



PENGUKURAN DAN EVALUASI RADIOAKTIVITAS AIR TANGKI REAKTOR (ATR) DI PTAPB-BATAN YOGYAKARTA

Suparno, Mahrus Salam

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, Yogyakarta

Email : ptapb@batan.go.id

ABSTRAK

PENGUKURAN DAN EVALUASI RADIOAKTIVITAS AIR TANGKI REAKTOR DI PTAPB-BATAN YOGYAKARTA. Telah dilakukan pengukuran dan evaluasi radioaktivitas gross beta air tangki reaktor di PTAPB – BATAN Yogyakarta periode tahun 2010-2011. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat radioaktivitas air tangki reaktor yang digunakan sebagai sistem pendingin primer. Sampel ATR diambil dengan volume tertentu, diuapkan kemudian residu dicuplik, dimasukkan ke plancet, efisiensi pengambilan residu 78,8 %, residu dikeringkan kemudian dicacah aktivitasnya menggunakan detektor Geiger Muller Ortec, efisiensi detektor 14 %. Hasil analisis ATR periode tahun 2010, antara $(2,7 \pm 0,16)10^{-3}$ Bq/cc sampai dengan $(6,0 \pm 0,2)10^{-3}$ Bq/cc, rata-rata $(3,9 \pm 0,18)10^{-3}$ Bq/cc. Periode tahun 2011, antara $(2,93 \pm 0,17)10^{-3}$ Bq/cc sampai dengan $(6,3 \pm 0,21)10^{-3}$ Bq/cc, rata-rata $(4,8 \pm 0,19)10^{-3}$ Bq/cc. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa radioaktivitas ATR masih jauh berada dibawah batasspesifikasi teknis yang telah ditetapkan dan tertuang pada Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini nomor dokumen C 7/05/B2/LAK/2010, revisi 7, yang besarnya 18500 Bq/l

Kata kunci: Pengukuran, evaluasi radioaktivitas ATR

ABSTRACT

EVALUATION AND MEASUREMENT OF RADIOACTIVITY OF WATER COOLANT OF REACTOR AT PTAPB-BATAN YOGYAKARTA. The evaluation and measurement of gross beta radioactivity of primary water coolant of reactor at PTAPB-BATAN Yogyakarta in the year of 2010-2011 has been done. The objective of these measurement are to know radioactivity level of water reactor tank that used for primary cooling system. Samples were taken for certain volume, evaporated and then took the residue into the plancet with 78.8 % efficiency. The residue then dried and counted on Geiger Muller Ortec detector, detector efficiency is 14 %. The result of ATR analysis in the year of 2010 is between $(2.7 \pm 0.16)10^{-3}$ Bq/cc up to $(6.0 \pm 0.2)10^{-3}$ Bq/cc, the average is $(3.9 \pm 0.18)10^{-3}$ Bq/cc. In the year of 2011, between $(2.93 \pm 0.17)10^{-3}$ Bq/cc up to $(6.3 \pm 0.21)10^{-3}$ Bq/cc, the average is $(4.8 \pm 0.19)10^{-3}$ Bq/cc. Those measurement results shown that the radioactivity level still less than maximum permissible concentration of water reactor tank (18500 Bq/l), that has been declared on Safety Analysis Report of Kartini reactor, on document number C 7/05/B2/LAK/2010, 7 revision.

Keywords: Measurement, evaluation ATR radioactivity

PENDAHULUAN

Penggunaan air dalam suatu reaktor nuklir, baik reaktor penelitian, reaktor produksi isotop maupun reaktor daya, digunakan sebagai pendingin atau medium pembawa/pemindah panas. Air sebagai pendingin akan berhubungan langsung dengan komponen atau struktur reaktor sehingga

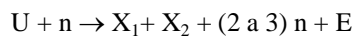
akan terjadi reaksi kimia yang dapat menyebabkan terjadinya korosi atau timbulnya kerak dan apabila reaktor dioperasikan akan terjadi reaksi dengan neutron yang menghasilkan bahan yang teraktivasi⁽¹⁾. Pengawasan keselamatan radiasi dimaksudkan sebagai usaha untuk melindungi seseorang, keturunannya dan juga anggota



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

masyarakat secara keseluruhan terhadap kemungkinan terjadinya akibat biologi yang merugikan dari radiasi. Bahaya radiasi maupun kontaminasi radioaktif dapat terjadi selain pada kondisi operasi normal juga dapat terjadi karena kecelakaan. Pada operasi reaktor, hasil belah dari bahan bakar reaktor yang dihasilkan akan terkungkung dalam kelongsong bahan bakar, semakin lama menggunakan bahan bakar, makin banyak hasil belah yang dihasilkan yang berada di dalam kelongsong bahan bakar. Salah satu bahaya yang terjadi dalam keadaan tidak terduga adalah kerusakan kelongsong bahan bakar reaktor, tergantung dalam kerusakan yang terjadi, maka hasil belah akan terlepas keluar kelongsong bahan bakar, kemudian sebagian larut dalam air pendingin primer dan sebagian lagi tidak larut seperti gas-gas mulia akan berdifusi ke udara ruang reaktor⁽²⁾. Pelepasan hasil belah di dalam air pendingin primer akan meningkatkan radioaktivitas air pendingin primer, disamping itu juga disebabkan oleh hasil aktivasi neutron kotoran-kotoran dalam air pendingin primer dan hasil aktivasi neutron korosi bahan komponen di dalam tangki reaktor⁽³⁾.

Reaksi yang terjadi dalam sebuah reaktor nuklir adalah reaksi fisi yang dapat dituliskan secara umum:



dengan:

U = bahan bakar reaktor

n = sumber neutron

Dari reaksi fisi ini dihasilkan 2 inti baru sebagai hasil fisi X_1 dan X_2 yang berupa inti-inti yang tidak stabil dan bersifat radioaktif selain itu juga selalu meluruh untuk mencapai keadaan stabil dengan mengeluarkan sinar atau partikel. Sebuah reaksi fisi juga menghasilkan neutron-neutron baru yang memungkinkan terjadinya reaksi berantai serta energi panas yang besar, maka semakin banyak reaksi fisi yang akan terjadi apabila tidak terkendalikan akan dapat menimbulkan suatu *over* produk fisi. Untuk itu diperlukan sebuah sistem pengendali reaksi fisi dengan menyerap kelebihan neutron. Nuklida yang terbentuk dari hasil interaksi neutron diantaranya adalah Na-24, Al-28 dan Mg-27, mereka mempunyai umur paruh 15,02 jam, 2,24 menit dan 9,45 menit, Sedangkan kelompok yang lain adalah N-16, N-17 juga termasuk didalamnya isotop Halogen yang tetap berada dalam air, karena memiliki umur paruh kurang dari satu menit. Umur paruh yang pendek mencegah mereka berdifusi ke permukaan kolam reaktor dan lolos dari larutan, meskipun demikian mereka secara bersama-sama memberi kontribusi aktivitas yang besar di dalam air tangki reaktor.

TATA KERJA

Alat

Kompas listrik 600 watt untuk memanaskan atau menguapkan air tangki reaktor. Plasket aluminium yang berukuran/berdiameter 4 cm digunakan untuk tempat/wadah endapan/residu, residu dalam plasket ini sebagai cuplikan yang akan dicacah untuk menentukan kandungan radioaktivitasnya. Alat-alat gelas seperti cawan porselin ukuran 1000 ml, 500 ml, gelas ukur ukuran 500 ml, 1000 ml, pengaduk dan alat pencuplik digunakan untuk preparasi sampel air tangki reaktor. Timbangan merk AND buatan Jepang, Seri no: K9235451 digunakan untuk mengetahui berat plasket dan berat cuplikan. Alat cacah Geiger Muller merk Ortec digunakan untuk menghitung kandungan radioaktivitas dan air tangki reaktor sebagai sampelnya, sedangkan *hot plate* digunakan untuk mengeringkan cuplikan dalam plasket, air aquades digunakan untuk mencuci atau membersihkan sisa-sisa residu dalam wadah agar dapat diambil.

Cara Kerja

1. Preparasi cuplikan:

Diuapkan 600 ml air tangki reaktor dalam cawan porselin diatas kompor listrik (pemanasan perlahan-lahan agar wadah tidak pecah, sampai tersisa residu kurang lebih 5 ml). Residu/endapan dicuplik dan dimasukkan ke dalam plasket aluminium yang telah ditimbang beratnya. Residu dalam plasket (cuplikan) dikeringkan, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat cuplikan. Dilakukan pencacahan untuk menghitung kandungan radioaktivitas cuplikan dengan alat cacah Geiger Muller merk Ortec

2. Menghitung radioaktivitas air tangki reaktor.

Aktivitas ATR dihitung dengan rumus⁽³⁾:

$$\text{Aktivitas ATR} = \frac{\text{Cpm} \times 100 \times 100}{E \times 60 \times 600 \times E_p} \pm \sigma_u \quad \text{Bq/cc}$$

dimana:

cpm : cacah per menit dari cuplikan, yang dihitung menurut :

$$\text{cpm} = \frac{\text{cacah cuplikan} - \text{cacah latar}}{\text{waktu pencacahan}}$$

E : Efisiensi pencacahan 14 %

60 : Konversi dari menit menjadi detik

100 : Seratus persen

600 : Volume ATR yang diuapkan

E_p : Efisiensi pengambilan residu dari cawan porselin = 78,8 %

σ_u : Rambatan ralat

σ_x : Ralat laju cacah



Rumus rambatan ralat:

$$a = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \sigma_u = \sqrt{a^2} \sigma_x^2$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{Cps_{smpel} + Cps_{latar}}{t_{cacah}}}$$

$$\sigma_u^2 = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 \times \sigma_x^2$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

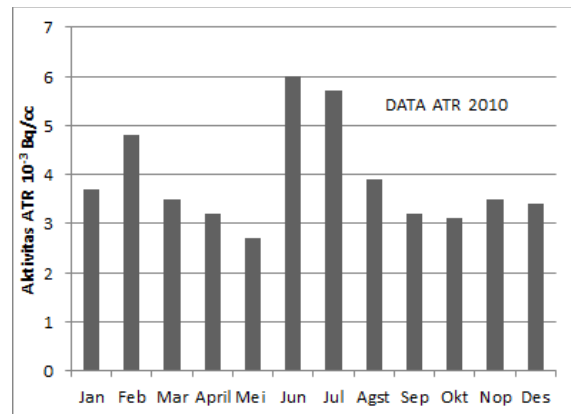
Hasil analisis kandungan radioaktivitas air tangki reaktor (ATR) yang dicacah menggunakan alat cacah Geiger Muller periode tahun 2010-2011 disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 di samping itu juga disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1: Hasil analisis Radioaktivitas Air Tangki Reaktor (ATR) periode tahun 2010.

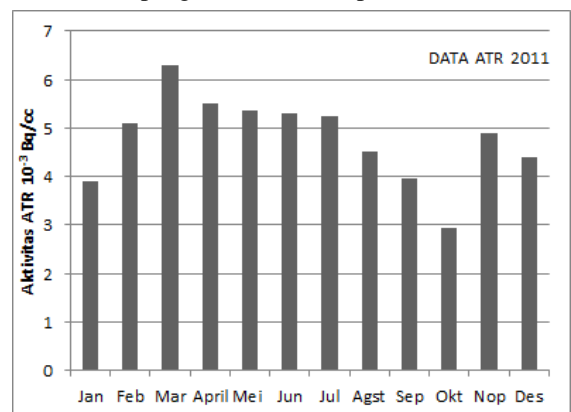
Tanggal pengambilan	Cacah netto (Cpm)	Aktivitas ATR (x 10 ⁻³ Bq/cc)
26 Januari 2010	14,7 ± 1,7	3,7 ± 0,19
24 Februari 2010	18,6 ± 1,5	4,8 ± 0,20
23 Maret 2010	13,5 ± 1,7	3,5 ± 0,18
23 April 2010	12,6 ± 1,7	3,2 ± 0,17
24 Mei 2010	10,5 ± 1,6	2,7 ± 0,16
21 Juni 2010	23,4 ± 1,9	6,0 ± 0,2
30 Juli 2010	22,0 ± 1,9	5,7 ± 0,2
23 Agustus 2010	15,1 ± 1,7	3,9 ± 0,18
22 September 2010	12,4 ± 1,7	3,2 ± 0,18
22 Oktober 2010	12,2 ± 1,6	3,1 ± 0,17
15 Nopember 2010	13,9 ± 1,7	3,5 ± 0,18
20 Desember 2010	13,1 ± 1,7	3,4 ± 0,18
Rata-rata		3,9 ± 0,18

Tabel 2: Hasil analisis Radioaktivitas Air Tangki Reaktor (ATR) periode tahun 2011.

Tanggal pengambilan	Cacah netto (Cpm)	Aktivitas ATR (x 10 ⁻³ Bq/cc)
21 Januari 2011	15,0 ± 1,7	3,9 ± 0,18
14 Februari 2011	19,9 ± 1,8	5,1 ± 0,2
18 Maret 2011	24,7 ± 2,0	6,3 ± 0,21
28 April 2011	21,4 ± 1,9	5,5 ± 0,2
23 Mei 2011	20,9 ± 1,9	5,37 ± 0,2
15 Juni 2011	20,6 ± 1,9	5,3 ± 0,2
21 Juli 2011	20,4 ± 1,9	5,24 ± 0,19
19 Agustus 2011	17,4 ± 1,8	4,5 ± 0,18
12 September 2011	15,4 ± 1,8	3,96 ± 0,18
14 Oktober 2011	11,4 ± 1,7	2,93 ± 0,17
15 Nopember 2011	18,9 ± 1,8	4,9 ± 0,19
14 Desember 2011	17,0 ± 1,8	4,4 ± 0,18
Rata-rata		4,8 ± 0,19



Gambar 1. Grafik hubungan antara tingkat radioaktivitas ATR dengan waktu pengukuran (bulan) pada tahun 2010.



Gambar 2. Grafik hubungan antara tingkat radioaktivitas ATR dengan waktu pengukuran (bulan) pada tahun 2011

Alat cacah untuk pengukuran radioaktivitas gross β berdasarkan efek ionisasi. Detektor yang digunakan adalah detektor GM (Geiger Muller) pada sistem alat cacah β. Radioaktivitas gross β diukur secara kuantitatif yaitu menentukan jumlah kandungan radionuklida pemancar β. Untuk pengukuran ini cuplikan tidak memerlukan proses pemisahan, sehingga yang terukur adalah semua radioaktivitas β dari campuran radionuklida yang ada. Besaran radioaktivitas yang terkandung di air tangki reaktor dihitung setelah dikoreksi dengan pencacahan latar. Pengukuran dilakukan setiap bulan sekali pada periode tahun 2010-2011.

Hasil analisis radioaktivitas air tangki reaktor (ATR). Periode tahun 2010 dalam kisaran (2,7 ± 0,16)10⁻³ Bq/cc sampai dengan (6,0 ± 0,2)10⁻³ Bq/cc. Radioaktivitas ATR paling tinggi (6,0 ± 0,2)10⁻³ Bq/cc diukur pada tanggal 24 Juni 2010 dan paling rendah (2,7 ± 0,16)10⁻³ Bq/cc diukur pada tanggal 24 Mei 2010 apabila di rata-rata selama 1 tahun makabesarnya (3,9 ± 0,18)10⁻³ Bq/cc. Besaran ini masih relatif kecil, karena sistem pendingin primer ini dilengkapi perangkat demineralizer yang



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

di dalamnya terdapat filter mekanik yang berguna untuk menangkap partikel-partikel padat sedangkan resin penukar ion berfungsi untuk menangkap partikel-partikel yang berbentuk ion.

Hasil analisis radioaktivitas air tangki reaktor (ATR). Periode tahun 2011 dalam kisaran $(2,93 \pm 0,17)10^{-3}$ Bq/cc sampai dengan $(6,3 \pm 0,21)10^{-3}$ Bq/cc. Radioaktivitas ATR paling tinggi $(6,3 \pm 0,21)10^{-3}$ Bq/cc diukur pada tanggal 18 Maret 2011 dan paling rendah $(2,93 \pm 0,17)10^{-3}$ Bq/cc diukur pada tanggal 14 Oktober 2011 apabila dirata-rata selama 1 tahun maka besarnya $(4,8 \pm 0,19)10^{-3}$ Bq/cc. Perbedaan besaran hasil pengukuran ATR ini dapat terjadi karena faktor kejenuhan pada filter dan resin penukar ion, disamping itu juga adanya pengotor-pengotor aktif yang mengendap atau menempel dipermukaan benda, terangkat atau lepas dan bercampur dengan ATR, lepasnya pengotor ini akibat pekerjaan lain seperti inspeksi visual tangki reaktor (tes ketebalan, uji kekerasan, replika), inspeksi visual bahan bakar reaktor (tes Go-No-Go), inspeksi dudukan dan grid teras reaktor dan pengamatan seluruh komponen lainnya yang ada di tangki reaktor.

Gambar 1. Grafik hubungan antara tingkat radioaktivitas ATR dengan waktu pengukuran pada tahun 2010. Terlihat dengan jelas bahwa tingkat radioaktivitas ATR yang terukur setiap bulannya tidak sama yaitu mengalami kenaikan dan penurunan namun tidak signifikan. Pada bulan Januari terukur $(3,7 \pm 0,19)10^{-3}$ Bq/cc, bulan Februari naik sekitar 29,7 %, pada bulan berikutnya Maret dan April berangsur-angsur turun, bahkan bulan Mei turun sekitar 43,8 % menjadi $(2,7 \pm 0,19)10^{-3}$ Bq/cc terhadap aktivitas ATR pada bulan Februari. Pada bulan Juni terukur $(6,0 \pm 0,2)10^{-3}$ Bq/cc, bulan Juli turun 5 % sedangkan pada bulan-bulan berikutnya seperti Agustus, September dan Oktober berturut-turut turun 31,5 %, 43,8 % dan 45 % terhadap aktivitas ATR pada bulan Juli. Pengukuran pada bulan November $(3,5 \pm 0,18)10^{-3}$ Bq/cc, sedangkan di bulan Desember turun 2,8 %. Naik turunnya aktivitas ATR dari bulan ke bulan berikutnya masih relatif kecil, hal ini terjadi karena peluruhan zat radioaktif itu sendiri bersifat acak. Tingkat agresivitas air tergantung pada konsentrasi dan jenis ion, sebagai air pendingin primer ini telah memenuhi persyaratan yang sesuai dengan komponen dan struktur reaktor sehingga dapat menekan permasalahan yang ditimbulkan.

Gambar 2, grafik hubungan antara tingkat radioaktivitas ATR dengan bulan pengukuran pada tahun 2011. Pengukuran pada bulan Januari terukur $(3,9 \pm 0,18)10^{-3}$ Bq/cc, bulan Februari naik sekitar 30,8 % atau menjadi $(5,1 \pm 0,2)10^{-3}$ Bq/cc, pada bulan Maret naik lagi 23,5 % terhadap aktivitas ATR pada bulan Februari menjadi $(6,3 \pm 0,21)10^{-3}$

Bq/cc. Kenaikan aktivitas ATR ini dapat terjadi karena pada tangki reaktor sedang dilakukan suatu pekerjaan yang mengakibatkan partikel-partikel pengotor air di tangki reaktor yang sedang mengendap terangkat ke permukaan dan diambil pada waktu mengambil sampel ATR. Berturut-turut pada waktu mengambil sampel ATR. Berturut-turut bulan April, Mei, Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober aktivitas ATR berangsur-angsur turun terhadap aktivitas pada bulan Februari yaitu 14,5 %, 17,3 %, 18,9 %, 20 %, 40 %, 59 % dan 115 %. Pengukuran pada bulan November $(4,9 \pm 0,19)10^{-3}$ Bq/cc, sedangkan di bulan Desember turun 11 % atau menjadi $(4,4 \pm 0,18)10^{-3}$ Bq/cc. Tingkat radioaktivitas ATR yang terukur setiap bulannya tidak sama yaitu mengalami kenaikan dan penurunan namun tidak signifikan, apabila dibandingkan dengan tingkat radioaktivitas ATR periode tahun sebelumnya tidak jauh berbeda masih dalam orde 10^{-3} Bq/cc yaitu $4,569 \times 10^{-3}$ Bq/cc. Evaluasi hasil pengukuran pada periode ini dalam batas normal artinya tidak terjadi kerusakan pada kelongsong bahan bakar reaktor dan masih jauh berada di bawah batas spesifikasi teknis yang telah ditetapkan dan tertuang pada Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini yang besarnya 18500 Bq/l atau $0,5 \mu\text{Ci/l}^{(4)}$. Apabila hasil pengukuran tersebut melebihi batas spesifikasi teknik yang telah ditentukan maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan spektrometri gamma untuk mengetahui radionuklida yang dimungkinkan berasal dari lepasan reaksi fisi.

KESIMPULAN

Tingkat radioaktivitas air tangki reaktor (ATR) dengan cara pengukuran radioaktivitas gross beta selama periode tahun 2010 sampai dengan tahun 2011 dapat disimpulkan sebagai berikut: Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tingkat radioaktivitas ATR yang terjadi masih jauh berada di bawah batas spesifikasi teknis/BKO yang telah ditetapkan dan tertuang pada Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini yang besarnya 18500 Bq/l atau $0,5 \mu\text{Ci/l}$ dengan demikian kondisi ATR dalam keadaan normal/baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr Agnes Murwanti, Anny Bachtiar dan Darjono yang telah membantu terselenggaranya pengukuran ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, "Kimia Air" Pelatihan Operator dan Supervisor Reaktor Riset., PUSDIKLAT - BATAN, 2008



2. SURATMAN, “*Pengawasan Keselamatan Radiasi Reaktor Kartini*” PPNY-BATAN Yogyakarta, 1998
3. SURATMAN, 1997, “*Pengukuran Radioaktivitas β* ”, Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta, BATAN, Yogyakarta.
4. ANONIM, “*Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Kartini*” BAB XVII, halaman 25, nomor dokumen; C7/05/B2/LAK/2010, revisi 7.

- ✧ *Kenaikan dan penurunan terjadi karena*
 - *Peluruhan zat radioaktif yang bersifat acak*
 - *Didalam tangki reaktor sedang dilakukan pekerjaan lain yang mengakibatkan partikel-partikel pengotor yang mengendap tertangkap bercampur dengan ATR dan terambil pada saat sampling ATR.*

Wijiyono

- *Dalam analisis ATR ini apakah tidak dicoba dengan metode lain yang lebih cepat, karena penyerapan butuh waktu lama, sehingga apabila terjadi anomali segera dapat diketahui?*

Suparno

- ✧ *belum dicoba dengan metode yang lain mengingat biaya metode ini dipakai secara rutin sejak reaktor ini ada dan belum pernah terjadi anomali.*

TANYA JAWAB

Toni raharjo

- *Darimana asal zat radioaktif didalam ATR?*
- *Kenapa hasil analisis setiap bulan tidak stabil, mengalami kenaikan dan penurunan?*

Suparno

- ✧ *Berasal dari lepasan hasil belah bahan bakar reaktor*