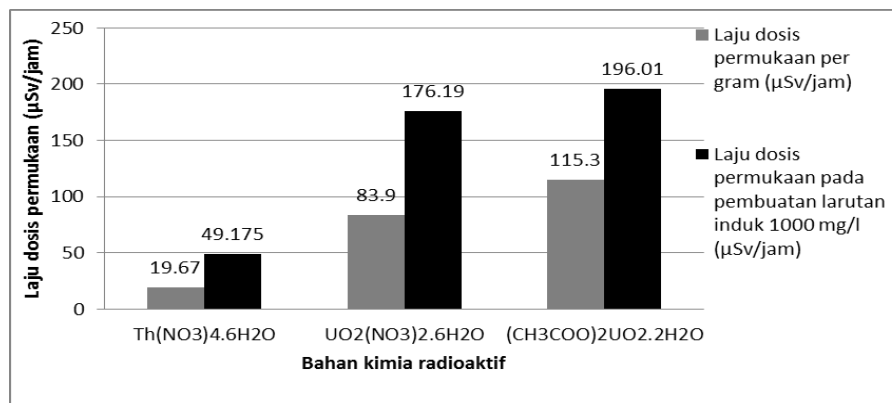
Laju cacah per gram dan dalam pembuatan larutan induk yang paling tinggi adalah *uranium nitricium*, besarnya laju cacah tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3**. Laju dosis pada jarak 2 cm pada permukaan per gram dan dalam pembuatan larutan induk yang paling tinggi adalah *uranium nitricium*, besarnya laju dosis tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4**. *Uranium nitricium* mempunyai nama lain yaitu *uranium acetat* karena dari rumus molekulnya terdapat senyawa acetat. Laju dosis dan laju cacah pada *uranium nitricium* memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan *uranil nitrat hexahidrat* karena kandungan U<sup>235</sup> dari hasil *depleted uranium*[8] yang dibuat lebih banyak. Laju dosis dan laju cacah dipengaruhi juga oleh komposisi berat senyawa nitrat hexahidrat dan acetat. *Depleted uranium* memiliki konsentrasi U<sup>235</sup> lebih rendah dibanding konsentrasi U<sup>235</sup> di alam. Material ini sering digunakan untuk pembuatan senjata yang tidak menggunakan reaksi nuklir[13].

Bahan kimia *uranium* dan *thorium* mengalami peluruhan radioaktif dengan memancarkan partikel alpha yang disertai dengan radiasi beta dan gamma yang lemah. Pengukuran aktivitas alpha yang mengandung *uranium* dan *thorium* menggunakan alat analisis *spektrometer alpha* dan aktivitas beta/gamma menggunakan *spektrometer beta/gamma*. Pengukuran radiasi menggunakan alat *radiation inspector* dapat digunakan untuk mengidentifikasi bahaya radioaktif dengan cepat pada saat mempreparasi atau menimbang bahan kimia.

Larutan sisa yang mengandung *uranium* dan *thorium* tersebut harus disimpan dan dikelompokkan dalam wadah penyimpanan agar larutan tersebut dapat terpantau.



**Gambar 3.** Grafik laju cacah pada bahan kimia radioaktif dalam 1 gram dan dalam pembuatan larutan induk 1000 mg/l



**Gambar 4.** Grafik Laju dosis kontak permukaan pada bahan kimia radioaktif dalam 1 gram dan dalam pembuatan larutan induk 1.000 mg/l

### KESIMPULAN

Dalam penelitian yang menggunakan limbah simulasi yang mengandung uranium lebih baik menggunakan bahan kimia *uranium nitrat hexahidrat* karena laju dosis dan laju cacah relatif rendah yaitu 83,9 µSv/Jam dan 539 CPS dibanding *uranium nitricium* yaitu 115,3 µSv/Jam dan 689 CPS. Limbah simulasi yang mengandung *thorium* dapat menggunakan bahan kimia *thorium nitrat pentahidrat* karena laju dosis dan laju cacah relatif rendah yaitu 19,67 µSv/Jam dan 97 CPS dibandingkan dengan *uranium nitrat hexahidrat*. Potensi bahaya dari bahan kimia radioaktif masih sangat jauh dari batasan yang telah ditentukan sedangkan untuk potensi bahaya yang ditimbulkan dari bahaya internal dapat dihindari dengan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

### UCAPAN TERIMAKASIH

terimakasih pada rekan – rekan staf Bidang Keselamatan Kerja dan Operasi - BATAN yang telah meminjamkan alat *radiation inspector* untuk mengukur radiasi bahan kimia *thorium nitrat pentahidrat*, *uranil nitrat hexahidrat*, dan *uranium nitricium*

### DAFTAR PUSTAKA

1. BAHAN DIKLAT, “Pelatihan Proteksi Radiasi Bagi Pegawai Baru, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional”, Jakarta (2009)
2. DJAROT SULISTIO WISNUBROTO., “Studi NORM dan TENORM dari Kegiatan Industri Non Nuklir”, Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah' Volume 6 No. 2 ISSN:1410-9565, Serpong (2003)
3. ROSIDI,SUKIRNO., “Analisis uranium dan thorium dalam sedimen laut dan sungai disekitar calon tapak PLTN lemahabang”, GENENDRA , Vol.VII.No 1. ISSN 1410-6957
4. ANNALIAH, I, SURTIPANTI, S.BUNAWAS, MINARNI, A., “Pengukuran Kadar Radioaktivitas Alam dari Deposit Fosfat Alam dan Hasil Pengolahannya”, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir BATAN, Jakarta (1994)
5. HAFNI LN, FAISAL R,SUGENG W., “Pengolahan Monasit dari Limbah Penambangan Timah: Pemisahan Logam Tanah Jarang (RE) dari U dan Th”,



- Prosiding presentasi ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir V P2TBDU dan P2BGN-BATAN, ISSN 1410-1998, Jakarta 22 Februari Tahun (2000)
6. ANONIM, Material Safety Data Sheets, Spectrum no code T9430, [www.spectrumchemical.com/MSDS/T3490.PDF](http://www.spectrumchemical.com/MSDS/T3490.PDF), diakses tanggal 12 April (2016)
  7. ANONIM, Material Safety Data Sheets uranyl nitrat hexahydrate, chemical and laboratory equipment, <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927032>, diakses tanggal 12 April (2016)
  8. ANONIM, Material Safety Data Sheets, product No 19481 uranyl acetate, microscopy product for science and industry, TED PELLA, INC, diakses tanggal 12 April (2016).
  9. ELIN NURAINI, SUNARDI, BAMBANG IRIANTO., “ Analisis Radioaktivitas Gross  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  dan Identifikasi radionuklida Pemancar  $\gamma$  dari Air dan Sedimen Sungai Code Yogyakarta, Prosiding PPI-PDIPTN Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN, ISSN 0216-3128, Yogyakarta (2007)
  10. MUKH SYAIFUDIN, IIN KURNIA, dkk, “Norm dan Resiko Kontaminasi Interna”, Prosiding Seminar Aspek Keselamatan Radiasi dan Lingkungan pada Industri Non-Nuklir, Jakarta, Maret (2003)
  11. ANONIM, <http://uttc-usa.com/product/se-international-inspector-usb-digital-radiation-detector>, diakses tanggal 28 April (2016)
  12. VON HIPPEL, FETTER, WESTBERG., “Depleted Uranium Weapons and Acute Post-War Health Effects”, An IPPNW Assessment Medicine & Global Survival, Vol. 7, No. 1, April (2001)
  13. INDRI SETIANI, MOHAMAD MUNIR, K.SOFJAN FIRDAUSI, BUNAWAS. , “Penentuan konsentrasi aktivitas uranium dari industry fosfat menggunakan detector ZnS(Ag)”, Berkala Fisika. Vol.9, No2, April (2006)