

## PENGARUH PENGOPERASIAN REAKTOR TRIGA 2000 TERHADAP KONTAMINASI PERMUKAAN RUANG REAKTOR MENGGUNAKAN METODE SMEAR TEST

Bintu Khoiriyah<sup>1</sup>, Budi Purnama<sup>1</sup> dan Tri Cahyo Laksono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika FMIPA UNS

Jl.Ir Sutami no. 36 A Jebres, Surakarta

<sup>2</sup>Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan, BATAN

email: bintukhoiriyah@student.uns.ac.id

### ABSTRAK

PENGARUH PENGOPERASIAN REAKTOR TRIGA 2000 TERHADAP KONTAMINASI PERMUKAAN RUANG REAKTOR MENGGUNAKAN METODE SMEAR TEST. Pemantauan kontaminasi permukaan harus dilakukan untuk mengetahui keamanan daerah kerja. Kontaminasi permukaan di ruang reaktor triga 2000 yang berada di PSTNT-BATAN Bandung tetap dilaksanakan walaupun kondisi reaktor tidak beroperasi. Dalam penelitian ini dilakukan pemantauan kontaminasi permukaan ketika reaktor triga 2000 untuk pertama kalinya beroperasi setelah beberapa tahun tidak beroperasi bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap peningkatan kontaminasi. Pemantauan kontaminasi permukaan dilakukan dengan metode smear test di beberapa titik yang telah ditentukan didalam ruang reaktor triga 2000. Dari hasil yang didapatkan maka dapat diketahui perubahan kontaminasi ketika reaktor tidak beroperasi dengan reaktor sedang beroperasi. Aktivitas kontaminasi permukaan maksimum didapatkan hasil 0,32 Bq/cm<sup>2</sup> dan ada beberapa titik yang tidak terdeteksi aktivitas kontaminasi. Berdasarkan keputusan kepala BAPETEN No.1/KaBAPETEN/V/99 dari hasil pantauan menunjukkan bahwa ruang reaktor triga 2000 masih dalam kategori daerah kontaminasi rendah yaitu <3,7 Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar beta.

Kata kunci: kontaminasi permukaan, reaktor TRIGA 2000, smear test

### ABSTRACT

THE INFLUENCE OF TRIGA 2000 REACTOR OPERATION ON THE SURFACE CONTAMINATION AT REACTOR ROOM USING SMEAR TEST METHOD. The monitoring of surface contamination should be conducted to determine the safety of work areas. Surface contamination at the TRIGA 2000 reactor room which is on PSTNT-BATAN Bandung remain to be implemented although reactor not operating. In this research monitoring of surface contamination when TRIGA 2000 in operation of the first time after several years not operating aims to determine the influence on the results of monitoring. The monitoring of surface contamination has been done using smear test method at some predetermined in TRIGA 2000 reactor room. The highest surface contamination activities is obtained 0.32 Bq/cm<sup>2</sup> and there are some points that are not detected. Based on keputusan kepala BAPETEN No.1/Ka BAPETEN/V/99 the work showed that the TRIGA 2000 reactor in the category of low area contamination, that is <3.7 Bq/cm<sup>2</sup> to gross beta.

Keywords: surface contamination, TRIGA 2000 reactor, smear test

### PENDAHULUAN

Di dalam fasilitas nuklir seperti Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) yang bertempat di daerah Bandung, terdapat instalasi reaktor nuklir TRIGA 2000. Proses iradiasi yang dilakukan di dalam instalasi reaktor nuklir TRIGA 2000 memiliki sampel atau bahan bersifat radioaktif yang berpotensi mencederai personil jika tidak ditangani hati-hati dan tidak sesuai prosedur. Demikian juga halnya tempat atau daerah kerja dan lingkungan dapat tercemar (terkontaminasi) oleh bahan-bahan tersebut sehingga dapat membahayakan pekerja yang disekitarnya. Pelaksanaan kegiatan penanganan, pemindahan dan penyimpanan zat radioaktif terdapat kemungkinan adanya kontaminasi permukaan di daerah kerja maupun pembungkus zat radioaktif. Pemantauan

dapat dilakukan secara langsung ke daerah kerja dengan menggunakan *survey meter* kontaminasi atau secara tidak langsung dengan cara uji usap (*smear test*). Pemantauan kontaminasi permukaan daerah kerja dilakukan dengan cara tidak langsung apabila cacah latar belakang yang tinggi, utamanya ketika reaktor beroperasi. Pemantauan pada permukaan kulit personil dan perlengkapan kerja dilakukan dengan instrument *handfoot monitor* [1].

Pengukuran kontaminasi dan dekontaminasi dilakukan untuk mengukur sejauh mana tingkat pencemaran radioaktif terhadap lingkungan kerja dan kemudian melakukan suatu teknik penurunan dan penghilangan kadar zat radioaktif pada lingkungan tersebut [2]. Pelaksanaan dekontaminasi sangat dibutuhkan ketika kontaminasi telah memberikan efek kesehatan pada lingkungan terutama kemampuan kinerja dari pekerja [3]. Dengan

menggunakan metode *smear test* dapat ditentukan kontaminan yang ada pada suatu lapisan permukaan tersebut [4].

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kontaminasi permukaan lantai di instalasi reaktor TRIGA 2000 yang beroperasi kembali setelah kurun waktu 10 tahun. Selama pelaksanaan proses irradiasi sampel dalam ruang reaktor TRIGA 2000 terdapat aktifitas pengangkutan bahan atau sampel yang bersifat radioaktif yang berpotensi menyebabkan kontaminasi. Hasil dari pengukuran tingkat kontaminasi permukaan lantai di dalam reaktor TRIGA 2000 saat beroperasi dapat dijadikan sebagai pembandingan dengan hasil pemantauan tingkat kontaminasi permukaan daerah kerja ketika reaktor tidak beroperasi.

## TEORI

Reaktor TRIGA 2000 adalah reaktor yang berada di PSTNT – Bandung yang telah dioperasikan sejak tahun 1965. Reaktor TRIGA 2000 berhenti beroperasi sejak tahun 2006 dan untuk pertama kalinya dioperasikan lagi pada 2016. Reaktor jenis *Training Research and Isotop Production from General Atomic* (TRIGA) digunakan untuk pelatihan karena dayanya kecil dan aman untuk penelitian baik pengendalian ataupun proses untuk memproduksi isotop melalui aktivitas neutron [5].

Reaktor TRIGA 2000 berbahan bakar  $U^{235}$ . Jika satu buah inti  $U^{235}$  ditembak oleh partikel neutron *thermal* maka inti tersebut akan terbelah dan menghasilkan panas dan 2 atau 3 neutron cepat yang baru. Neutron tersebut akan menabrak inti  $U^{235}$  yang lain, inilah yang disebut dengan reaksi berantai. Namun tidak semua neutron dapat menyebabkan pembelahan  $U^{235}$ , hanya neutron *thermal* (neutron dengan energi  $< 1$  eV) yang mempunyai kebolehdijadian tinggi untuk menimbulkan reaksi fisi. Agar kebolehdijadian tinggi neutron *thermal* harus diperlambat. Bahan yang digunakan adalah moderator antara lain air ( $H_2O$ ), air berat ( $D_2O$ ), dan grafit (karbon) [6].

Surat Keputusan Kepala Bapeten Nomor 4/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengangkutan Zat Radioaktif dijelaskan mengenai kontaminasi adalah adanya zat radioaktif pada permukaan dalam jumlah yang melebihi  $0,4$  Bq/cm<sup>2</sup> ( $10^{-5}$  mCi/cm<sup>2</sup>) untuk pemancar  $\beta$  dan  $\gamma$  atau  $0,04$  Bq/cm<sup>2</sup> ( $10^{-6}$  mCi/cm<sup>2</sup>) pemancar  $\alpha$  lainnya. Surat Keputusan Kepala Bapeten Nomor 1/Ka-BAPETEN/V-99 menjelaskan bahwa daerah kerja dibagi menjadi 3 daerah kontaminasi, yang terdiri atas:

1. Daerah kontaminasi rendah, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi yang besarnya lebih kecil dari  $0,37$  Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar alfa dan lebih kecil dari  $3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar beta.

2. Daerah kontaminasi sedang, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi radioaktif  $0,37$  Bq/cm<sup>2</sup> atau lebih tetapi kurang dari  $3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar alfa dan  $3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> atau lebih tetapi kurang dari  $37$  Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar beta.
3. Daerah kontaminasi tinggi, yaitu daerah kerja dengan tingkat kontaminasi  $3,7$  Bq/cm<sup>2</sup> atau lebih untuk pemancar alfa dan  $37$  Bq/cm<sup>2</sup> atau lebih untuk pemancar beta.

Berdasarkan kemudahan kontaminasi permukaan berpindah dapat dibedakan menjadi [7]:

1. Kontaminasi tetap (*fixed contamination*) yaitu: kontaminasi yang tidak akan berpindah dari permukaan yang terkontaminasi ke permukaan yang tidak terkontaminasi, bila kedua permukaan secara sengaja maupun tidak sengaja bersentuhan.
2. Kontaminasi dapat berpindah (*loosecontamination*) yaitu: kontaminasi yang akan berpindah dari permukaan yang terkontaminasi ke permukaan yang tidak terkontaminasi, bila kedua permukaan secara sengaja maupun tidak sengaja bersentuhan.

Pengukuran kontaminasi secara tidak langsung yang biasanya dilakukan di daerah kerja pada lantai disebut dengan uji usap atau *smear test*. *Smear test* sering dilakukan di instalasi nuklir dengan alasan selain dapat diketahui besarnya kontaminasi permukaan dengan bantuan dari alat pencacah *Geiger Muller* juga dapat diketahui jenis radionuklida kontaminan dengan alat *Multy Channel Analyzer* (analisis kualitatif). Kelemahan dari pelaksanaan *smear test* diantaranya adalah hasil dari pengukurannya tidak begitu akurat karena fraksi yang terangkat dalam *smear test* sangat dipengaruhi berbagai faktor. Faktor yang paling dominan adalah cara petugas melakukan *smear test*, jenis kontaminan dan jenis kertas usap. Selain itu pengambilan cuplikan *smear test* sifatnya tidak bisa diulang (*reproductsible*) [8].

*Smear test* yang dilakukan pada permukaan daerah kerja dengan luasan usap sebesar  $100$  cm<sup>2</sup> dan fraksi yang terambil oleh filter pencuplik sebesar  $10$  % [9]. Pengukuran tak langsung kontaminasi zat radioaktif dipermukaan dapat dihitung menggunakan persamaan [10]:

$$Ak = C \times \frac{1}{A} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{P} \quad (1)$$

dengan:

$Ak$  = Aktifitas zat radioaktif di permukaan dalam satuan Bq/Cm<sup>2</sup>

$C$  = cacah netto cuplikan (cps)

$E$  = efisiensi alat cacahan (%)

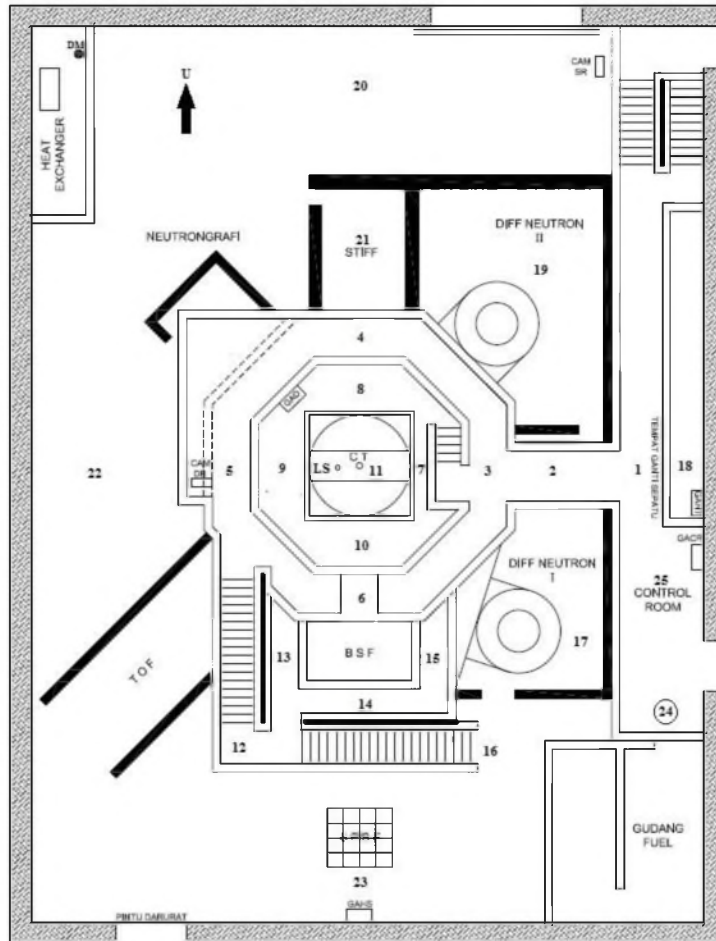
$A$  = luas permukaan yang diusap yaitu  $100$  cm<sup>2</sup>

$P$  = fraksi yang diambil dalam tes usap ( $10$  %)

## TATA KERJA

Pengambilan data dilakukan pada bulan April 2016 saat Reaktor TRIGA 2000 beroperasi di Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) Bandung. Pengukuran tingkat kontaminasi dilakukan dengan metode *smear test*, alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas usap, pinset, planset, kantong plastik, alat pencacah GM Counter Ortec 430 dengan tipe analisis beta, serta alat pelindung diri yaitu sarung tangan, jas laboratorium, sepatu khusus reaktor dan *pen dose*.

Pengukuran kontaminasi permukaan dilakukan di ruang Reaktor TRIGA 2000 pada 25 titik yang telah ditentukan. Titik-titik tersebut ditentukan dengan pertimbangan dari bagian reaktor yang sering di lalui oleh pekerja, sebagai contoh adalah *Control Room* dan Dek Reaktor. Selain itu dilihat dari potensi kontaminasi yang berada ditempat yang akan di ukur kontaminasinya. Denah ruang reaktor TRIGA 2000 dan penomoran titik-titik pengambilan cuplikan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah reaktor TRIGA 2000 tampak atas dilengkapi dengan penomoran titik pengambilan cuplikan

### Tahap Persiapan Pengambilan Cuplikan

1. Dipersiapkan kertas usap berbentuk lingkaran dengan diameter 2 cm, diberi penomoran sesuai titik tempat yang akan di *smear test* untuk cuplikan sampel dari 25 titik di dalam ruang Reaktor TRIGA 2000.
2. Dipersiapkan plastik untuk wadah kertas usap yang telah digunakan untuk wadah hasil pengambilan cuplikan sampel *smear test*.

3. Dipersiapkan alat pelindung diri yaitu jas praktek, sarung tangan dan sepatu khusus untuk ruang reaktor, serta lengkapi diri dengan *pen dose*.

### Tahap Pengambilan Cuplikan

1. Kertas usap diusapkan pada permukaan daerah sesuai dengan titik yang telah ditentukan, luas permukaan yang diambil cuplikannya sebesar 100 cm<sup>2</sup> (10 cm × 10 cm).
2. Kertas usap dimasukkan dalam plastik yang telah disediakan, satu tempat plastik untuk satu kertas usap.

3. Dilakukan pengusapan selanjutnya pada semua titik yang telah ditentukan di dalam ruang reaktor TRIGA 2000.
  4. Dilakukan pengambilan cuplikan di seluruh titik pada kondisi ketika reaktor beroperasi dan tidak beroperasi.
- Tahap Pencacahan**
1. Dipersiapkan detektor Geiger Muller (efisiensi detektor 15%).
  2. Detektor dinyalakan dan diatur pada tegangan 550 Volt.
3. Pencacahan selama 1 menit.
  4. Dilakukan pencacahan latar belakang untuk mengetahui cacah latar pada detektor.
  5. Cuplikan sampel kertas usap diletakkan pada planset dan dimasukkan dibawah detektor.
  6. Dicacah hasil pengambilan cuplikan sampel dengan kertas usap selama satu menit.
  7. Dicatat hasil pencacahan serta diulangi pencacahan untuk tiap kertas usap.

**Tabel 1.** Data Hasil Pencacahan Cuplikan Tipe Analisis Gross Beta

Titik pengambilan cuplikan	Laju cacah (cps)				
	ke - 1	ke - 2	ke - 3	ke - 4	ke - 5
1	0,13	0,17	0,20	0,28	0,10
2	0,18	0,15	0,10	0,12	0,03
3	0,15	0,05	0,10	0,15	0,13
4	0,13	0,17	0,17	0,12	0,12
5	0,13	0,05	0,23	0,23	0,05
6	0,20	0,03	0,12	0,35	0,05
7	0,08	0,08	0,07	0,12	0,23
8	0,15	0,05	0,20	0,20	0,20
9	0,08	0,02	0,17	0,15	0,20
10	0,17	0,07	0,12	0,12	0,12
11	0,03	0,18	0,08	0,48	0,08
12	0,13	0,02	0,13	0,17	0,05
13	0,07	0,07	0,20	0,18	0,13
14	0,07	0,08	0,15	0,20	0,08
15	0,00	0,17	0,15	0,13	0,10
16	0,25	0,07	0,08	0,17	0,08
17	0,17	0,13	0,17	0,15	0,07
18	0,15	0,03	0,12	0,10	0,03
19	0,03	0,07	0,22	0,17	0,05
20	0,17	0,03	0,08	0,17	0,23
21	0,05	0,12	0,08	0,15	0,03
22	0,12	0,03	0,17	0,07	0,10
23	0,28	0,00	0,13	0,18	0,03
24	0,15	0,05	0,08	0,08	0,03
25	0,13	0,13	0,23	0,25	0,13

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran didapatkan dengan pencacahan cuplikan menggunakan alat Geiger Mueller Ortec - 430 yang memiliki tipe analisis gross beta dapat dilihat pada Tabel 1.

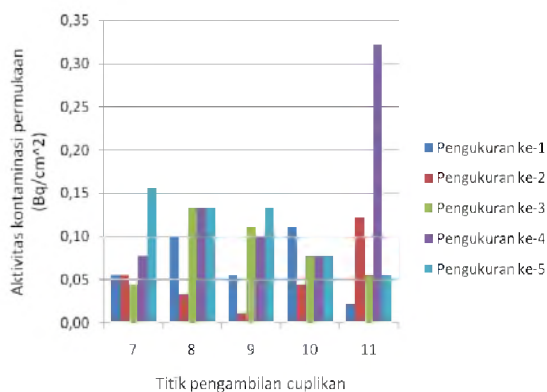
Tabel 1. menampilkan pencacahan cuplikan yang mana pengukuran ke-1 dilakukan pengambilan cuplikan pada tanggal 7 April 2016 dalam kondisi reaktor tidak dioperasikan akan tetapi masih ada

kegiatan perawatan di dalam reaktor. Pengukuran ke-2, ke-3 dan ke-4 dilakukan ketika reaktor beroperasi untuk irradiasi pada tanggal 20 - 21 April 2016. Pengukuran ke-5 pada tanggal 27 April 2014 dilakukan setelah pengoperasian reaktor selesai.

Data pencacahan pada Tabel 1 terdapat nilai cacahan 0 atau besarnya nilai cacahan pada cuplikan sama besar dengan nilai cacah latar ketika pengukuran sehingga untuk perhitungan aktivitas kontaminasi permukaan tidak akan terdeteksi. Hasil

cahapan cuplikan rata-rata yang paling besar pada pengukuran ke-4, dari beberapa titik nilai cacahan terjadi peningkatan pada saat pengukuran ini. Data tersebut kemudian diolah untuk memperoleh aktivitas kontaminasi permukaan ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) dengan menggunakan persamaan 1.

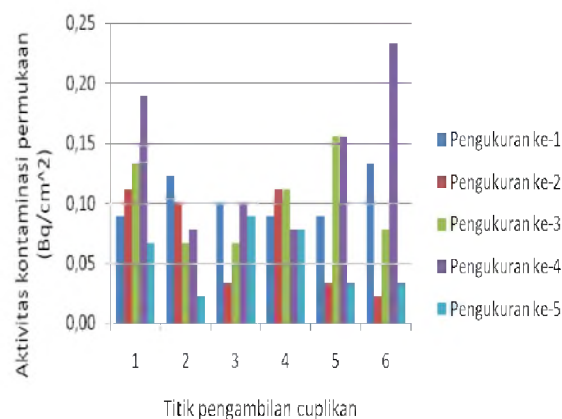
Dari Gambar 1 terdapat 25 titik pengukuran yang akan dibagi menjadi 4 area. Area yang pertama adalah Tingkat I yang terdapat pada bagian paling atas reaktor atau dek reaktor yang terdiri dari titik 7, 8, 9, 10 dan 11. Area yang kedua adalah Tingkat II berada pada di bawah Tingkat I, terdiri dari titik 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Titik 1 merupakan tempat penyimpanan sepatu khusus dan titik 2 merupakan jembatan penghubung reaktor dengan tempat penyimpanan sepatu dan *control room*. Area selanjutnya adalah Tingkat III yang terdiri dari titik 12, 13, 14, dan 15. Titik 12 merupakan daerah di ujung tangga yang sering dilalui pekerja, sedangkan 13, 14 dan 15 adalah titik yang mengitari *Bulk Shielding Facility* (BSF). Area yang terakhir terdapat pada lantai paling dasar yaitu Tingkat IV pada titik 16 – 24. Area 16 merupakan ujung dari tangga yang menuju ke lantai dasar. Titik 17, 19 dan 21 adalah lokasi pada beberapa fasilitas reaktor yang sudah tidak digunakan lagi namun memiliki paparan radiasi yang masih tinggi. Titik 18, 20, 22 dan 23 merupakan area lantai dasar yang sering dilalui pekerja, titik 23 adalah lokasi yang dibawahnya terdapat tempat penyimpanan bahan bakar bekas dari reaktor. Untuk titik 24 adalah lokasi depan pintu akses langsung ke lantai dasar reaktor. Titik 25 merupakan ruangan untuk pengoperasian reaktor atau *control room*. Hasil perhitungan kontaminasi permukaan ini akan dibahas dengan pengelompokan pada area tingkatan yang telah ditentukan.



**Gambar 2.** Grafik aktivitas kontaminasi permukaan area Tingkat I

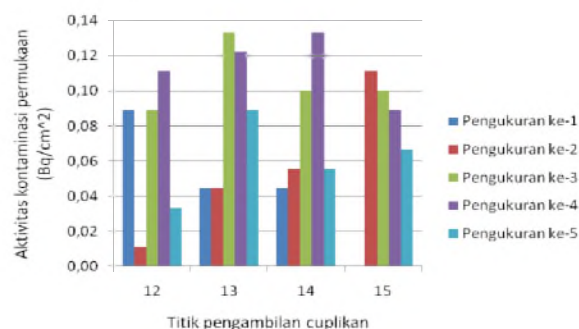
Gambar 2 memperlihatkan grafik aktivitas kontaminasi permukaan pada area tingkat I yang memiliki rentang nilai dari  $0,011 - 0,32\text{Bq}/\text{cm}^2$ . Dari grafik dapat diketahui bahwa peningkatan aktivitas kontaminasi yang signifikan terdapat pada titik 11 saat pengukuran ke - 4. Area ini merupakan daerah disekitar keluar-masuknya sampel irradiasi ke *Lazy*

*Susanya* itu  $0,32\text{Bq}/\text{cm}^2$ . Aktivitas kontaminasi yang tinggi disebabkan karena kegiatan pengeluaran sampel yang telah diiradiasi dari *Lazy Susan*, sehingga adanya debu atau udara yang masuk ke *Lazy Susan* juga akan keluar dan bersifat radioaktif sehingga berpotensi untuk mengontaminasi daerah disekitar saluran menuju *Lazy Susan*. Aktivitas kontaminasi permukaan pada titik yang lain mengalami penurunan dan kenaikan yang bervariasi. Aktivitas kontaminasi yang paling rendah pada titik 9 sebesar  $0,011\text{ Bq}/\text{cm}^2$  pada pengukuran ketika reaktor beroperasi hari pertama.



**Gambar 3.** Grafik Aktivitas Kontaminasi Permukaan Area Tingkat II

Gambar 3 menunjukkan bahwa tidak semua tempat memiliki aktivitas kontaminasi permukaan yang sama, ada yang mengalami penurunan dan ada yang mengalami kenaikan pada rentang nilai dari  $0,03-0,23\text{ Bq}/\text{cm}^2$ . Hasil pemantauan banyak yang menunjukkan terjadinya penurunan dari pengukuran ke-1 ke pengukuran ke-2, meskipun diketahui bahwa pengukuran ke-2 dilakukan ketika reaktor beroperasi. Pada titik 2 lokasi jembatan penghubung antara reaktor dengan *control room* terjadi penurunan aktivitas kontaminasi dari ketika reaktor tidak beroperasi sebesar  $0,122\text{ Bq}/\text{cm}^2$  sampai ketika reaktor beroperasi nilai aktivitas kontaminasi permukaan juga masih dibawahnya.

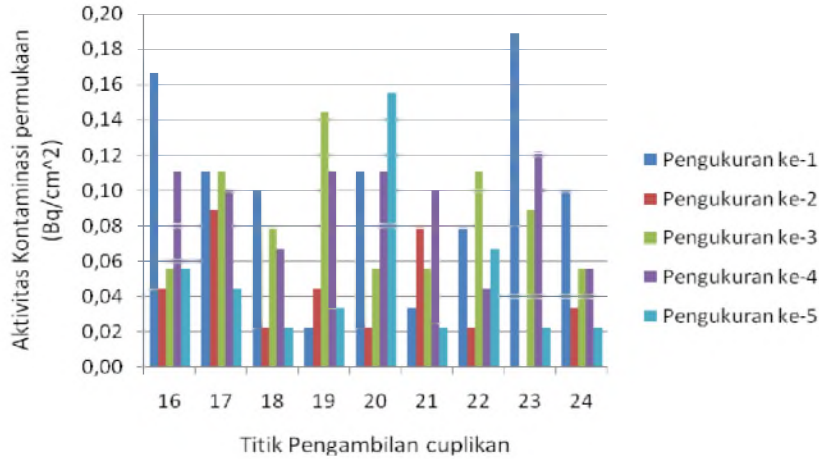


**Gambar 4.** Grafik Aktivitas Kontaminasi Permukaan Area Tingkat III

Gambar 4 menunjukkan Grafik hasil cacahan dan aktivitas kontaminasi permukaan area tingkat III,

area ini merupakan area disekitar kolam air *Bulk Shielding Facility* (BSF) yang memiliki nilai aktivitas kontaminasi permukaan dari 0-0,13 Bq/cm<sup>2</sup>. Dapat diketahui bahwa ketika reaktor beroperasi terjadi peningkatan aktivitas kontaminasi permukaan kecuali pada titik 15. Akan tetapi pada titik 15 terjadi peningkatan aktivitas kontaminasi permukaan dari

ketika tidak beroperasi ke reaktor beroperasi. Selain itu aktivitas kontaminasi permukaan tidak terdeteksi pada titik 15 pengukuran ke-1 hal ini dikarenakan besarnya nilai cacahan yang ditunjukkan pada titik 15 pengukuran ke-1 sama besarnya dengan nilai cacah latar saat pengukuran.



**Gambar 5.** Grafik aktivitas kontaminasi permukaan area Tingkat IV

Gambar 5 menunjukkan grafik aktivitas kontaminasi permukaan area tingkat IV yang memiliki nilai dari 0-0,18Bq/cm<sup>2</sup>. Area ini berada pada lantai paling dasar disekitar bangunan reaktor. Nilai aktivitas kontaminasi pada area ini bervariasi untuk tiap titik dan tiap pengukurannya. Pada titik 23 yang berada di sekitar tempat penyimpanan bahan bakar bekas sangat tinggi ketika reaktor tidak beroperasi pada pengukuran ke-1 dan tidak terdeteksi aktivitas kontaminasi radioaktif pada pengukuran selanjutnya saat reaktor beroperasi. Ketika reaktor tidak beroperasi ada kemungkinan tempat penyimpanan bahan bakar bekas dibuka yang menyebabkan tempat disekitar penyimpanan terkontaminasi karena adanya perpindahan partikel baik debu maupun udara yang bersifat radioaktif, dan ketika pengukuran masih ada kontaminasi di area tersebut. Aktivitas kontaminasi permukaan tinggi ketika reaktor tidak beroperasi juga terdapat pada titik 16, titik ini adalah titik disekitar tangga yang mana di daerah ini sebelumnya terdapat benda yang memiliki paparan radiasi yang cukup tinggi sehingga mempengaruhi permukaan di titik 16.

Titik 25 yaitu *control room* memiliki nilai aktivitas kontaminasi permukaan secara berurutan untuk tiap pengukurannya adalah 0,0889 Bq/cm<sup>2</sup>, 0,0889 Bq/cm<sup>2</sup>, 0,1556 Bq/cm<sup>2</sup>, 0,1667 Bq/cm<sup>2</sup> dan 0,0889 Bq/cm<sup>2</sup>. Terjadi peningkatan pada pengukuran ke-4 di *control rooms* sama dengan kebanyakan tempat dititik lainnya.

Kontaminasi yang tidak lekat atau dapat berpindah dapat mempengaruhi nilai kontaminasi, yang mana perpindahan debu atau partikel dapat

terjadi melalui udara yang jatuh di permukaan lantai. Pada pengukuran ke-5 setelah reaktor beroperasi terjadi penurunan kontaminasi permukaan di ruang reaktor, sehingga dibutuhkan pengawasan lebih terhadap kontaminasi permukaan saat reaktor beroperasi bukan hanya dari pantauan rutin. Nilai aktivitas kontaminasi radioaktif yang paling tinggi terjadi saat pengukuran ke-4, karena saat pengukuran dilakukan sesaat setelah pengeluarsampel dari reaktor. Aktivitas kontaminasi permukaan yang tidak terdeteksi terdapat pada titik 15 saat pengukuran ke-1 reaktor tidak beroperasi dan titik 23 pengukuran ke-2 reaktor beroperasi hari pertama. Hasil pengukuran yang sangat bervariasi dapat dipengaruhi dari berbagai hal baik itu dari cara pengambilan cuplikan, alat cacah maupun perhitungan.

Surat Keputusan Kepala Bapeten Nomor 4/Ka-BAPETEN/V-99 kontaminasi adalah adanya zat radioaktif pada permukaan dalam jumlah yang melebihi 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar  $\beta$  dan di PSTNT-BATAN di tetapkan nilai kontaminasi permukaan daerah kerja tidak melebihi 0,37 Bq/cm<sup>2</sup>. Dari hasil penelitian baik reaktor beroperasi maupun tidak beroperasi tidak melebihi batasan yang telah ditentukan. Dari hasil pemantauan aktivitas kontaminasi radioaktif yang paling tinggi adalah 0,32 Bq/cm<sup>2</sup> dan rata-rata aktivitas kontaminasi permukaan adalah 0,084 Bq/cm<sup>2</sup> dapat diketahui bahwa ruang reaktor TRIGA 2000 masih dalam kategori daerah kontaminasi rendah yaitu <3,7 Bq/cm<sup>2</sup> untuk pemancar  $\beta$  sesuai Surat Keputusan Kepala Bapeten Nomor 1/Ka-BAPETEN/V-99.



Kontaminasi permukaan di ruang reaktor bukan hanya di pengaruhi dari aktivitas reaktor saja akan tetapi juga dipengaruhi dari seluruh kegiatan, benda-benda yang ada di reaktor dan kebersihan di dalam ruang reaktor. Pengoperasian reaktor dapat berpengaruh terhadap kontaminasi permukaan terutama disekitar area *Lazy Susan*, bilamana reaktor lebih sering digunakan diperlukan pengawasan lebih pada area ini terutama setelah proses pengeluaran sampel dari dalam reaktor. Penggunaan *transfer cask* untuk melindungi sampel ketika pengeluaran, tetap ada kemungkinan terjadinya perpindahan debu atau partikel yang bersifat radioaktif melalui udara yang tidak terhalang *transfer cask*. Benda lain yang ada di dalam ruang reaktor dapat menyebabkan kontaminasi permukaan apabila benda tersebut sudah terkontaminasi dan memiliki paparan radiasi yang tinggi diletakkan di lain lantai ruang reaktor sehingga menyebabkan terjadinya perpindahan kontaminasi. Kebersihan dalam ruang reaktor juga harus dijaga, jika permukaan lain bersih paling tidak dari debu maka kemungkinan kontaminasi permukaan juga semakin kecil.

Tujuan dari proteksi radiasi adalah untuk melindungi dari pengaruh radiasi yang merusak akibat paparan radiasi interna. Kontaminasi termasuk dalam paparan radiasi interna yang mana zat radioaktif dalam kontaminasi masuk ke dalam tubuh pekerja melalui berbagai cara. Dalam upaya pengendaliannya dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah pemantauan kontaminasi ini. Pekerja berada di reaktor ketika reaktor sedang beroperasi sehingga dibutuhkan pemantauan kontaminasi permukaan di ruang reaktor, melihat dari hasil penelitian terjadi peningkatan saat reaktor beroperasi utamanya saat pengeluaran sampel dari dalam reaktor.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan aktivitas kontaminasi permukaan dapat disimpulkan bahwa aktivitas kontaminasi permukaan dipengaruhi proses keluar-masuk sampel pada area tertentu saja yaitu disekitar saluran menuju *Lazy Susan*, dilihat dari terjadinya kenaikan aktivitas kontaminasi permukaan mencapai  $0,32 \text{ Bq/cm}^2$ . Rata-rata terjadinya peningkatan aktivitas kontaminasi permukaan pada saat pengukuran setelah pengeluaran sampel saat reaktor. Pada area titik lain terjadi tetap kenaikan dan penurunan yang tidak tinggi dan berbeda-beda nilainya. Dari hasil pemantauan didapatkan nilai aktivitas kontaminasi radioaktif maksimum adalah  $0,32 \text{ Bq/cm}^2$  sehingga dapat diketahui bahwa ruang reaktor TRIGA 2000 masih dalam kategori daerah kontaminasi rendah yaitu  $<3,7 \text{ Bq/cm}^2$  untuk pemancar  $\beta$ . Dari batasan kontaminasi yang ditentukan dari PSTNT-BATAN aktivitas

kontaminasi permukaan di ruang reaktor dari penelitian juga masih dibawah batas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk PSTNT-BATAN yang telah berkenan mengijinkan penelitian ini dilakukan di dalam ruang reaktor TRIGA 2000. Dan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membimbing dan memberikan sarannya dalam penulisan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. PUSDIKLAT - BATAN. *Proteksi Radiasi Pada Instalasi Elemen Bahan Bakar Nuklir Dan Radiometalurgi*. 2012.
2. Rahman, M.R.A., Hidayanto, E., dan Shintawati, E., *Efektivitas Radiacwash Sebagai Dekontaminan  $Tc^{99m}$  dan  $I^{131}$  Pada Permukaan Daerah Kerja Kedokteran Nuklir*. *Youngster Physics Journal* 1 (4) 107-114.2013.
3. Gurau, D., and Deju, R. *The Use of Chemical Gel for Decontamination During Decommissioning of Nuclear Facilities*. *Radiation Physics and Chemistry* 106 (2015) 371-375.2014.
4. HOLECEK, J., & OTAHAL, P. *Non-destructive Decontamination of Building Materials*. *Radiation Physics and Chemistry* 116 (2015) 393-396.2015.
5. <http://www.batan.go.id/index.php/id/pstnt-id/alamat-pstnt/2069-hut-ke-51-reaktor-triga-aktif-kembali diakses pada tanggal 5 Mei 2016>.
6. Rosyid, Moch, Hidayat, Nur., dan Jumari. *Simulator Reaktor Kartini Sebagai Alat Peraga Operasi Reaktor Penelitian Tipe TRIGA Mark II*. *Jurnal Forum Nuklir (JFN) Vol.7 No.2*. 2013.
7. Suhartanto, A & Suparno. *Pemantauan dan Evaluasi Kontaminasi Permukaan di Reaktor Kartini PTAPB-BATAN Yogyakarta*. *Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan*. Yogyakarta. 26 September 2012.
8. Prayitno, B. 2007. *Pengukuran Radiasi dan Pengolahan Data Di Instalasi Nuklir. PTBBN-BATAN*. Yogyakarta, 21-22 November 2007.
9. Suliyanto, Muradi & Sukei, Endang I. *Pemantauan Paparan Radiasi dan Kontaminasi di Dalam Hotcell 101 Instalasi Radiometalurgi. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN*, April 2013.
10. Martin, A., & Habirson, S.A. (1986). *An Introduction to Radiation Protection*. London: Chapman & Hall Third Edition.

**TANYA JAWAB****Dina Wahyu L**

- Pembagian area bagaimana?

**Bintu Khoiriyah**

- Pembagian area sesuai instruksi kerja yang biasa dilakukan di PSTNT BATAN Bandung, yang mana pembagian ini berdasarkan pada area-area yang sering dilalui pekerja (keperluan proteksi radiasi) dan mewakili permukaan lantai ruang reaktor.

**Feni Fitriyani**

- Apa metode *smear test* itu?
- Mengapa yang digunakan adalah kertas saring?

**Bintu Khoiriyah**

- Metode yang dilakukan untuk mengetahui aktifitas zat radioaktif dipermukaan atau kontaminasi permukaan karena zat radioaktif tidak pada tempatnya dengan cara pengusapan kertas filter di permukaan, dalam makalah ini permukaan lantai. Kertas apapun bisa digunakan, namun tiap kertas memiliki fraksi pengusapan yang berbeda beda, dalam makalah ini digunakan kertas saring dengan  $P=10\%$ .