

## **PENENTUAN JAM KERJA BERDASARKAN RADIOAKTIVITAS UDARA DI BALAI OPERASI REAKTOR**

Th. Rina M.

### **ABSTRAK**

**PENENTUAN JAM KERJA BERDASARKAN RADIOAKTIVITAS UDARA DI BALAI OPERASI REAKTOR.** Sampel udara telah diambil di sekitar kolam reaktor di balai reaktor, pada saat reaktor shut-down, juga pada saat reaktor dioperasikan pada variasi daya 18, 22, 23, 25 MW. Pencacahan aktivitas radionuklida dilakukan dengan spektrometri gamma, dengan detektor HP-Ge. Hasil pencacahan menunjukkan adanya radionuklida Ar-41 & Xe-135 di udara dan konsentrasinya mengalami kenaikan tergantung daya reaktor. Hasil penelitian diperoleh bahwa laju dosis (paparan radiasi) saat reaktor shut down maupun beroperasi daya 18, 22, 23, 25 MW di bawah 1 mrem/jam, sehingga jam kerja yang diijinkan bagi pekerja radiasi bekerja di balai operasi reaktor adalah 8 jam/hari.

### **ABSTRACT**

**APPOINTMENT OF WORKING TIME BASED ON AIR RADIOACTIVITY IN THE REACTOR HALL.** The air sampling has been done at variation of reactor power levels of 18, 22, 23, 25 MW and reactor shut-down condition. The counting of radionuclide activities has been made by gamma spectroscopy system, based HP-Ge detector. The result of measurement showed Ar-41 and Xe-135 radionuclide in the air sample, and the rising activity concentration of the above nuclides are depended on the reactor power level. The radiation exposure at shut down condition until 25 MW reactor power level was 1 mrem/hour permissible below of the dose rate level, so that the permissible working time for radiation worker is 8 hour/day stay in the reactor hall.

## PENDAHULUAN

Pada pengoperasian reaktor nuklir, terbentuknya nuklida radioaktif tidak dapat dihindarkan. Sebagian besar terdapat pada bahan bakar, yang merupakan zat radioaktif hasil belah.<sup>(1)</sup> Pada kondisi normal, zat radioaktif hasil belah ini terkungkung dalam berlapis-lapis penahan, sebelum terlepas keluar sistem dan menjadi bahaya yang dapat mengancam personil maupun lingkungan. Di samping itu terbentuk juga zat radioaktif hasil aktivasi terhadap pengotor air yang terkandung dalam air kolam reaktor, hasil aktivasi produk korosi material yang digunakan pada sistem primer, maupun produk eksperimen yang jumlahnya relatif kecil dibandingkan zat radioaktif produk belah.

Selama reaktor beroperasi tidak dapat dihindarkan timbulnya paparan radiasi dalam sistem reaktor. Paparan radiasi ini prinsipnya terjadi karena :

- Adanya reaksi fisi pada kontaminan bahan bakar di luar plat elemen bahan bakar. Selama fabrikasi terdapat sejumlah uranium yang menempel pada permukaan luar bahan bakar, meskipun setelah proses pembuatan elemen bakar tersebut dilakukan dekontaminasi, namun masih terdapat uranium kontaminan dalam jumlah tertentu yang tidak dapat didekontaminasi lagi. Spesifikasi elemen bakar menyebutkan bahwa batas kemampuan dekontaminasi masih akan menyisakan  $10^{-6}$  gr uranium tiap plat<sup>(1)</sup>. Dengan demikian bila didalam teras terdapat sekitar 10000 plat elemen bakar, masih terdapat sekitar 10 mg uranium di dalam teras yang akan mengalami pembelahan. Hasil belah ini akan terlarut dalam sistem primer dan seterusnya sebagian ada yang terlepas keudara.

- Adanya proses aktivasi pada pendingin atau zat-zat yang terkandung dalam pendingin reaktor. Misal terbentuknya isotop N-16 pada pendingin reaktor, Ar-41, H-3 dan juga produk aktivasi bahan korosi dari komponen reaktor. Hasil aktivasi yang tidak mudah menguap (volatil) radionuklida yang terbentuk akan tetap tertahan dalam sistem pendingin. Untuk menangkap/mengurangi konsentrasi radionuklida tersebut, sistem pendingin dilengkapi dengan sistem pemurnian (KBE 01/02). Di samping kedua sumber tersebut diatas, penggunaan reaktor misal untuk eksperimen berkas neutron ataupun untuk maksud lain, seperti : produksi radioisotop, silikon doping, dll, juga mengakibatkan timbulnya paparan

radiasi sekunder. Perlu diperhatikan bahwa di dalam gedung reaktor sendiri sudah terdapat sumber radioaktif alamiah, yang didominasi oleh turunan uranium terutama anak cucu radon thoron. Radioaktivitas ini bahkan terdapat didalam gedung walaupun reaktor tidak beroperasi dan memberikan kontribusi pada pengukuran background radioaktivitas udara di dalam ruang reaktor.

## TEORI.

Dosis Serap, Dosis Ekuivalen dan Dosis Efektif

Dosis serap (D) adalah energi rata-rata yang diberikan oleh radiasi pengion sebesar dE kepada bahan yang dilaluinya dengan massa dm.

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1)$$

Satuan dosis serap dalam satuan SI adalah Gray (Gy). Dosis ekuivalen (H) adalah hasil kali antara dosis serap (D), faktor kualitas (Q), dan perkalian antara seluruh faktor modifikasi lainnya (N).

$$H = D \cdot Q \cdot N \quad (2)$$

Satuan dosis ekuivalen dalam sistem satuan SI adalah Sievert (Sv). Dosis ekuivalen juga dinyatakan dalam satuan rem (1 Sv = 100 rem). Dosis efektif adalah jumlah dosis rata-rata dalam organ atau jaringan tubuh dengan memperhitungkan nilai bobot masing-masing.

### Filosofi Keselamatan Radiasi.

Keselamatan radiasi dimaksudkan sebagai usaha untuk melindungi seseorang, keturunannya dan anggota masyarakat secara keseluruhan terhadap kemungkinan terjadinya akibat biologi yang merugikan dari radiasi. Pembatasan akibat biologi ini dapat dicapai dengan mengusahakan penyinaran dibuat serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial asalkan syarat nilai batas dosis tidak dilampaui (ALARA).

### Sistem Pembatasan Dosis.

Sistem pembatasan dosis berdasarkan rekomendasi ICRP ditetapkan sebagai berikut :

- Suatu pekerjaan akan dilaksanakan bila memberi keuntungan yang nyata (azas manfaat).
- Penyinaran diusahakan serendah mungkin dengan mempertimbangkan faktor ekonomi dan sosial.
- Dosis ekivalen yang diterima oleh seseorang tidak boleh melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang telah direkomendasikan.

#### **Pembatasan Dosis.**

Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan dalam SK Dirjen Batan, No. 03/160/DJ/1989 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi adalah penerimaan dosis yang tidak boleh dilampaui dalam setahun, tidak tergantung pada laju dosis, baik untuk radiasi eksterna maupun interna. Dalam hal ini tidak termasuk penyinaran medis dan alam, yaitu : Nilai Batas Dosis (NBD) untuk penyinaran seluruh tubuh 50 mSv (5000 mrem) pertahun.<sup>(2)</sup>

Dengan berdasar pada ketetapan tersebut diatas, maka perlu adanya penelitian untuk mengetahui jam kerja yang diijinkan bagi pekerja radiasi untuk bekerja didaerah radiasi, sehingga paparan radiasi yang diperoleh tidak melebihi nilai dosis yang diijinkan.

#### **TATA KERJA**

##### **1. Alat dan Bahan**

- Sumber standar radon
- Tabung penganbil sampel udara
  - tekanan maksimum = 300 bar
  - tekanan operasi = 200 bar
  - volume = 1 liter
- Pompa vakum
- Spektrometri gamma, detektor : Hp-Ge coaxial

## 2. Pengambilan sampel.

Diambil sampel udara disekitar kolam reaktor pada balai operasi reaktor, baik pada saat reaktor shut-down maupun reaktor beroperasi pada daya 18, 22, 23, 25 MW. Pengambilan sampel udara dilakukan dengan pompa pengambil sampel udara dan ditampung di dalam tabung bertekanan, kemudian dilakukan pencacahan dengan spektrometri gamma.

Untuk kalibrasi tenaga digunakan sumber standar campuran C0-60 dan Cs-137, sedangkan untuk kalibrasi efisiensi digunakan sumber standar Radon-222.

## HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil pencacahan sampel udara yang diambil di sekitar kolam reaktor (pada balai operasi reaktor), diidentifikasi adanya gas radioaktif Ar-41 dan Xe-135. Setelah dilakukan analisis kuantitatif, kemudian dilakukan perhitungan laju dosis dengan menggunakan faktor konversi. Konversi dari aktivitas radionuklida Ar-41 dan Xe-135 ke dalam laju dosisnya masing-masing dapat dilihat pada tabel

1. Konsentrasi gas radioaktif dan laju dosis Ar-41 dan Xe-135 untuk berbagai tingkat daya reaktor di Balai Operasi Reaktor dapat dilihat pada tabel 2.

Dari tabel 2 diketahui bahwa, konsentrasi kedua radionuklida tersebut semakin besar dengan naiknya daya reaktor. Karena paparan radiasi sebanding dengan konsentrasi nuklida maka paparan radiasi semakin besar untuk daya reaktor semakin tinggi. Konsentrasi Ar-41 di dalam sampel udara ternyata jauh lebih tinggi dari pada konsentrasi Xe-135. Ar-41 ini terbentuk dari argon yang terkandung di udara, terlarut di dalam air kolam reaktor dan teraktivasi oleh neutron termal maupun epitermal. Ar-41 ini mempunyai waktu paruh 1,83 jam dan faktor yield 99,1 %. Sedangkan Xe-135 merupakan hasil fisi dari kontaminan pada bahan bakar yang disebabkan karena keterbatasan pada fabrikasi. Xe-135 mempunyai waktu paruh 9,2 jam dan faktor yield 90,1 %.

Kenaikkan konsentrasi Ar-41 dan Xe-135 bersamaan dengan naiknya daya reaktor ini disebabkan karena reaktor merupakan fungsi dari fluks neutron, di mana semakin tinggi fluks neutron, maka kebolehan

reaksi fisi di dalam teras maupun aktivasi di dalam air pendingin semakin besar pula. Hasil penelitian (tabel 1) menunjukkan bahwa pada saat reaktor shut-down maupun beroperasi sampai dengan 25 MW, paparan radiasinya masih dibawah 1 mrem/jam.

Dengan berpedoman pada SK Dirjen Batan No. 03/160/DJ/1989, tentang Ketentuan Keselamatan Kerja untuk Pekerja Radiasi, bahwa penerimaan dosis radiasi yang diterima pekerja radiasi tidak boleh melebihi Nilai Batas Dosis yang ditetapkan, yaitu 50 mSv (5000 mrem) pertahun atau 2,5 mrem/jam, baik untuk radiasi interna maupun eksternal. Dengan mengambil batasan bahwa dosis yang diterima oleh pekerja radiasi dari paparan eksternal maksimal 1 mrem/jam, maka pada saat reaktor beroperasi sampai 25 MW, jam kerja yang diijinkan untuk pekerja radiasi bekerja di daerah tersebut bisa adalah 8 jam/hari.

## KESIMPULAN

Kandungan zat radioaktif di dalam sampel udara yang diambil di sekitar kolam reaktor adalah Ar-41 dan Xe-135.

Konsentrasi Ar-41 dan Xe-135 mengalami kenaikan tergantung pada daya reaktor, sebab semakin tinggi daya reaktor, keboleh jadiaan reaksi fisi dan aktivasi semakin besar.

Paparan radiasi yang disebabkan oleh radionuklida tersebut mengalami kenaikan jika daya reaktor dinaikkan, demikian pula sebaliknya.

Dengan berpedoman pada SK Dirjen Batan No. 03/160/Dj/1989, bahwa paparan yang diterima pekerja radiasi tidak boleh melebihi 2,5 mrem/jam (eksterna dan interna), dan mengambil batasan bahwa radiasi yang diterima dari paparan eksternal tidak boleh melebihi 1 mrem/jam, maka pada saat reaktor beroperasi sampai daya 25 MW, diijinkan pekerja radiasi bekerja sampai dengan 8 jam/hari.

**DAFTAR PUSTAKA**

Multipurpose Research Reactor MPR-30 (1988), " Safety Analysis Report ", vol 3 chapter 12.

Badan Tenaga Atom Nasional (1989), " Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi ".

PUDJIJANTO MS, "Penentuan Laju dosis Radiasi Eksternal (Gamma) di suatu Titik Dalam Ruang Bervolume Besar Terisolasi (Balai Operasi Reaktor) dengan Konsentrasi Radioaktivitas Udara Konstan dan Teragih merata keseluruh penjurur", (1995), tidak dipublikasikan.

Tabel 2. Konversi Laju dosis

Radioaktivitas	Aktivitas (Ci/m <sup>3</sup> per mrad/jam)
1-11	1,25E-06
X6-132	1,25E-02

Tabel 1. Konsentrasi Gas Radioaktif & Laju Dosis di Balai Operasi reaktor

Daya	Aktivitas (Bq/m <sup>3</sup> )		Laju Dosis (mrem/jam)		Laju Dosis Total (mrem/jam)
	Xe-135	Ar--41	Xe-135	Ar-41	
0	89,5 ± 9	843,31 ± 25	1,23E-4 ± 1,24E-5	1,14E-2 ± 3,39E-4	0,012 ± 3,51E-4
18	148,72 ± 15	10602,72 ± 102	2,05E-4 ± 2,07E-5	1,44E-1 ± 1,38E-3	0,144 ± 1,61E-3
22	470,67 ± 22	19497,51 ± 139	6,48E-4 ± 3,03E-5	2,64E-1 ± 1,89E-3	0,265 ± 1,92E-3
23	498,45 ± 23	24930,22 ± 145	6,87E-4 ± 3,17E-5	3,38E-1 ± 1,97E-3	0,339 ± 2E-3
25	539,45 ± 27	25294 ± 155	7,44E-4 ± 3,72E-5	3,43E-1 ± 2,10E-3	0,344 ± 2,14E-3

Tabel 2. Konversi Laju dosis<sup>(3)</sup>

Radionuklida	Aktivitas (Ci/m <sup>3</sup> per mrad/jam)
Ar-41	1,989E-06
Xe-135	1,959E-05







