

## REFERENCES

1. Umar, E.. Prediction of mass flow rate and pressure drop in the coolant channel of the TRIGA 2000 reactor core, *Atom Indonesia*, (27)(2001) 67-84.
2. Umar, E., Kamajaya, K., Loss of flow analysis for the upgrading of the TRIGA 2000 research reactor, Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, Bali, December, 2003.
3. ANONYMOUS, "SAR for Upgrade of TRIGA Mark II Reactor", General Atomic, 1996.
4. ANONYMOUS, "Code on the Steady of Nuclear Research Reactors: Design", Safety Series 35-S1, IAEA, Vienna, 1992.
5. ANONYMOUS, "STAT-A Fortran Program for Calculating the Natural Convection Heat Transfer – Fluid Flow in an Array of Heated Cylinders", General Atomic, 1989.

## FLUKTUASI KONSENTRASI TRITIUM DALAM AIR TANGKI REAKTOR TRIGA 2000 PASCA PENINGKATAN DAYA

Putu Sukmabuana

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir-BATAN

### ABSTRAK

**FLUKTUASI KONSENTRASI TRITIUM DALAM AIR TANGKI REAKTOR TRIGA 2000 PASCA PENINGKATAN DAYA.** Konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor Triga 2000 Bandung telah ditentukan dalam kaitannya dengan pemantauan radioaktivitas lingkungan untuk tujuan keselamatan pekerja dan lingkungan. Air tangki diambil dari reaktor pada saat reaktor beroperasi dan pada saat tidak beroperasi. Sampel air tangki didistilasi secara sempurna, kemudian distilat sebanyak 2 mL ditambah dengan 13 mL larutan sintilasi dan diukur konsentrasi tritiumnya dengan *liquid scintillation counter* (LSC). Dari hasil pemantauan diketahui konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor berkisar antara  $1,37 \times 10^4$  hingga  $1,62 \times 10^4$  Bq/L pada saat tidak beroperasi, dan antara  $1,45 \times 10^4$  hingga  $1,65 \times 10^4$  Bq/L pada saat reaktor beroperasi. Mengacu pada SK No. 02/Ka-BAPETEN/V-99 tentang "Baku Mutu Tingkat Radioaktivitas di Lingkungan", bahwa ambang batas tritium di air lingkungan adalah  $1 \times 10^5$  Bq/L, maka konsentrasi tritium di air tangki masih di bawah ambang batas. Namun demikian apabila dibandingkan dengan data September 2003 sebesar  $1,22 \times 10^4$  Bq/L, konsentrasi tritium dalam air tangki cenderung meningkat.

Kata kunci : tritium, HTO, reaktor, air tangki reaktor

### ABSTRACT

**THE FLUCTUATION OF TRITIUM CONCENTRATION ON TRIGA 2000 REACTOR TANK WATER AFTER POWER UPGRADE.** The concentration of tritium on Triga 2000 reactor tank water had been determined, considering to the monitoring of environmental radioactivity for worker and environmental safety. The tank water were sampled during the reactor operation and during the reactor was shut down. The sampel were distilled completely, then the distillate of 2 mL was added with 13 mL scintillator and the tritium concentration was measured using liquid scintillation counter (LSC). From the observation it was found that tritium concentrations on reactor tank water were varied from  $1,37 \times 10^4$  to  $1,62 \times 10^4$  Bq/L during the reactor was shut down and from  $1,45 \times 10^4$  to  $1,65 \times 10^4$  Bq/L during operation. Referring to the SK No. 02/Ka-BAPETEN/V-99 about Environmental Radioactivity Level, the tritium concentration on reactor tank water is under the limit of tritium concentration on environmental water, i.e.  $1 \times 10^5$  Bq/L.

However, the results of tritium concentration measurement indicate the trend of tritium concentration increase according to time. It can be seen by comparing the data of tritium concentration on reactor tank water sampled on September 2003, i.e.  $1,22 \times 10^4$  Bq/L.

**Key words :** tritium, HTO, reactor, reactor tank water

## PENDAHULUAN

Pengoperasian reaktor nuklir biasanya akan menghasilkan produk samping berupa bahan radioaktif yang berbentuk padatan dan gas. Produk samping padatan, misalnya elemen bakar bekas akan dikirim ke instalasi pendaur ulang atau instalasi penyimpanan limbah radioaktif. Produk samping gas, sering sulit dikendalikan sehingga berpeluang lepas ke udara.

Pada pengoperasian instalasi nuklir peluang terlepasnya bahan radioaktif ke lingkungan perlu mendapat perhatian khusus baik sejak tahap perencanaan, perancangan hingga tahap pengoperasian, sehingga baik keselamatan pekerja radiasi maupun lingkungan di sekitar tapak instalasi nuklir dapat terjamin. Radionuklida yang mempunyai potensi besar terlepas ke lingkungan pada saat reaktor beroperasi normal adalah Tritium ( $^3\text{H}$ ), Krypton ( $^{85}\text{Kr}$ ), Xenon ( $^{133}\text{Xe}$ ), Yodium ( $^{131}\text{I}$ ) dan Carbon ( $^{14}\text{C}$ ) [1], sedangkan radionuklida hasil fisi yang mungkin terlepas ke lingkungan pada saat terjadi kecelakaan reaktor adalah Cesium ( $^{137}\text{Cs}$ ), dan Stronsium ( $^{90}\text{Sr}$ ) [1].

Secara kimia, tritium adalah atom sederhana yang tersusun dari dua neutron dan satu proton. Dengan struktur inti atom yang demikian maka atom tritium bersifat radioaktif. Tritium memancarkan partikel  $\beta$  dengan energi maksimum 18 KeV, energi rata-rata 5,7 KeV dan waktu paruh 12,3 tahun. Karena energi tritium relatif rendah maka daya tembusnya pun rendah. Walaupun demikian keberadaan tritium di lingkungan tidak bisa diabaikan.

Tritium dapat berada di lingkungan secara alamiah sebagai akibat interaksi antara sinar kosmis dengan partikel-partikel yang ada di atmosfer (kosmogenik).

Disamping itu tritium juga dapat berada di lingkungan akibat kegiatan manusia, misalnya percobaan senjata nuklir, operasi reaktor nuklir dalam keadaan normal maupun saat terjadi kecelakaan. Pada pengoperasian reaktor nuklir, tritium terbentuk karena proses aktivasi atom Li, B, dan deuterium yang ada dalam air tangki melalui reaksi berikut  $^6\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$ ;  $^7\text{Li}(n,\alpha)^3\text{H}$ ;  $^{10}\text{B}(n,2\alpha)^3\text{H}$ ;  $^2\text{H}(n,\gamma)^3\text{H}$  [2]. Tritium hasil aktivasi berada dalam bentuk molekul air dan biasa disebut dengan HTO. Molekul HTO dapat terlepas ke udara melalui proses penguapan bersama molekul air biasa, kemudian tritium (HTO) akan berada di udara ruang reaktor dan akhirnya ke luar melalui cerobong ke lingkungan.

Tritium yang lepas ke lingkungan akan mengikuti siklus air di lingkungan, yaitu terdeposisi ke permukaan tanah atau sistem perairan, selanjutnya masuk ke biota (tanaman, hewan) dan manusia. Karena mempunyai sifat yang sama dengan hidrogen, maka bila masuk ke dalam tubuh manusia tritium akan menyebar ke seluruh jaringan tubuh dan dapat terikat dengan baik pada jaringan tubuh yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan DNA [3]. Partikel  $\beta$  identik dengan elektron, yaitu bermuatan negatif. Oleh karena itu, tritium di dalam jaringan tubuh manusia dapat mengubah molekul sel tubuh manusia menjadi bermuatan atau menjadi ion. Padahal tubuh manusia sebagian besar terdiri dari molekul air, sehingga apabila terkena radiasi bermuatan akan mengakibatkan terbentuknya ion dan radikal bebas yang dapat menyebabkan rusaknya molekul penyusun sel.

Mengingat risiko bahaya yang dapat ditimbulkan oleh tritium, maka keberadaan tritium di lingkungan perlu dipantau secara intensif. Pemantauan konsentrasi tritium di lingkungan dapat dilakukan dengan cara mengambil sampel udara, air, tanah, dan biota, kemudian dengan berbagai teknik preparasi sampel diukur aktivitasnya. Di Indonesia terlepasnya tritium dari pengoperasian reaktor nuklir masih kurang mendapat perhatian yang memadai. Hal itu mungkin disebabkan oleh karena energi yang dipancarkan relatif rendah dan toksisitasnya yang tidak terlihat dalam jangka waktu pendek.

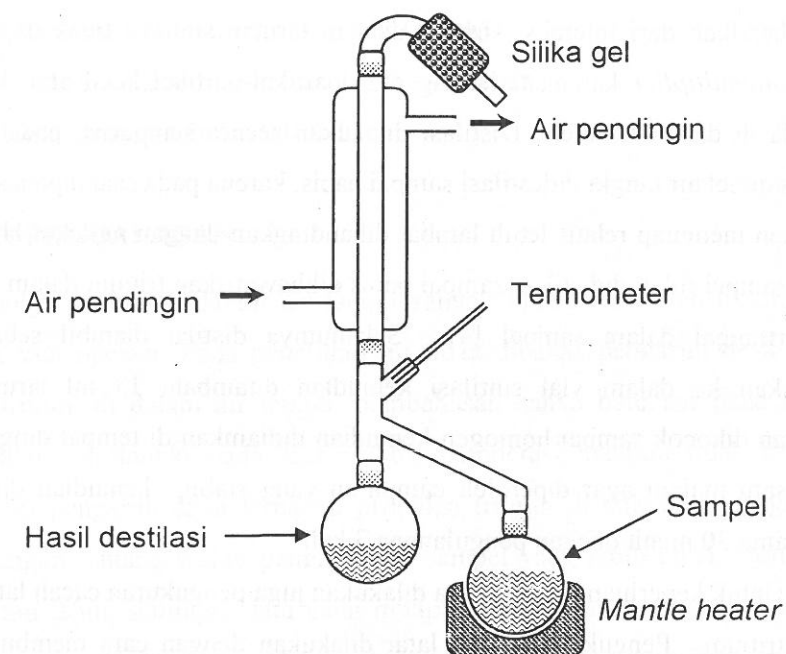
Pada penelitian ini dilakukan pemantauan konsentrasi tritium di dalam air tangki reaktor TRIGA 2000 pada saat reaktor beroperasi dan pada saat tidak beroperasi, sehingga dapat diketahui fluktuasi konsentrasi tritium dalam air tangki yang pada akhirnya dapat digunakan untuk mengkaji konsentrasi tritium di lingkungan.

## TATAKERJA

### Bahan dan alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sampel air tangki reaktor Triga 2000 yang diambil secara berkesinambungan selama lebih kurang satu bulan pada saat reaktor dioperasikan dan saat tidak dioperasikan. Untuk preparasi dan pengukuran sampel diperlukan gel silika yang digunakan sebagai penyerap uap air dari udara lingkungan agar tidak masuk ke dalam sistem distilasi, akuades untuk pengukuran cacah latar alat LSC, HTO dengan aktivitas 41,36 Bq untuk standar pada pengukuran dengan LSC, dan sintilator Ultima Gold buatan Packard.

Peralatan yang digunakan adalah perangkat alat distilasi yang dilengkapi dengan termometer (Gambar 1), vial sintilasi yang terbuat dari gelas dengan kapasitas 20 mL, dan alat *liquid scintillation counter* (LSC).



Gambar 1. Perangkat alat distilasi [4].

### Pengukuran Konsentrasi Tritium di Air Tangki Reaktor

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 18 kali, mulai dari tanggal 25 Juni hingga 23 Juli 2004, baik pada kondisi reaktor operasi dengan daya 1500 KW maupun tidak operasi. Sampel air tangki sebanyak lebih kurang 100 ml diambil dari dalam tangki reaktor menggunakan gayung kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik dan ditutup rapat. Sampel dibawa ke laboratorium, kemudian dimasukkan ke dalam labu distilasi berkapasitas 100 ml. Sampel air tangki reaktor didistilasi untuk menghilangkan pengotor yang ada di dalam air, sehingga diperoleh air murni yang terdiri dari H<sub>2</sub>O dan HTO. Bila tanpa didistilasi, maka pengotor yang berasal dari debu atau partikulat udara yang masuk ke dalam air tangki akan mengakibatkan ketidakakuratan pengukuran dengan LSC, karena terjadi efek *quenching*. Efek

*quenching* pada pengukuran sinar  $\beta$  menggunakan LSC dapat muncul apabila foton yang dihasilkan dari interaksi sinar  $\beta$  dengan larutan sintilasi tidak dapat ditangkap oleh *photomultiplier* karena terhalang oleh partikel-partikel kecil atau koloid-koloid yang ada di dalam sampel. Distilasi dilakukan secara sempurna, pada suhu  $80^\circ\text{C}$ , artinya sampel air tangki didestilasi sampai habis, karena pada saat dipanaskan molekul HTO akan menguap relatif lebih lambat dibandingkan dengan molekul  $\text{H}_2\text{O}$ , sehingga apabila sampel tidak didistilasi sampai habis dikhawatirkan tritium dalam bentuk HTO akan tertinggal dalam sampel [4]. Selanjutnya distilat diambil sebanyak 2 ml dimasukkan ke dalam vial sintilasi kemudian ditambahi 13 ml larutan sintilasi. Campuran dikocok sampai homogen kemudian didiamkan di tempat dingin dan gelap selama satu malam agar diperoleh campuran yang stabil, kemudian diukur dengan LSC selama 30 menit dengan pengulangan 3 kali.

Untuk keperluan analisis data dilakukan juga pengukuran cacah latar dan cacah standar tritium. Pengukuran cacah latar dilakukan dengan cara membuat campuran akuades 2 ml yang ditambah larutan sintilasi 13 ml. Campuran dikocok dan didiamkan selama satu malam di tempat gelap. Untuk cacah standar dibuat campuran HTO aktivitas 41,36 Bq/2ml dengan 13 ml larutan sintilasi, kemudian dikocok dan didiamkan selama satu malam di tempat gelap. Larutan untuk cacah latar dan cacah standar masing-masing diukur dengan LSC bersamaan dengan waktu pencacahan sampel.

Hasil pencacahan sampel, latar dan standar yang berupa cacah per 30 menit dianalisis menggunakan persamaan (1), sehingga diperoleh nilai konsentrasi tritium (Bq/L air tangki).

$$C = \frac{C_s - C_l}{C_{std}} \cdot \frac{A_{std}}{V} \quad (1)$$

C : konsentrasi tritium dalam air tangki (Bq/L air tangki)

$C_s$  : cacah sampel selama 30 menit (cacah)

$C_l$  : cacah latar selama 30 menit (cacah)

$C_{std}$  : cacah standar HTO selama 30 menit (cacah)

$A_{std}$  : aktivitas standar tritium dalam HTO = 41,36 Bq

V : volume sampel = 2ml = 0,002 L

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi tritium di dalam air tangki sangat dipengaruhi oleh besarnya daya reaktor pada saat operasi. Pada penelitian ini tidak dibahas pengaruh daya terhadap konsentrasi tritium di dalam air tangki, pembahasan hanya berdasar pada distribusi tritium di dalam air tangki pada saat reaktor beroperasi maupun tidak beroperasi. Untuk meneliti pengaruh daya terhadap produksi tritium di dalam air tangki, harus dilakukan dengan rentang waktu pengambilan sampel yang lebih lama, yaitu: sekitar satu tahun atau lebih, sehingga data yang didapat akan cukup berarti atau signifikan untuk dianalisis dan disimpulkan. Hal itu akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.

Sampel air tangki reaktor TRIGA 2000 diambil secara berkesinambungan dari tanggal 25 Juni 2004 sampai dengan tanggal 23 Juli 2004, baik pada saat reaktor beroperasi maupun tidak beroperasi. Pengambilan sampel dalam kondisi reaktor beroperasi dilakukan pada daya maksimum saat itu, yaitu: 1500 kW, sedangkan kondisi reaktor tidak beroperasi dilakukan minimal satu atau dua hari setelah reaktor *shutdown*, agar aktivitas gamma dengan umur paruh pendek telah meluruh sehingga aman bagi pengambil sampel.

Data pengukuran aktivitas tritium dalam air tangki reaktor pada kondisi reaktor sedang tidak beroperasi dan kondisi reaktor beroperasi dianalisis menggunakan persamaan (1) dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 1.

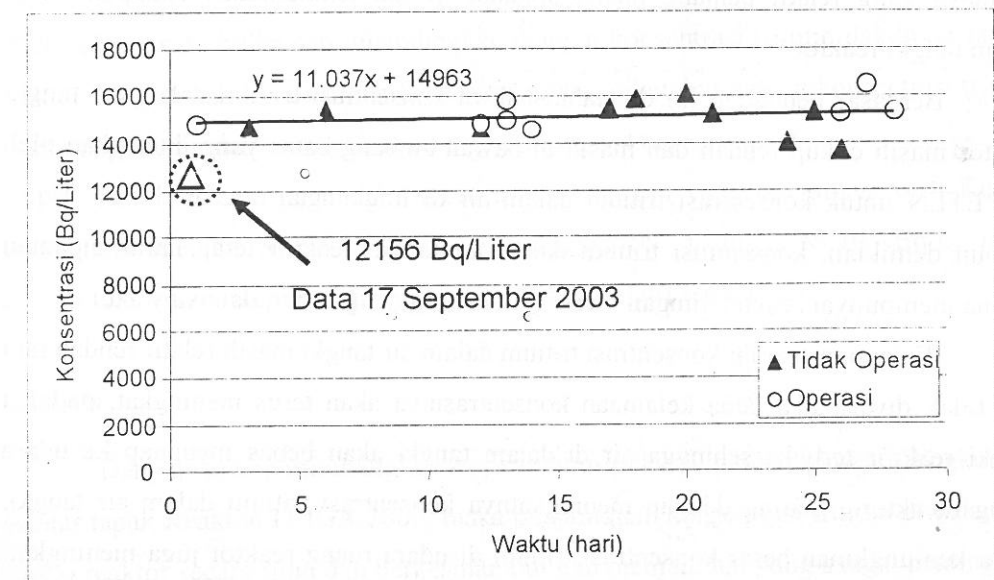
Tabel 1. Distribusi Konsentrasi Tritium Dalam Air Tangki Reaktor.

No.	Reaktor Tidak Operasi		Reaktor Operasi		
	Tanggal Sampling	Konsentrasi (Bq/L)	Tanggal Sampling	Daya (kW)	Konsentrasi (Bq/L)
1.			25 Juni 2004	1500	14801 ± 679
2.	28 Juni 2004	14759 ± 1949			
3.	1 Juli 2004	15437 ± 516			
4.	7 Juli 2004	14690 ± 657			
5.			7 Juli 2004	1500	14844 ± 249
6.			8 Juli 2004	1500	14952 ± 430
7.			8 Juli 2004	1500	15765 ± 394
8.			9 Juli 2004	1500	14560 ± 546
9.	12 Juli 2004	15505 ± 517			
10.	13 Juli 2004	15844 ± 518			
11.	15 Juli 2004	16116 ± 142			
12.	16 Juli 2004	15210 ± 650			
13.	19 Juli 2004	14066 ± 809			
14.	20 Juli 2004	15320 ± 630			
15.	21 Juli 2004	13707 ± 465			
16.			21 Juli 2004	1500	15292 ± 637
17.			22 Juli 2004	1500	16488 ± 1557
18.			23 Juli 2004	1500	15317 ± 498

Pada kondisi tidak beroperasi, konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor berkisar antara  $1,37 \times 10^4$  Bq/L hingga  $1,61 \times 10^4$  Bq/L, dan konsentrasi rata-ratanya  $1,51 \times 10^4 \pm 685$  Bq/L. Untuk kondisi reaktor sedang beroperasi, konsentrasi tritium di air tangki berkisar antara  $1,45 \times 10^4$  Bq/L hingga  $1,65 \times 10^4$  Bq/L, dan rata-ratanya  $1,53 \times 10^4 \pm 623$  Bq/L.

Konsentrasi tritium dalam air tangki, baik pada kondisi reaktor beroperasi maupun tidak beroperasi sangat bervariasi. Tetapi dari nilai rata-ratanya, konsentrasi tritium dalam air tangki pada kondisi reaktor beroperasi sedikit lebih besar dibanding

pada saat tidak beroperasi. Hal itu mungkin terjadi karena pada saat reaktor beroperasi atom-atom hidrogen teraktivasi oleh neutron yang dihasilkan dari proses fisi di dalam reaktor [2]. Selain itu, sampel air diambil di permukaan tangki, sehingga pada kondisi reaktor beroperasi, tritium dalam air tangki terdistribusi cukup merata karena adanya sistem sirkulasi air pendingin primer. Lain halnya pada kondisi reaktor tidak beroperasi sistem sirkulasi dihentikan, sehingga pengaruh gravitasi akan mengakibatkan atom dan molekul yang lebih berat menempati tempat yang lebih bawah. Demikian halnya dengan molekul HTO akan menempati tempat yang lebih bawah dibandingkan H<sub>2</sub>O, sehingga keberadaan HTO di permukaan air tangki akan lebih sedikit dibandingkan dengan air yang ada di dasar tangki.



Gambar 2. Konsentrasi tritium di air tangki reaktor sedang tidak operasi dan sedang operasi, dari tanggal 25 Juni 2004 s/d 23 Juli 2004

Fluktuasi konsentrasi tritium dalam air tangki selama lebih kurang satu bulan, baik pada saat reaktor beroperasi maupun tidak, diperlihatkan pada Gambar 2. Dari

Gambar tersebut dapat dilihat bahwa walaupun konsentrasi tritium berfluktuasi, baik pada saat reaktor beroperasi maupun pada saat reaktor tidak beroperasi, tetapi tidak ada perbedaan yang cukup nyata. Namun demikian, pada Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi tritium dalam air tangki cenderung meningkat seiring dengan berjalannya waktu yang dapat diekspresikan melalui persamaan garis  $y = 11,037x + 14963$ , dengan  $y$  adalah konsentrasi tritium (Bq/L) sedang  $x$  adalah waktu (hari). Peningkatan konsentrasi tritium jelas terlihat bila dibandingkan dengan data konsentrasi tritium air tangki yang diambil pada tanggal 17 September 2003 yaitu sebesar  $1,22 \times 10^4$  Bq/L. Hal ini dapat dipahami bahwa tritium yang dihasilkan oleh reaktor sebagai hasil aktivasi tidak semua lepas ke udara bersama proses penguapan, dan karena waktu paruhnya yang relatif panjang mengakibatkan tritium terakumulasi cukup lama di dalam tangki reaktor.

Berdasar penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor masih cukup rendah dan masih di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh BAPETEN untuk konsentrasi tritium dalam air di lingkungan, adalah  $1 \times 10^5$  Bq/L. Namun demikian, konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor tetap harus dipantau karena mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan berjalannya waktu.

Walaupun saat ini konsentrasi tritium dalam air tangki masih relatif rendah tapi bila tidak diwaspadai lama kelamaan konsentrasinya akan terus meningkat, padahal tangki reaktor terbuka sehingga air di dalam tangki akan bebas menguap ke udara ruang reaktor. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi tritium dalam air tangki, maka kemungkinan besar konsentrasi tritium di udara ruang reaktor juga meningkat. Besarnya konsentrasi tritium di udara ruang reaktor dapat berakibat langsung pada kesehatan pekerja yang menghirup udara yang mengandung HTO.

## KESIMPULAN

Berdasar hasil penelitian ini diketahui bahwa konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor berfluktuasi, baik pada saat tidak beroperasi maupun beroperasi, yaitu antara  $1,37 \times 10^4$  Bq/L hingga  $1,61 \times 10^4$  Bq/L dengan konsentrasi rata-rata  $1,51 \times 10^4 \pm 685$  Bq/L untuk kondisi reaktor tidak beroperasi dan  $1,45 \times 10^4$  Bq/L hingga  $1,65 \times 10^4$  Bq/L dengan konsentrasi rata-rata  $1,53 \times 10^4 \pm 623$  Bq/L untuk kondisi reaktor beroperasi.

Distribusi konsentrasi tritium di dalam air tangki, sangat dipengaruhi oleh sistem sirkulasi primer, sehingga konsentrasi tritium di permukaan tangki reaktor pada saat beroperasi lebih besar dibandingkan dengan tidak beroperasi.

Berdasar hasil pemantauan konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor TRIGA 2000 selama satu bulan dan dibandingkan dengan konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor yang diambil pada bulan September 2004, diketahui bahwa konsentrasi tritium cenderung meningkat seiring dengan berjalannya waktu.

Bila mengacu pada baku mutu air lingkungan yang ditetapkan oleh Kepala BAPETEN melalui SK No. 02/Ka-BAPETEN/V-99, yaitu:  $1 \times 10^5$  Bq/L, maka konsentrasi tritium dalam air tangki reaktor masih relatif rendah.

## SARAN

Dengan mempertimbangkan keselamatan pekerja radiasi maupun lingkungan sekitar tapak Reaktor TRIGA 2000, maka pemantauan konsentrasi tritium di dalam air tangki reaktor secara rutin dan berkesinambungan menjadi hal yang sangat penting dan diutamakan.

Pemantauan konsentrasi tritium di sekitar lingkungan reaktor juga penting dilakukan. Hal ini sangat berkaitan dengan perhitungan terimaan dosis masyarakat di sekitar reaktor TRIGA 2000. Untuk pemantauan konsentrasi tritium di lingkungan

perlu menggunakan metode pengayaan (*enrichment*), karena konsentrasinya sangat kecil.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Dikdik Murdikah dari Jurusan Fisika Universitas Jendral Achmad Yani dan Sdri. Elma Fitria dari Teknik Lingkungan ITB yang membantu penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. GLASTONE, S., and JORDAN, W.H., "Nuclear Power Reactor and Its Environmental Effect", American Nuclear Society, La Grange Park, Illinois, (1980) 166-173
2. UNSCEAR, "The Effects of Atomic Radiation", A report to the general assembly, UNSCEAR, New York (1987) 11-30.
3. TJAHAJA, P. I. dan SUKMABUANA, P., "Tritium, radionuklida yang perlu mendapat perhatian", Buletin Alara 2(1) (1998) 19-25.
4. TAKASHIMA, Y., "Environmental tritium measurement and analysis", Research Reports, (in Japanese), Faculty of Science, Kyushu University, Fukuoka, 1987.

## PEMBUATAN DAN UJI KUALITAS RADIOISOTOP ITERBIUM-175 ( $^{175}\text{Yb}$ ) UNTUK TERAPI MELALUI REAKSI INTI ( $n,\gamma$ ) DI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG

Azmairit Azis

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir - BATAN

#### ABSTRAK

**PEMBUATAN DAN UJI KUALITAS RADIOISOTOP ITERBIUM-175 ( $^{175}\text{Yb}$ ) UNTUK TERAPI MELALUI REAKSI INTI ( $n,\gamma$ ) DI REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG.** Iterbium-175 ( $^{175}\text{Yb}$ ) merupakan salah satu radioisotop yang dapat digunakan untuk terapi karena merupakan pemancar- $\beta$  ( $T_{1/2} = 4,2$  hari dengan  $E_{\beta}$  (maks) sebesar 480 keV). Di samping itu, radioisotop tersebut juga memancarkan sinar- $\gamma$  dengan energi yang cukup ideal untuk penyidikan (imaging) selama terapi berlangsung (113 keV (1,9%), 282 keV(3,1%) dan 396 keV (6,5%)). Telah dilakukan pembuatan radioisotop  $^{175}\text{Yb}$  dengan menggunakan target iterbium oksida ( $\text{Yb}_2\text{O}_3$ ) alam yang telah diiradiasi di reaktor TRIGA 2000 Bandung. Target tersebut dilarutkan dalam larutan asam klorida (HCl) encer. Kondisi optimum preparasi diperoleh dengan pelarutan target  $^{175}\text{Yb}_2\text{O}_3$  dalam 5 mL larutan HCl 2 N sambil dikisatkan perlahan-lahan sampai agak kering, kemudian dilarutkan kembali dalam 5 mL larutan HCl 0,1N. Larutan  $^{175}\text{YbCl}_3$  tersebut diuji melalui pemeriksaan kemurnian radiokimianya dengan cara kromatografi kertas dan elektroforesis kertas. Aktivitas dan kemurnian radionuklida larutan  $^{175}\text{YbCl}_3$  ditentukan dengan alat cacah spektrometer- $\gamma$  multi saluran. Larutan radioisotop  $^{175}\text{YbCl}_3$  yang diperoleh mempunyai pH berkisar antara 1,5 - 2 dan terlihat jernih dengan aktivitas jenis dan konsentrasi radioaktif masing-masing sebesar 15 - 18 mCi/mg dan 17 - 21 mCi/mL. Larutan tersebut mempunyai kemurnian radiokimia sebesar  $99,5 \pm 0,3\%$  dan kemurnian radionuklida di atas 95% ( $97,02 \pm 0,26\%$ ). Uji stabilitas larutan radioisotop  $^{175}\text{YbCl}_3$  terhadap waktu penyimpanan menunjukkan bahwa setelah disimpan selama 10 hari pada temperatur kamar, larutan tersebut masih stabil dengan kemurnian radiokimia di atas 95%.

**Kata kunci :** radioisotop, iterbium-175 ( $^{175}\text{Yb}$ ), terapi, paliatif, aktivitas jenis, kemurnian radiokimia, kemurnian radionuklida.

#### ABSTRACT

**PREPARATION AND QUALITY CONTROL OF YTTERBIUM-175 ( $^{175}\text{Yb}$ ) FOR THERAPY BY ( $n,\gamma$ ) NUCLEAR REACTION AT TRIGA 2000 BANDUNG REACTOR.** Ytterbium-175 ( $^{175}\text{Yb}$ ) is one of radioisotopes that can be